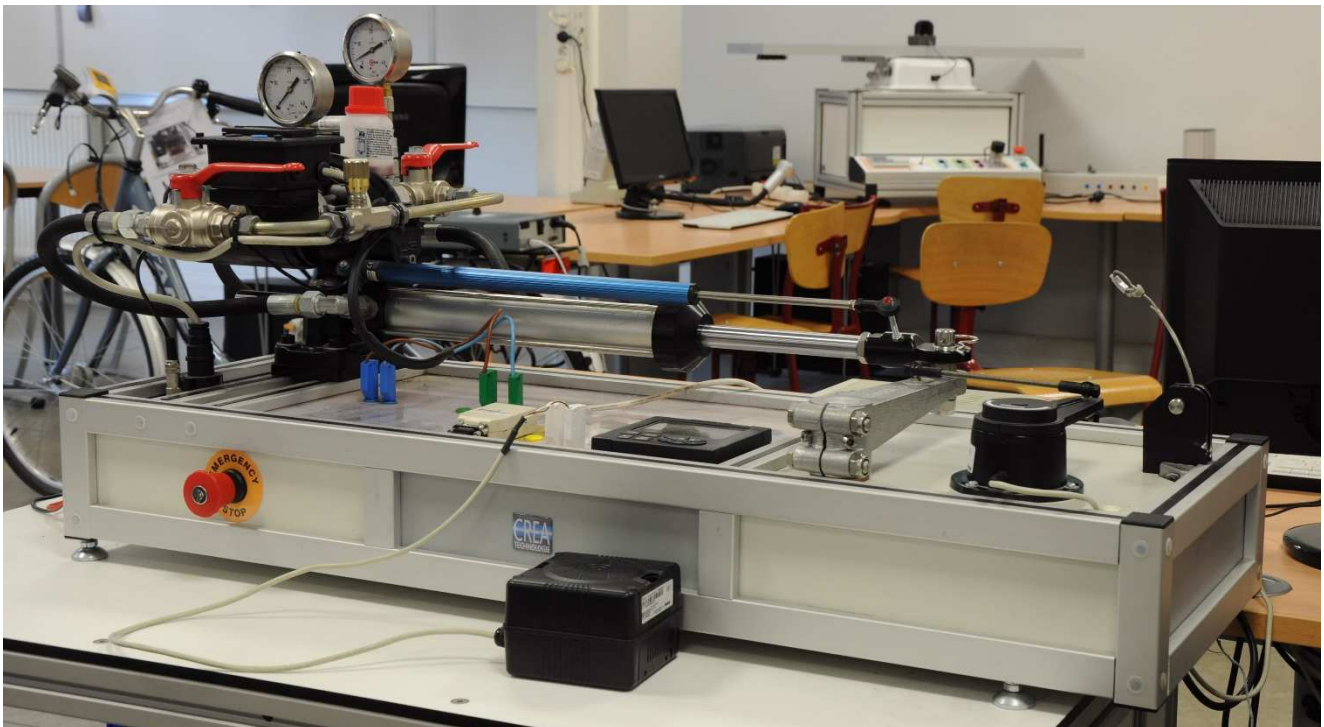


# TP

## Étude géométrique d'un système :

### Pilote hydraulique de bateau



## Compte-rendu :

**Le compte-rendu est à effectuer sur une feuille double.**

Pensez à mentionner :

- les noms et prénoms de chaque membre du binôme (ou trinôme),
- votre classe et groupe (si la classe est dédoublée pour les TP's),
- la date du jour,
- en titre le nom du TP.

Un compte-rendu n'est pas un Devoir surveillé, il doit pouvoir se comprendre sans avoir connaissance de l'énoncé, expliquez rapidement ce que vous faites, présentez les résultats, les tableaux de relevés de mesures avec des commentaires si nécessaire.

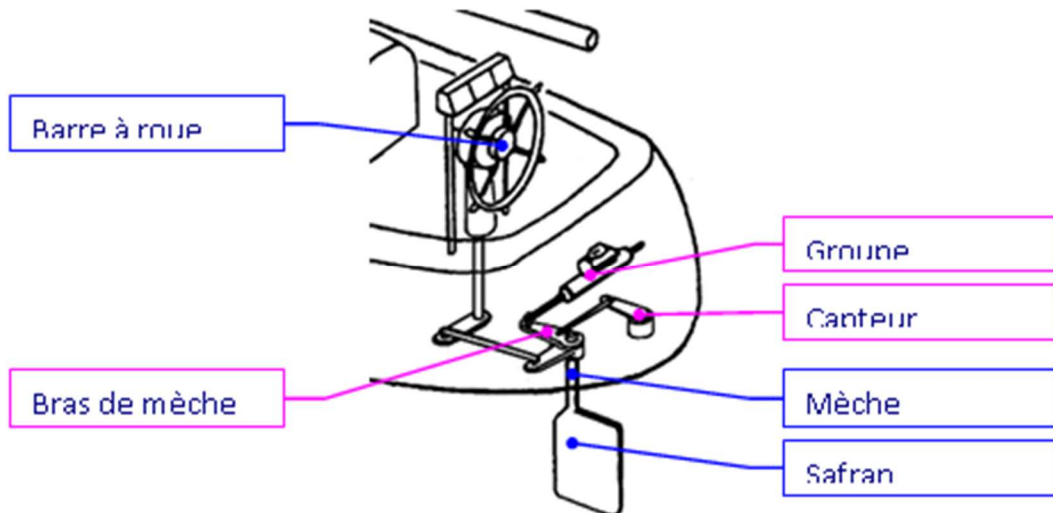
Si vous avez à tracer une courbe, donnez-lui un titre suffisamment clair, pensez à préciser la légende, les échelles, ce à quoi correspondent les axes, etc.

## Contenu du classeur:

Ce classeur contient :

- L' énoncé du TP,
- Un dossier Ressources.

# Présentation du pilote automatique de bateau

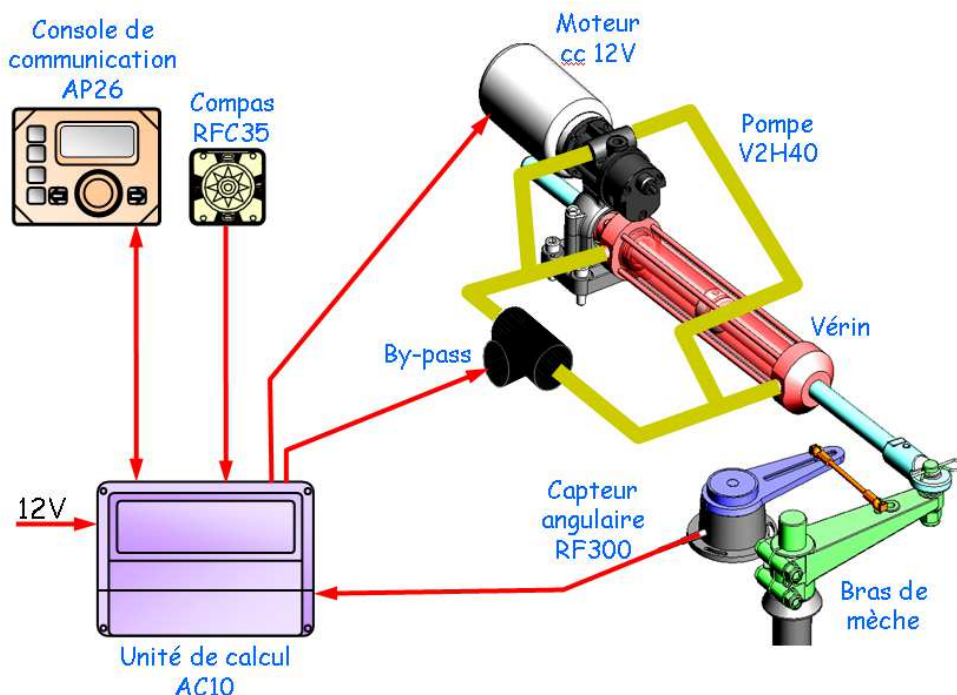


Le pilote automatique de bateau détermine l'orientation du safran (gouvernail) en fonction d'un cap de consigne, lorsque le barreur est occupé à d'autres tâches (réglage des voiles, repos,...).

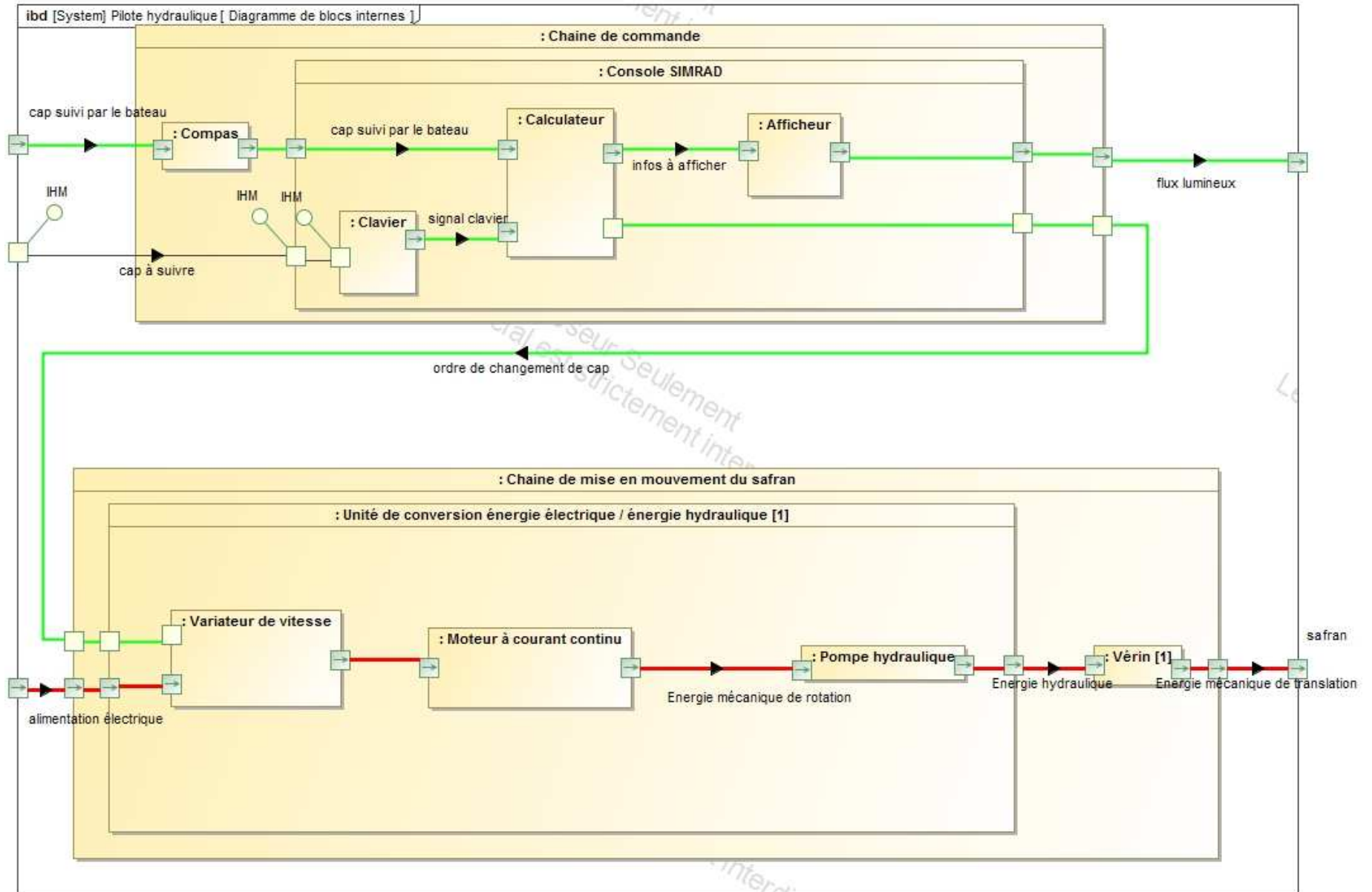
Le système agit pour cela sur le bras de mèche, solidaire du safran.

L'architecture du système étudié est la suivante:

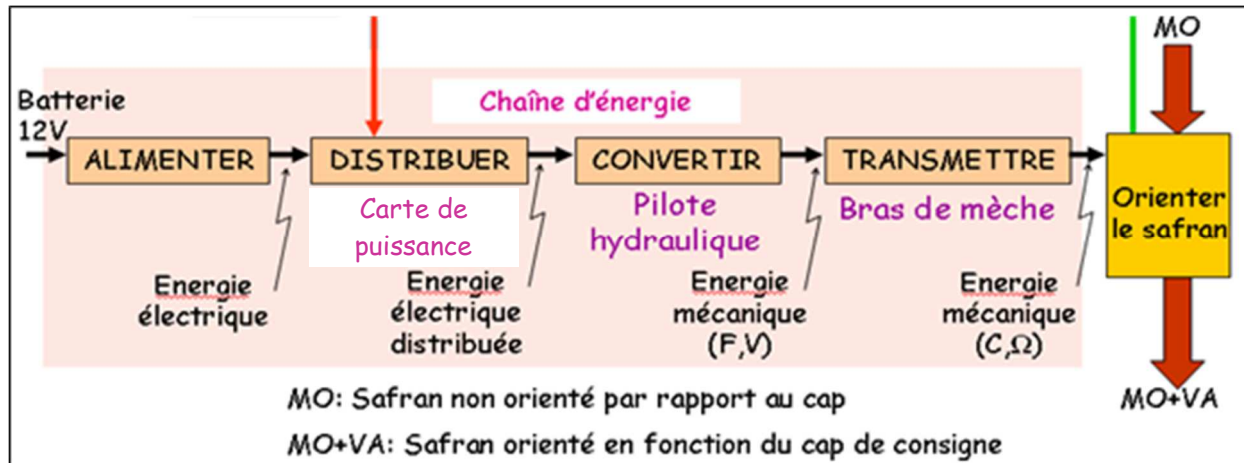
- la **console de communication** permet de saisir les consignes du skipper et affiche les paramètres de navigation;
- le **compas** fournit l'information du cap suivi;
- le **capteur angulaire** fournit l'information de l'angle de barre;
- l'**unité de calcul** prend en compte les consignes et les informations 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).



### Chaine fonctionnelle de pilotage automatique de bateau présentée avec un diagramme de blocs internes :



On peut détailler un peu plus la chaîne d'énergie avec la représentation suivante :



## Objectif du TP

Dans la suite de ce TP, on étudie la loi entrée-sortie du système de transmission depuis le vérin vers le bras de mèche.

L'actionneur étant un vérin hydraulique, l'entrée est la longueur  $x(t)$  de ce vérin.

La sortie est l'angle  $\alpha(t)$  du bras de mèche.

Vous allez établir la loi entrée – sortie (relation entre  $x(t)$  et  $\alpha(t)$ ) selon le modèle proposé dans cet énoncé.

Dans un deuxième temps, vous élaborerez la loi-entrée sortie expérimentale.

Vous aurez obtenue ainsi deux lois entrée-sortie géométriques:

- la relation du système de transmission modélisé,
- la relation expérimentale établi à partir de la maquette du laboratoire.

Vous pourrez ensuite comparer les deux relations.

Vous commenterez l'allure de ces lois et l'impact sur les performances de l'asservissement qu'elles peuvent avoir en fonction de l'extrait du cahier des charges ci-dessous :

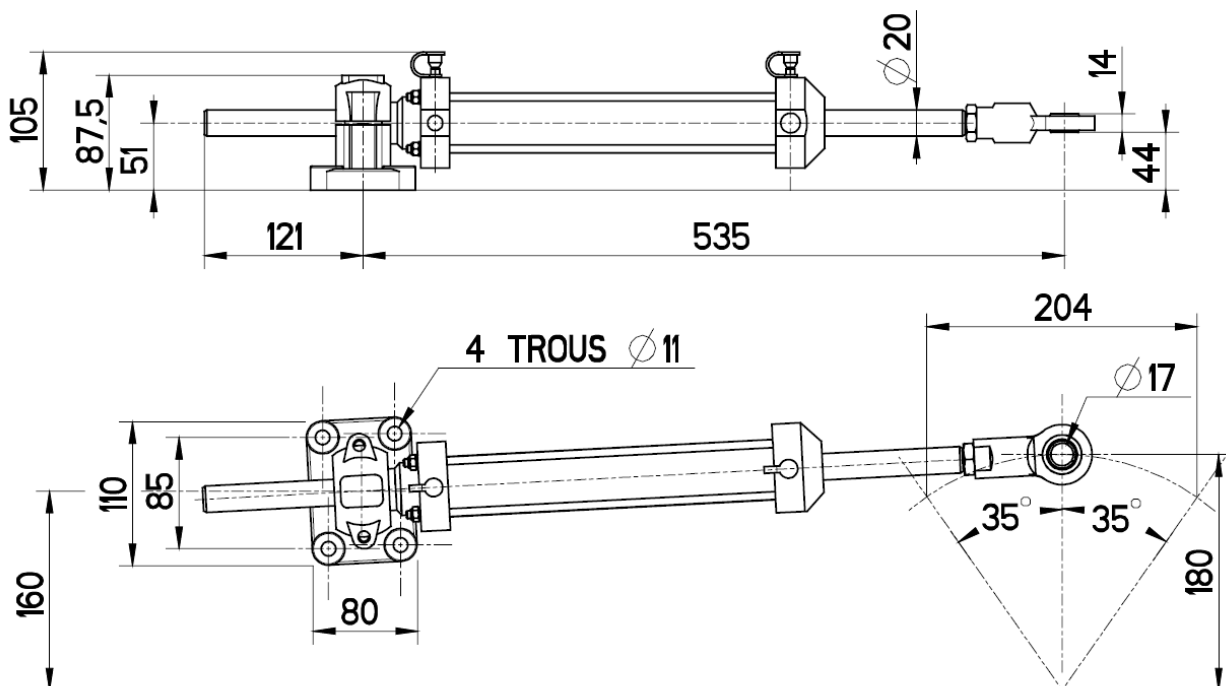
Exigence	Critère d'évaluation	Quantification
Transmettre le mouvement du la tige du vérin vers le bras de mèche du bateau	Amplitude angulaire du bras de mèche	Au moins 70°
	Linéarité de la loi entrée-sortie géométrique	Variation du rapport de transmission inférieure à 10% de la valeur moyenne.

# Présentation du système de transmission

On rappelle ci-dessous les éléments du cahier des charges retenus par le fabricant pour l'implantation de l'actionneur associé à un bras de mèche de rayon R=180mm:

Couple maximum	84 m kg	620 ft.lbs
Course	204 mm	8"
Pression maximum	50 bars	725 PSI
Volume	191 cm <sup>3</sup>	11.6 cu.in
Rayon bras de mèche	180 mm	7 <sup>3</sup> / <sub>32</sub> "
Angle total du gouvernail	70°	
Poids	4,2 kg	9.3 lbs

Plan d'ensemble du système de transmission :



Le fabricant "Lecomble et Schmitt" donne également les éléments de dimensionnement suivants, acquis sur l'expérience:

**Pour les coques planantes et semi-planantes, nous choisirons un groupe dont le débit permettra de faire toute la course du vérin de direction en 10 à 12 secondes.**

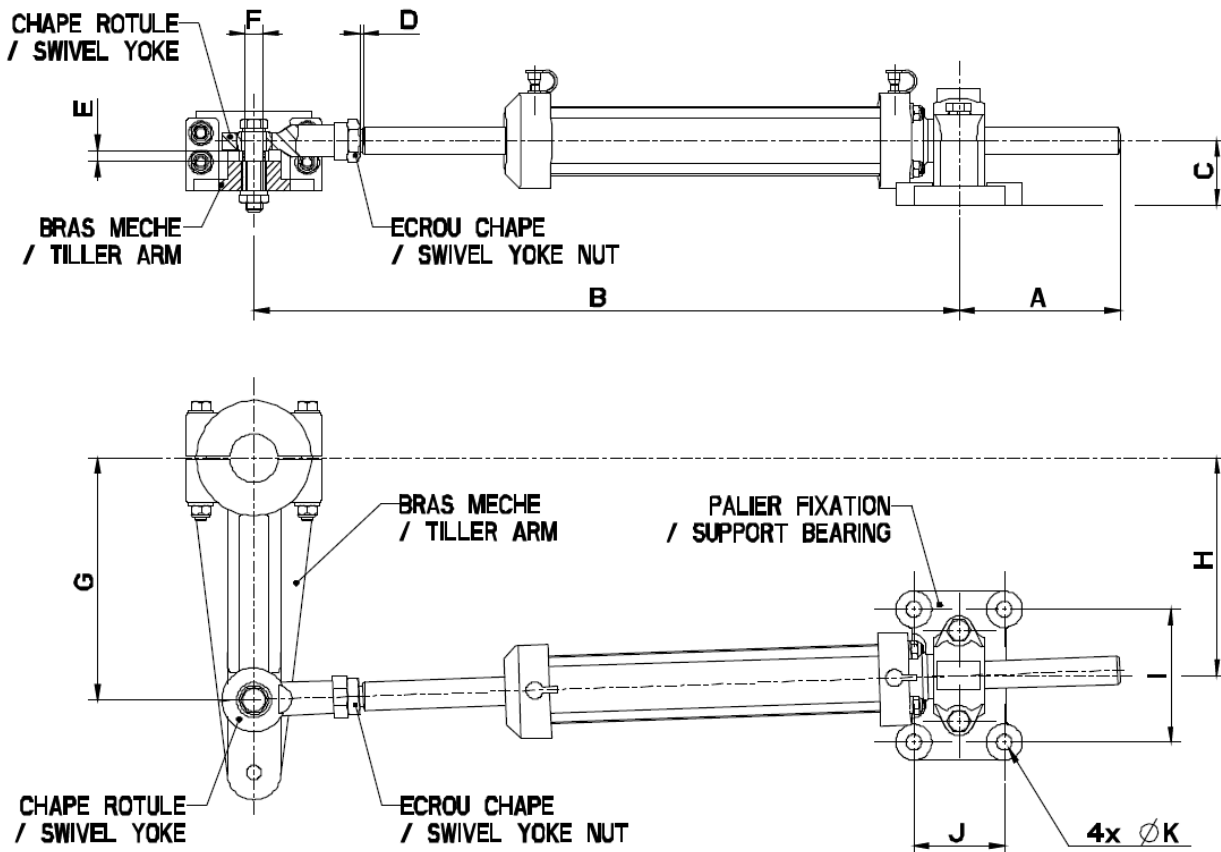
Pour les coques à déplacement, le débit du groupe permettra de faire toute la course du vérin de direction en 15 à 17 secondes.

On rappelle les caractéristiques des pompes disponibles:

Type groupe	RV1	RV2
Cylindrée maxi vérin (cm <sup>3</sup> )	216	432
Débit groupe (l/mn)	0,1 à 1	0,2 à 2
Contenance réservoir d'huile	0	0
Protection conseillée 12/24 V	15 A / 6 A	23 A / 13 A

### Influence des cotes d'implantation (dimensions du pilote sur son support) :

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



Types de vérins Types of Cylinders	Instructions de montage Mounting instructions											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	( $\ell$ 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

La valeur des cotes G et H sont importantes . Voici les conseils du constructeur pour l'installation du pilote sur un bateau :

- Positionner le bras de mèche, safran à 0° (idem navigation en ligne droite).
- 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).
- 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 ( $\ell$  Nm) de la chape contre la chape à rotule.
- Solidariser le vérin au bras de mèche et au bateau avec les visseries appropriées.

# Modélisation du système de transmission

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

$$\alpha = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) = (\vec{y}_0, \vec{y}_1); \beta = (\vec{x}_0, \vec{x}_6) = (\vec{y}_0, \vec{y}_6)$$

$$AB = OC = r; OA = CB = L; OD = R; \vec{ED} = x \cdot \vec{x}_6 \text{ (variable)}$$

$$\vec{OE} = -a \cdot \vec{x}_0 + b \cdot \vec{y}_0$$

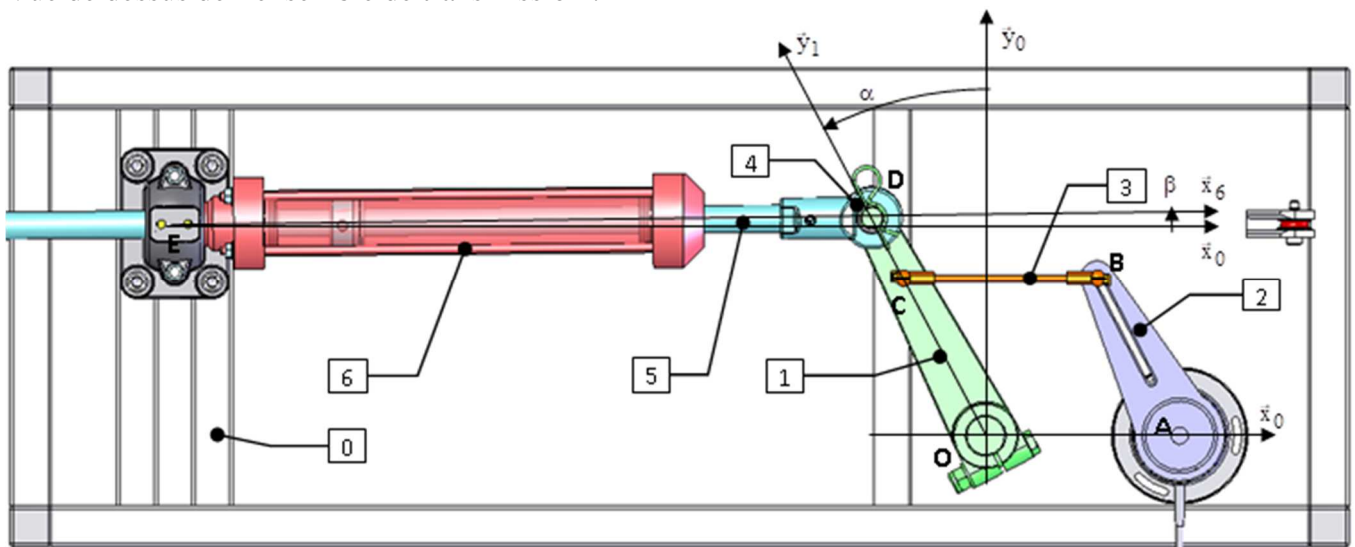
0 : coque du bateau de repère  $R_0 (O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$  associé et représenté par le bâti du banc d'étude.

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

5 : ensemble {tige, piston}

6 : corps de vérin

Vue de dessus de l'ensemble de transmission :



En position médiane, pour  $\alpha = 0^\circ$ ,  $\mathbf{x}(\alpha = 0^\circ) = \mathbf{x}_0$ .

La position relative de l'ensemble 5 par rapport au corps 6 du vérin est définie par la variable :

$$x_{\text{vérin}} = X - x_0 \text{ en fonction de } \alpha.$$

Cela signifie que pour  $\alpha = 0^\circ$ , on aura  $x_{\text{vérin}} = 0 \text{ mm}$ .

Hormis le dispositif de mise en charge {câble 7 et poulie de renvoi 8}, l'implantation de l'ensemble linéaire sur le banc Créa Technologie est sensiblement conforme aux instructions de montage préconisées par le fabricant.

## Question 1:

Déterminez l'expression de  $x_{\text{vérin}}$  en fonction du paramètre de position  $\alpha$  et des paramètres dimensionnels  $a$ ,  $b$ ,  $R$  du mécanisme.

Pour cela, vous écrirez une relation de fermeture géométrique dans le triangle O D E.

## Question 2:

Tracez à l'aide d'un programme en langage python la loi entrée-sortie géométrique donnant  $x_{\text{vérin}}$  en fonction du paramètre de position  $\alpha$ .

Pour cela, créez un script et sauvegardez-le sous votre compte.

Vous pourrez copier-coller le script d'aide placé sur le serveur « commun » de la classe pour obtenir un script python de tracé de courbe.



**Question 3:**

Commentez l'allure de la courbe obtenue :

- La loi entrée-sortie obtenue permet-elle une étude du système comme un système linéaire ? Pourquoi ?
- Quelles conséquences l'allure de la loi entrée-sortie peut-elle avoir sur les performances de l'asservissement ?

**Question 4:**

Donnez les valeurs numériques de  $x_{\text{vérin}}$  pour  $\alpha = -35^\circ$  et  $\alpha = +35^\circ$ .

Quelle doit être la course du vérin  $\Delta x$  pour pouvoir obtenir la course angulaire  $\Delta\alpha = 70^\circ$  exigée par le cahier des charges.

Le vérin retenu convient-il?

## Etude expérimentale

**Hypothèse d'étude:** La loi d'entrée-sortie de position associée à la fonction "Transmettre" ne dépend pas de la charge sollicitant le système. L'étude expérimentale peut donc être menée à charge nulle.

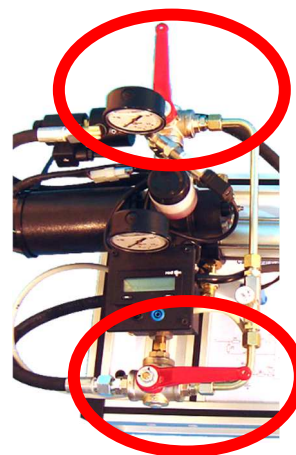
**Remarque:** Il n'en est pas exactement de même pour la fonction "Convertir" à cause des pertes volumétriques de la pompe (étudiées ultérieurement).

Mettez le banc d'essai sous tension (alimenter l'ensemble en 12V et activez la touche [STBY] de la console AP16). Vérifiez ensuite que les commandes manuelles  $\leftarrow$  et  $\rightarrow$  sont opérationnelles. Elles doivent déclencher le mouvement du vérin et du bras de mèche.



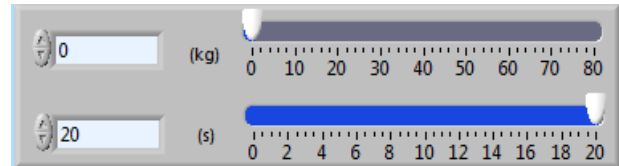
Si les commandes ne sont pas opérationnelles, configurez les vannes 3 voies pour que la pompe débite dans le vérin (voir ci-contre).

Ces vannes ont trois orifices dont un est toujours fermé. Les deux orifices ouverts sont indiqués par des triangles noirs du type  $\blacktriangleright$  sur les manettes rouges.



Exécutez l'applicatif "TP\_SI\_PH.exe", puis sélectionnez "Fichier de mesure/Nouveau"

Réglez le curseur de masse de charge sur 0 et configurez la durée de la mesure sur 20s de manière à avoir le temps de couvrir un aller-retour sur la course totale du vérin.



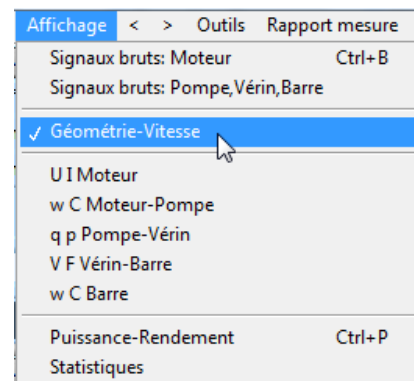
L'un.e de vous peut déclencher l'acquisition pour que l'autre puisse commander juste après en manuel la rentrée de tige du vérin (voir ci-contre).



Dès que la tige est entièrement rentrée, commandez sa sortie afin d'obtenir un aller-retour complet de la tige du vérin.

Lorsque l'acquisition est terminée (l'aller-retour doit avoir été exécuté), relâchez la commande manuelle. Les premiers graphes s'affichent.

Pour changer de graphes, sélectionnez "Affichage/..." ou "<" ou ">".



Enregistrez l'essai dans le compte réseau de l'un.e d'entre vous.

Parmi les graphes disponibles, sélectionnez la page "Géométrie-Vitesse"

**a\_barre** désigne l'angle de barre  $\alpha$  identifié à partir du signal en fréquence délivré par le capteur angulaire RF300;

**x\_vérin** désigne la mesure de la variable  $x_{\text{vérin}}$  identifiée à partir de la tension image en sortie du potentiomètre linéaire;

**xth\_vérin** désigne la valeur de  $x_{\text{vérin}}$  recalculée à partir de a\_barre et de la loi de position entrée-sortie identifiée précédemment.

**Remarque** : Il ne devrait pas exister de différence significative entre "x\_vérin" et "xth\_vérin". Néanmoins il s'agit de deux grandeurs issues de mesures distinctes dépendant de la précision des capteurs, de leur étalonnage, du traitement effectué sur le signal notamment pour la conversion fréquence-tension, de la qualité du dispositif d'acquisition (précision, échantillonnage), du traitement numérique des signaux échantillonnés, des erreurs dimensionnelles sur les côtes a, b, R.

### Question 5:

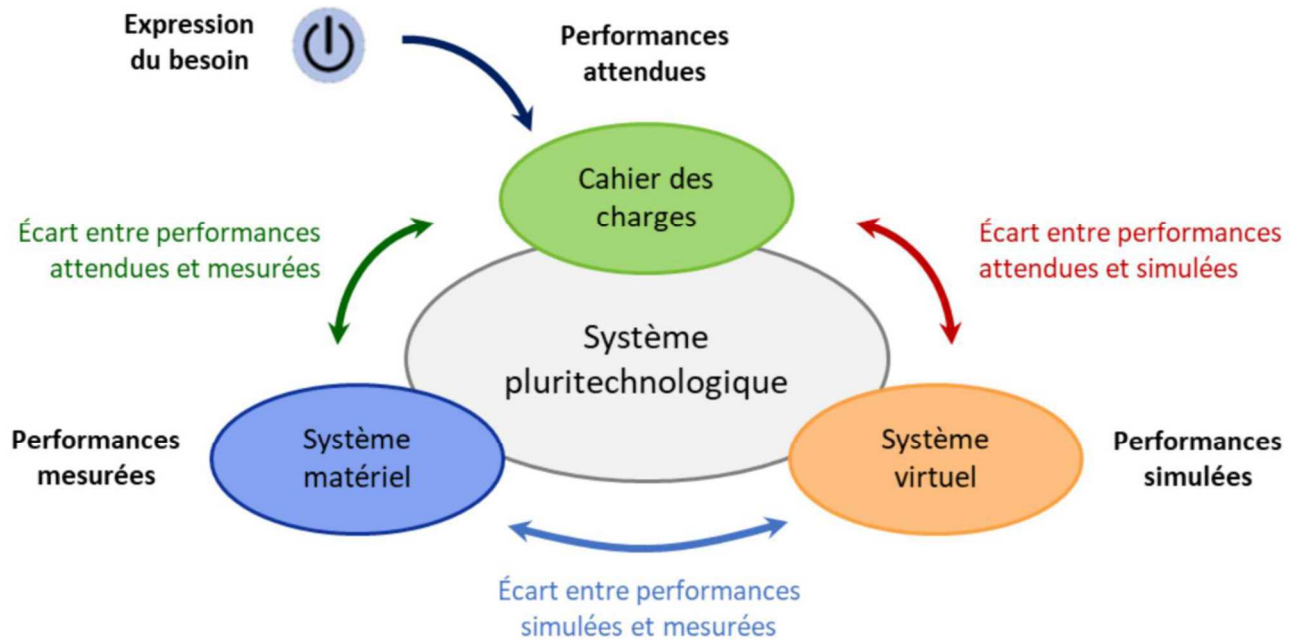
Exportez les valeurs de la variable  $x_{\text{vérin}}$  et les valeurs de l'angle du bras de mèche a\_barre (correspondant à  $\alpha$ ) vers un fichier de format csv. Sous votre script python, créez les listes **Lxverin\_exp** et **Labarre\_exp** pour y placer respectivement les valeurs de  $x_{\text{vérin}}$  et a\_barre (voir script python d'importation de données).

Vous créez ensuite la courbe expérimentale et une image de cette courbe en format png.

Que pensez-vous de l'allure de la courbe expérimentale ? Commentez.

# Conclusion : confrontation des trois points de vue de description d'un système

Pour rappel, voici un schéma qui représente les trois points de vue de description :



## Question 6: Comparaison modèle-expérience

Sur votre script python, placez les deux courbes sur le même graphique. Créez une image en format png. Pensez à créer une légende pour référencer les deux courbes, placer une légende claire sur les axes.

Comparez les deux courbes. Interprétez les écarts entre la courbe expérimentale et la courbe issue du modèle.

## Question 7: Retour au cahier des charges

Reprenez la réflexion amorcée dans les questions précédentes sur l'adéquation des lois entrée-sortie géométriques obtenues avec les critères du cahier des charges décrits en début d'énoncé de ce TP.

Vous pourrez évaluer la linéarité de la loi sur l'intervalle de  $70^\circ$  pour le bras de mèche. Que donnerait cette loi sur un intervalle plus large ( $90$  ou  $100^\circ$ ) ? Effectuez le tracé de la loi sur un intervalle de  $100^\circ$ .

Pourquoi pensez-vous que pour obtenir un système asservi performant, nous avons besoin d'un système de transmission linéaire ?