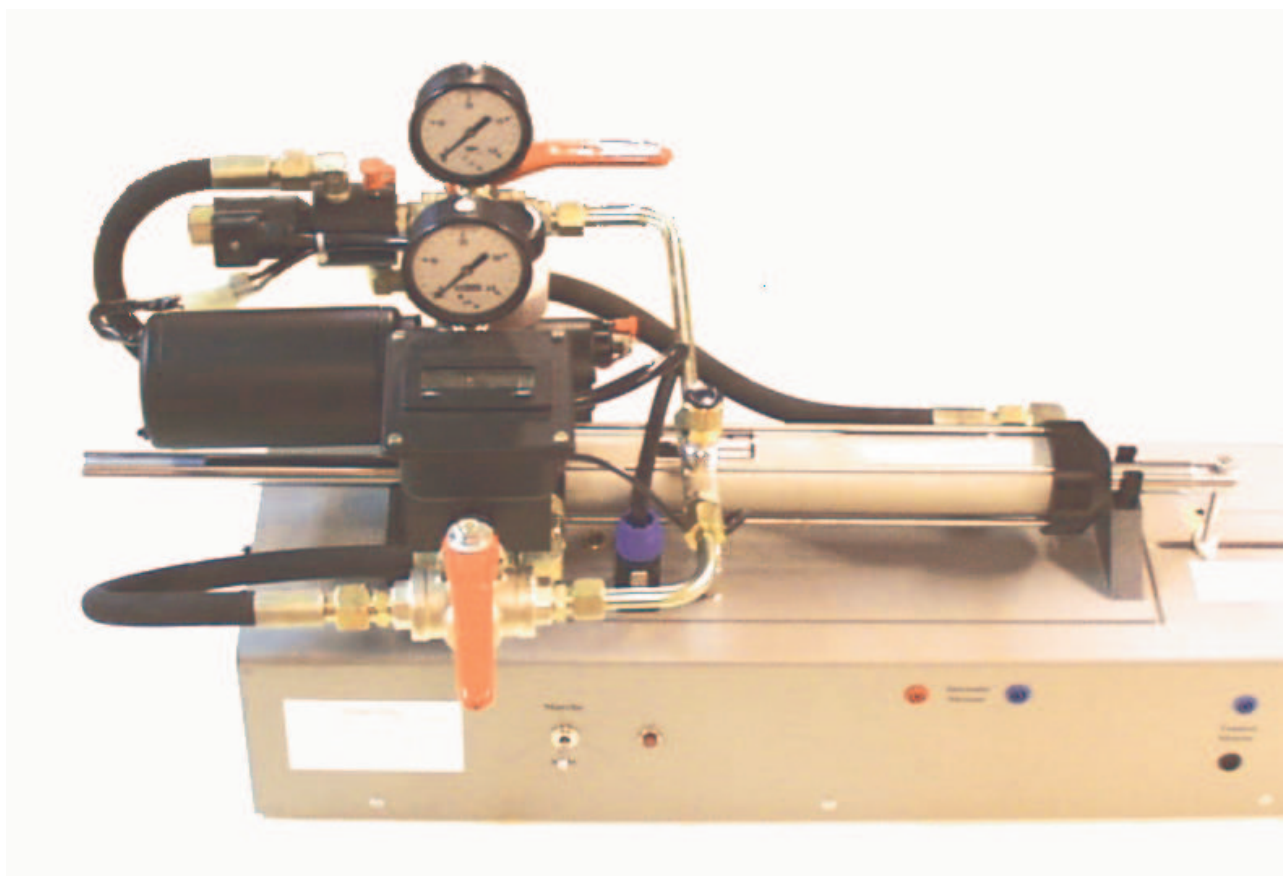


Travaux pratiques de
SCIENCES INDUSTRIELLES
sur la pompe à débit variable V2H40

Classe de PCSI-MPSI

Relation : couple=f(pression)



Sommaire	page
1 <i>Présentation</i>	2
2 <i>Paramétrage</i>	4
3 <i>Travail demandé</i>	5
4 <i>Dessin d'ensemble</i>	7
5 <i>Caractéristiques du moto-réducteur</i>	9

1 Présentation

La chaîne d'action nécessaire pour manipuler le safran de voiliers conséquents comporte :

- un moteur électrique à courant continu ;
- une pompe hydraulique à débit variable ;
- un vérin hydraulique double effet ;
- un mécanisme permettant de transformer le mouvement de translation en mouvement de rotation.

Suivant la taille du bateau, et surtout son comportement sous barre, la manoeuvre du safran doit être plus ou moins rapide. A cette fin, la possibilité de régler le débit de la pompe hydraulique, permet à l'acastilleur de régler l'assistance hydraulique du pilote aux capacités du bateau choisi par son client.

La société Navico France propose des groupes hydrauliques Lecomble et Schmitt pour équiper de pilotes automatiques les bateaux de taille importante.

Ces groupes utilisent :

- Une moto-pompe RV2
le moteur électrique 12 ou 24 volts continu
la pompe à barillet six pistons a un débit réglable entre 0,2 et 2 litres/min sous 25 bars
- Un vérin double tige (diamètre du vérin 40 ou 50 mm) ;
- Hors énergie une électro-vanne permet de mettre en communication les chambres avant et arrière du vérin double tige, autorisant une commande manuelle de la barre.

Le groupe hydraulique se monte en parallèle avec la commande de barre à roue :

- Le support du groupe se fixe sur le bateau ;
- L'extrémité du vérin hydraulique est relié à la mèche du gouvernail.

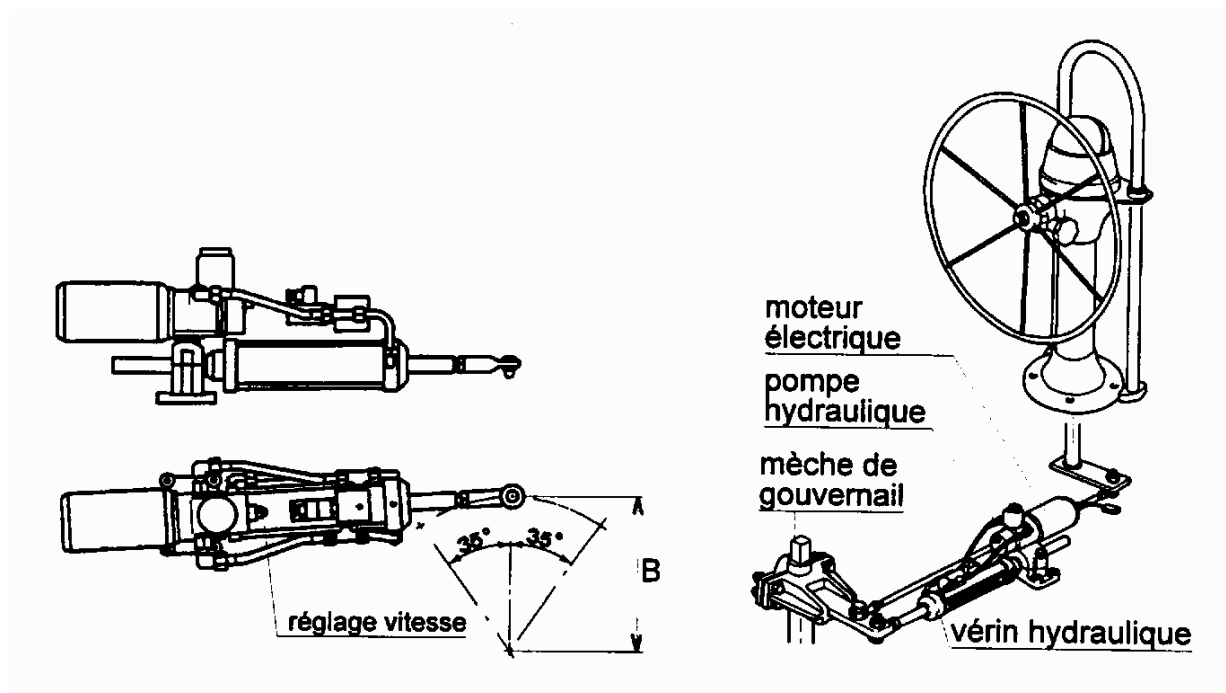


Diagramme A2

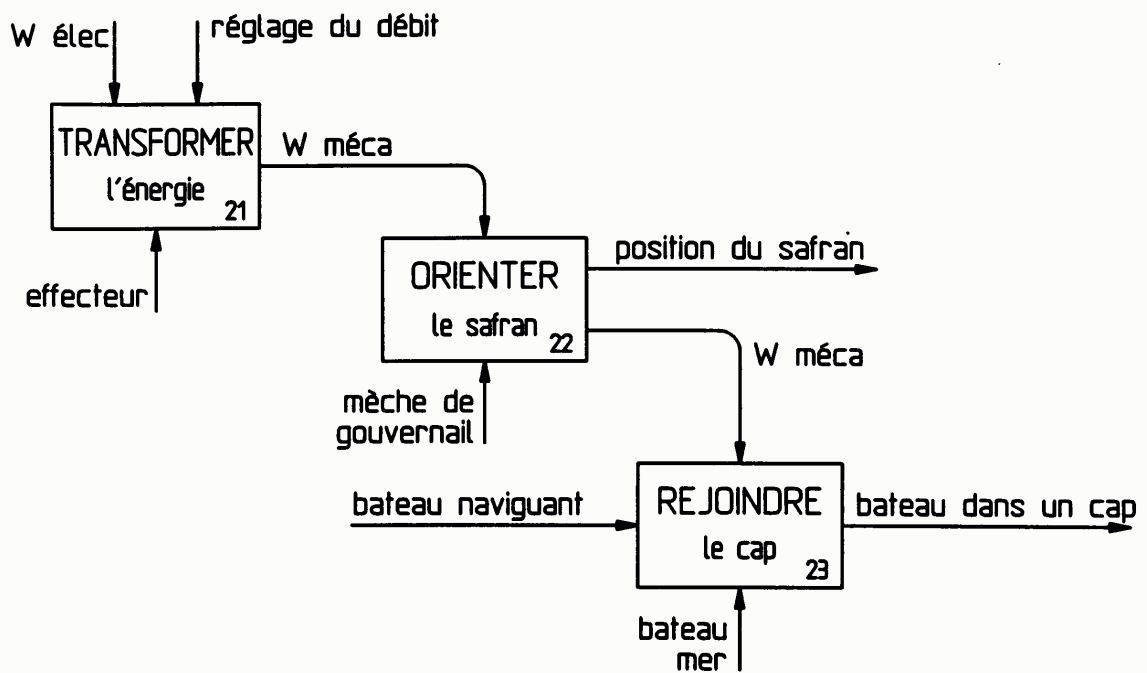
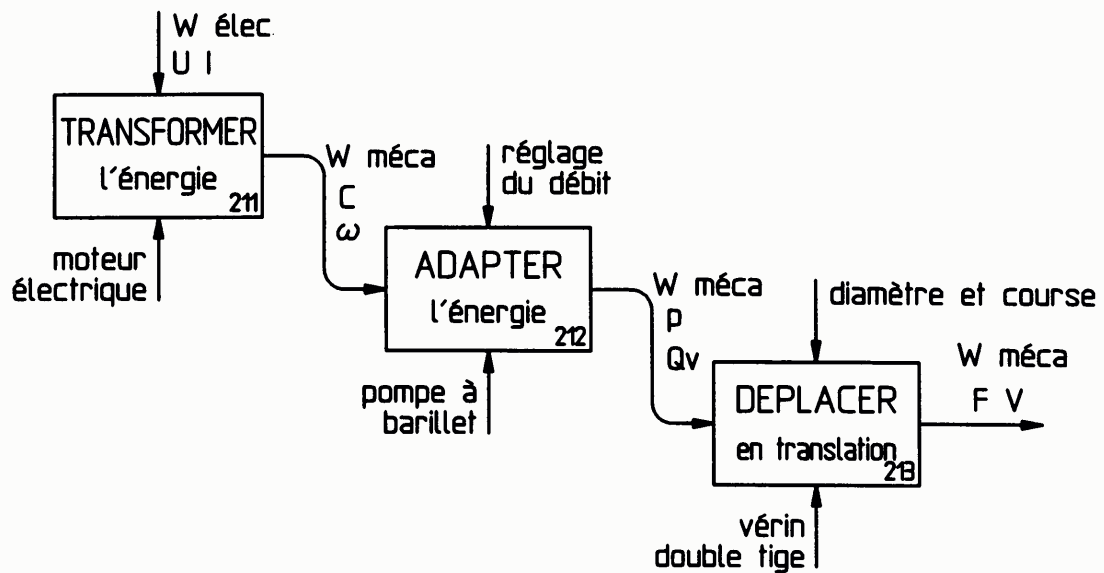


Diagramme A21



2 Paramétrage

Le système étudié est une pompe à pistons axiaux (figure ci-contre). Elle est principalement constituée d'un corps **1**, d'un barillet **2** et de six pistons **7i** ($i \in [1, 6]$) dont les axes sont répartis sur un cylindre de révolution d'axe (O, \vec{x}_0) et de rayon **r**.

Notons $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ le repère lié au corps **1** tel que (O, \vec{x}_0) soit l'axe de la liaison pivot corps **1** / barillet **2**.

Considérons également un repère $R'_0(O, \vec{u}, \vec{v}, \vec{z}_0)$ lié au corps **1** où \vec{u} définit la normale au plan de la butée à billes **9**. Posons $\alpha = (\vec{x}_0, \vec{u}) = (\vec{y}_0, \vec{v})$.

Notons $R_1(O, \vec{x}_0, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ le repère lié au barillet **2**

et posons $\theta(t) = \omega t = (\vec{y}_0, \vec{y}_1) = (\vec{z}_0, \vec{z}_1)$ avec ω constante positive.

La liaison entre chaque piston **7i** et le barillet **2** est un pivot glissant d'axe (M_i, \vec{x}_0) .

Chaque piston a une liaison sphère/plan (ponctuelle) d'axe (M_i, \vec{u}) avec une butée à billes **9** qui a une liaison pivot d'axe (O, \vec{u}) avec le corps **1**.

La rotation du moteur lié au barillet entraîne le déplacement des pistons et l'aspiration ou le refoulement du fluide hydraulique. La distribution du fluide n'est pas étudiée.

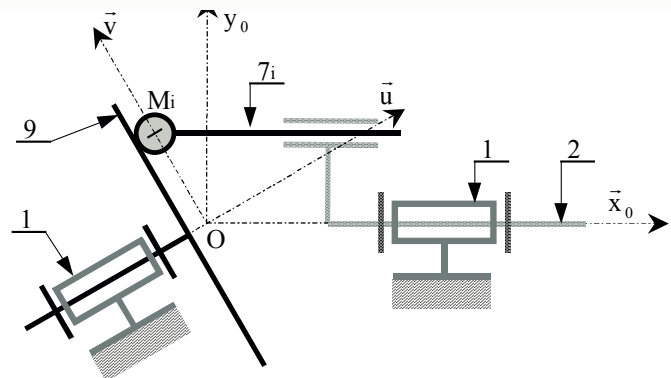
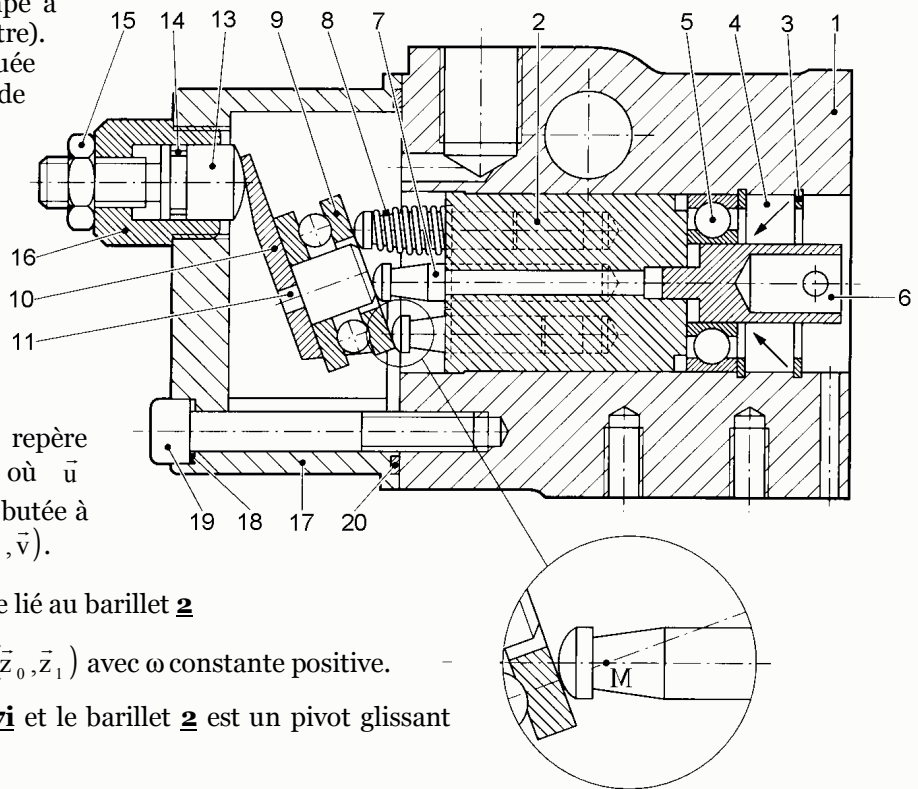
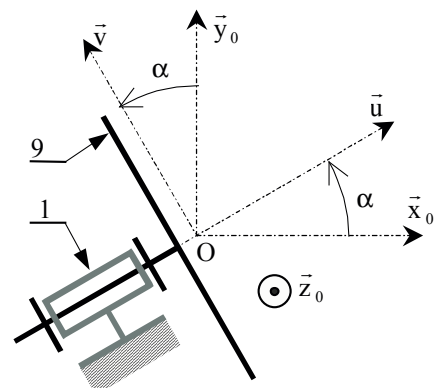
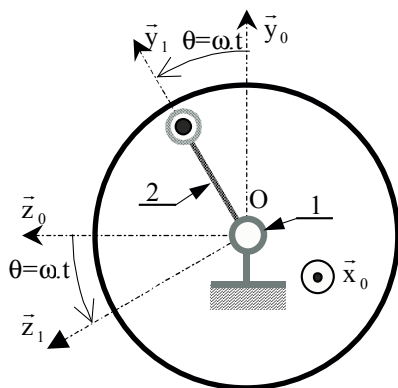


schéma cinématique de la pompe (l'axe du piston

$7i$ à été ramené dans le plan $(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0)$)



3 Travail demandé

3.1 Modélisation des actions mécaniques

❖ Le barillet **2** de la pompe est entraîné par un moteur électrique qui exerce une action modélisée par un couple de valeur C_m : $\{\mathbf{T}_{\text{moteur}} \rightarrow 2\} = \begin{Bmatrix} \vec{0} \\ C_m \cdot \vec{x}_0 \end{Bmatrix}$

❖ Chaque ressort de rappel **8i** exerce sur le piston **7i** une action mécanique que l'on peut modéliser par le torseur suivant :

$$\{\mathbf{T}_{8_i \rightarrow 7_i}\} = \begin{Bmatrix} k(\lambda_i - \lambda_0)\vec{x}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_{N \in (M_i, \vec{x}_0)} \quad \text{avec : } \begin{cases} k : \text{raideur du ressort} \\ \lambda_i = \overline{M_i O} \cdot \vec{x}_0 \\ \lambda_0 : \text{valeur particulière de } \lambda \text{ lorsque le ressort est détendu} \end{cases}$$

❖ De même chaque ressort exerce sur le barillet **2** une action mécanique modélisée par le torseur :

$$\{\mathbf{T}_{8_i \rightarrow 2}\} = \begin{Bmatrix} -k(\lambda_i - \lambda_0)\vec{x}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_{N \in (M_i, \vec{x}_0)}$$

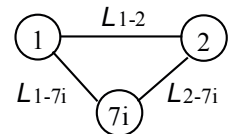
❖ La pression P du fluide exerce sur chaque piston **7i** une action mécanique que l'on peut modéliser par le torseur suivant : $\{\mathbf{T}_{\text{pression}} \rightarrow 7_i\} = \begin{Bmatrix} -P_i \cdot S \cdot \vec{x}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_{N \in (M_i, \vec{x}_0)}$

❖ De même elle exerce, au niveau de chaque piston, une action mécanique sur le barillet **2** modélisée par le torseur : $\{\mathbf{T}_{\text{pression}} \rightarrow 2\} = \begin{Bmatrix} P_i \cdot S \cdot \vec{x}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_{N \in (M_i, \vec{x}_0)}$

❖ On note également : $\vec{V}(M_i \in 7_i / 2) = -\dot{\lambda}_i \cdot \vec{x}_0 = r \cdot \omega \cdot \tan \alpha \cdot \sin \theta_i \cdot \vec{x}_0$ où $\theta_i = \theta(t) + \frac{\pi}{3}(i-1)$ avec $i \in [1,6]$.

Q 1 On peut montrer par une étude cinématique (ou statique) que la liaison équivalente aux deux liaisons en série L_{1-9} et L_{9-7i} est une liaison sphère plan de centre M_i et d'axes \vec{x}_0 . Quel est alors le rôle de la butée à billes 9 ?

Q 2 Toutes les liaisons étant considérées comme énergétiquement parfaites, Donner l'expression du torseur d'action mécanique de chaque liaison définie sur le graphe ci-contre



3.2 Etude statique

Hypothèses :

➤ Dans le cadre d'une étude en régime permanent ($\omega = \dot{\theta} = \text{cte}$), on peut montrer que le torseur dynamique de la pompe est nul. Par conséquent on pourra lui appliquer le principe fondamental de la statique.

- On négligera les masses et des différents solides devant les autres actions mécaniques mises en jeu.,
- le repère R_0 lié au corps **1** sera considéré comme galiléen.

Q 3 Par une étude « statique » sur le piston **7₁**, exprimer l'action mécanique du corps **1** sur le piston **7₁** en fonction de la pression P_1

Remarque : le choix de(s) l'équation(s) algébrique(s) issue(s) du principe fondamental de la statique est important.

Q 4 Par une étude « statique » sur l'ensemble {piston 7₁, barillet 2, ressort 8i } les autres pistons n'étant pas pris en compte, exprimer le couple Cm1(θ) en fonction de P₁ et θ (Cm1 est le couple moteur minimum nécessaire à l'entraînement d'un piston).

Q 5 Calculer la valeur moyenne, Cm1_{moyen}, du couple Cm1(θ) sachant que :

- Si le piston est en phase de refoulement : P₁ = P_{max}
- Si le piston est en phase d'admission : P₁ = 0

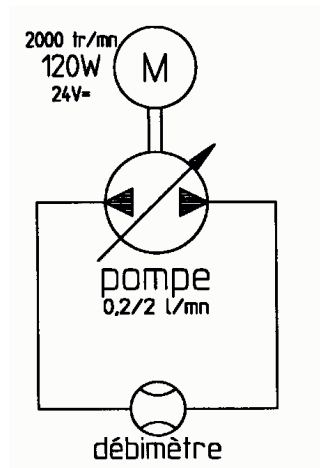
En déduire la valeur moyenne Cm_{moyen} du couple nécessaire à l'entraînement de la pompe à six pistons.

Q 6 Faire l'application numérique avec $\begin{cases} \tan \alpha = 0,2 \\ r = 9,5 \text{ mm} \\ S = 28 \text{ mm}^2 \end{cases}$ puis tracer la fonction Cm_{moyen}(P_{max})

pour : 0 < P_{max} < 22 bars 1bar = 10 N/cm²

3.3 Relevés expérimentaux

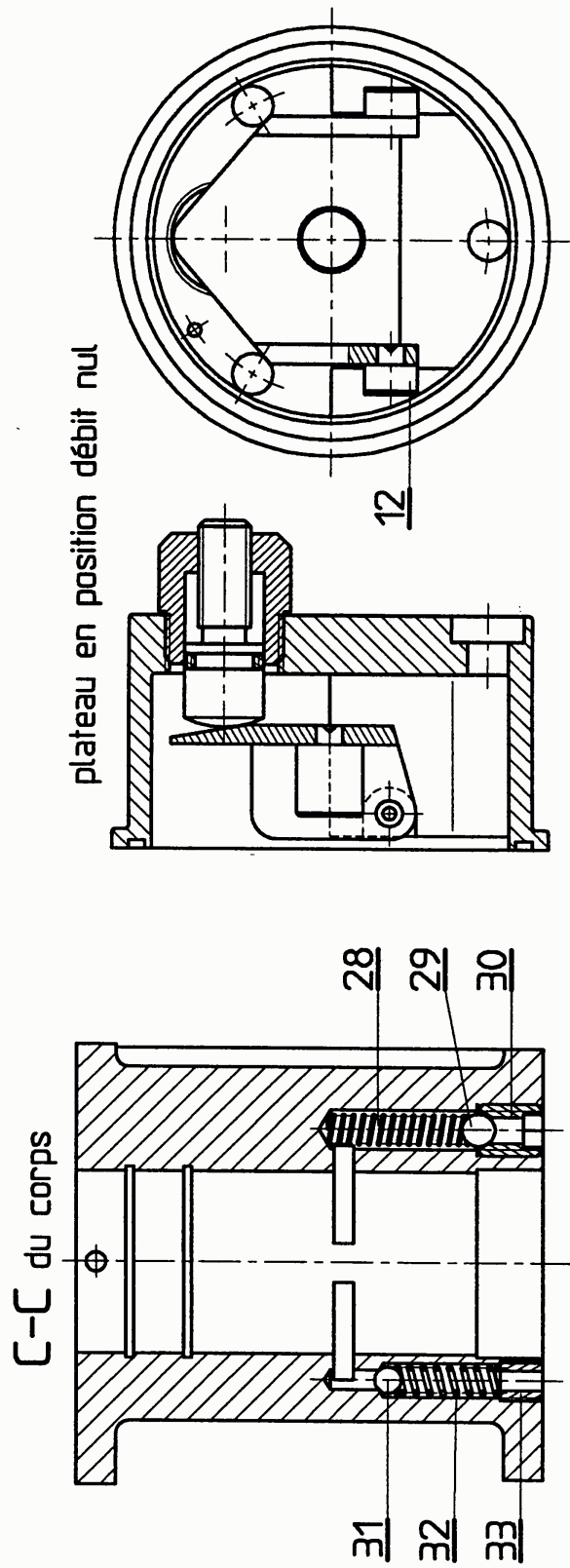
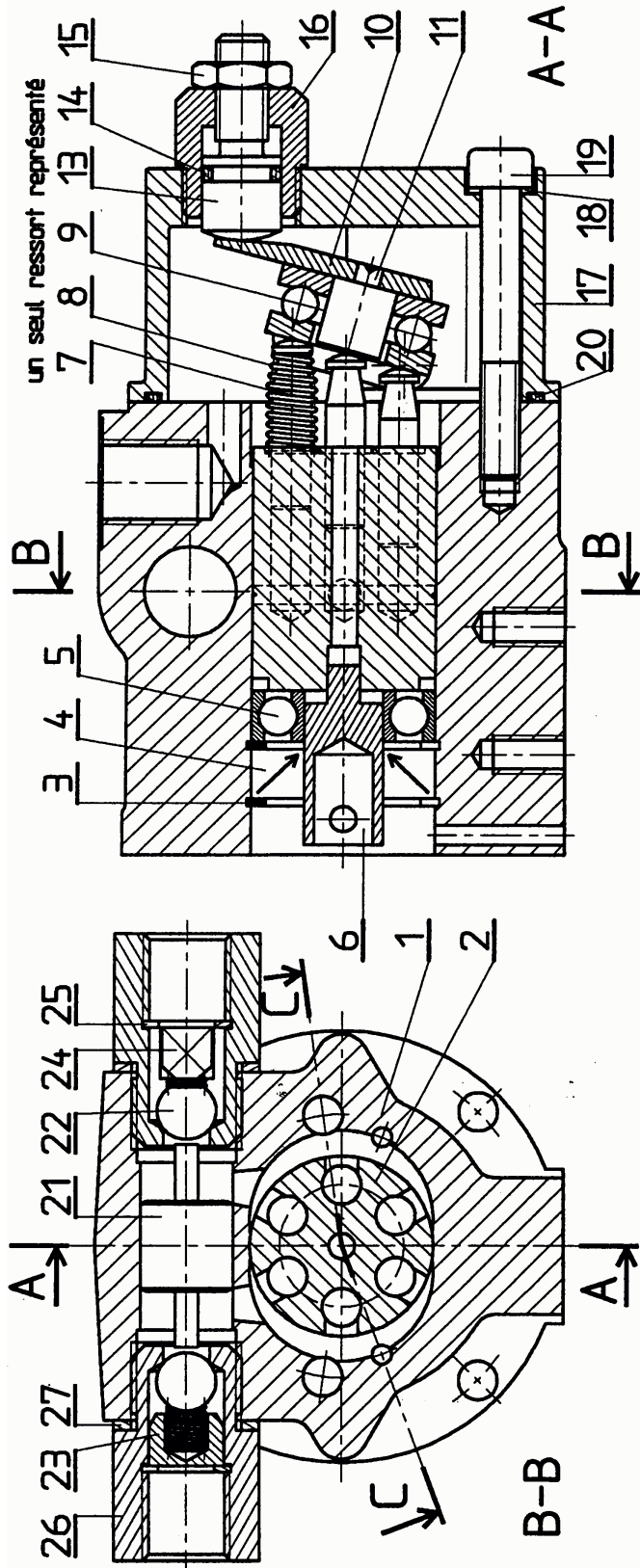
- ☞ Passez sur le banc d'essai de la moto pompe. Sur ce banc, les vannes doivent être disposées de façon à boucler la pompe sur elle-même sans passer par le vérin.
- ☞ Une action sur la vis de réglage du limiteur de débit ne doit pas avoir d'influence sur la pression de refoulement. Dans le cas contraire inverser le sens de déplacement du vérin.
- ☞ Mettez sous tension et réglez la vis 13 (voir la position de cette vis sur le schéma constructeur de la page 3) afin d'obtenir un débit de 1 litre par minute. Cela correspond à l'inclinaison de la butée à billes 9 définie dans l'étude théorique.
- ☞ Inverser à nouveau le sens de déplacement du vérin pour que l'action sur la vis de réglage du limiteur de débit ait une influence sur la pression de refoulement
- ☞ En faisant varier cette pression de 0 à 22 bars, relever le courant d'alimentation du moteur .



Q 7 En vous aidant des courbes fournies par le constructeur, tracer sur le graphe précédent la courbe du couple expérimental en fonction de la pression de refoulement.

Q 8 Conclure sur les causes probables de l'écart entre valeurs théoriques et valeurs expérimentales.

4 Dessin d'ensemble



33	2	Vis clapet surpression
32	2	Ressort clapet de surpression
31	2	Bille Ø 4
30	2	Vis clapet d'aspiration
29	2	Bille Ø5
28	2	Ressort clapet d'aspiration
27	2	Joint plat G3/8
26	2	Siège clapet anti-retour
25	2	Anneau élastique pour alésage 12 x 1
24	2	Butée
23	2	Ressort clapet anti-retour
22	2	Bille Ø9
21	1	Tiroir
20	1	Joint OR 56,87 x 1 78
19	2	Vis CHC M6 - 45
18	2	Rondelle plate Ø 6
17	1	Carter
16	1	Adaptateur
15	1	Ecrou HM M8
14	1	Joint OR 7
13	1	Vis de réglage de débit
12	2	Axe d'articulation
11	1	Centreur
10	1	Basculeur
9	1	Butée à billes 51200
8	6	Ressort de piston
7	6	Piston
6	1	Entraineur
5	1	Roulement 6001
4	1	Joint à lèvres 12 x 28 x 7
3	2	Anneau élastique pour alésage 28 x 1,2
2	1	Barillet
1	1	Corps
Rep	Nb	Désignation

5 Caractéristiques du moto-réducteur

