




### **PROBLEMATIQUE DE MAINTENANCE AUTOMOBILE**

Suite à l'étude globale du dispositif d'assistance de direction d'un véhicule *PEUGEOT 406*, on procédera au diagnostic pour les incidents suivants :

- **durcissement anormal de la direction assistée à basse vitesse**
- **l'assistance de direction reste importante à vitesse élevée du véhicule**

### **TRAVAIL DEMANDE**

Afin de comprendre les causes et de pallier aux dysfonctionnements cités ci-dessus, on demande d'étudier le principe de fonctionnement du système puis son dispositif de régulation.

### **CONSEIL**

Il est recommandé de suivre l'ordre d'étude proposé.

### **PLAN DE L'ETUDE**

- |    |                                    |                    |
|----|------------------------------------|--------------------|
| 1. | OBTENTION DE LA FORCE D'ASSISTANCE | FT 1/10 à FT 3/10  |
| 2. | ETUDE DE LA REGULATION SERVOTRONIC | FT 3/10 à FT 8/10  |
| 3. | DEMARCHE DE MAINTENANCE            | FT 8/10 à FT 10/10 |

(Avant de commencer l'étude il est conseillé de lire les pages DT 1/17 à DT 4/17 du dossier technique)

## - 1. OBTENTION DE LA FORCE D'ASSISTANCE FOURNIE PAR LE VERIN

REPONDRE SUR FEUILLE DE COPIE

### - 1.1 Rappels et Hypothèses

Equation de Bernoulli pour un kg de fluide

$$\frac{1}{2}(V_2^2 - V_1^2) + (1/r)(p_2 - p_1) + g(z_2 - z_1) + J_{12} = W_{12}$$

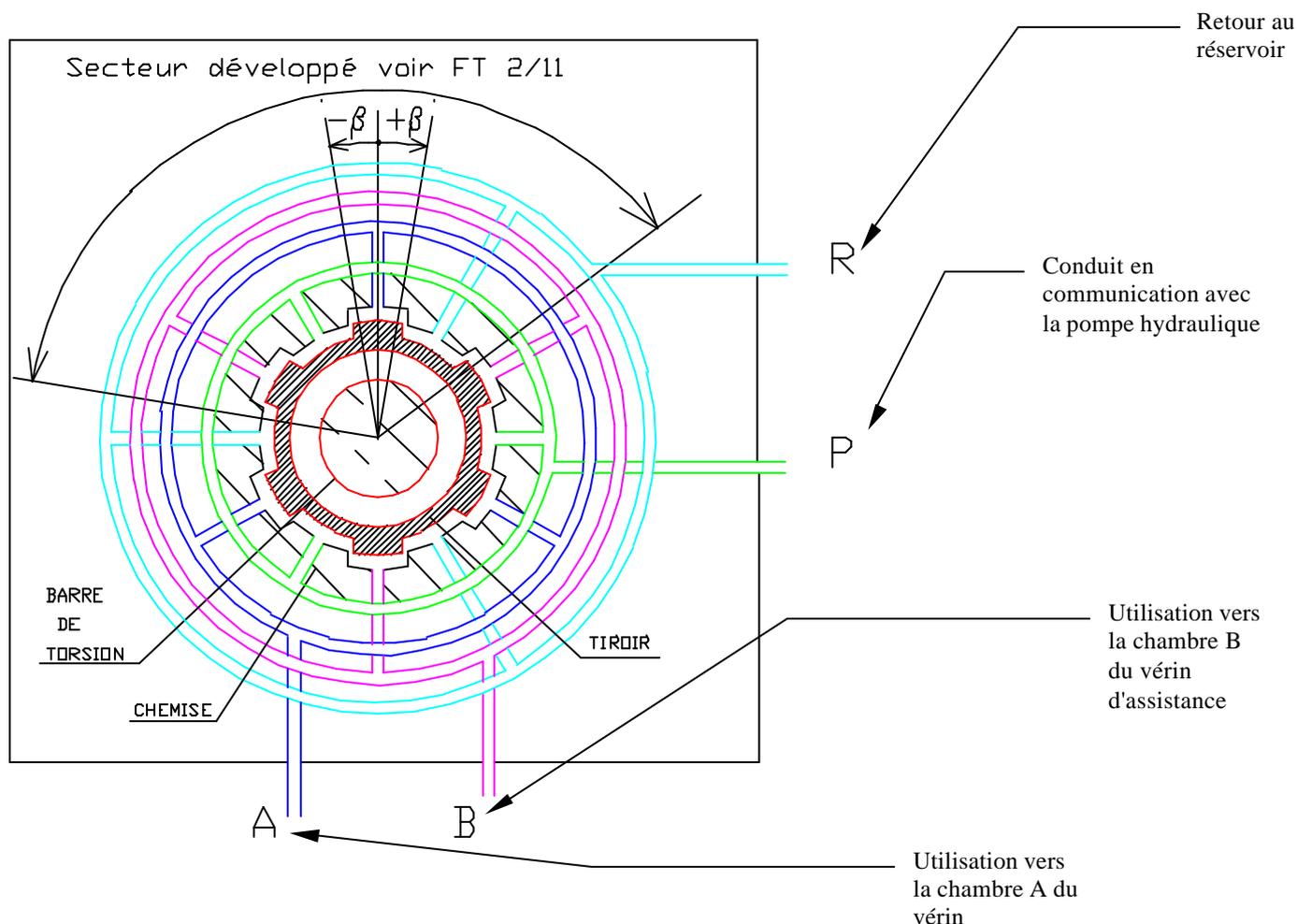
Compte tenu des caractéristiques du générateur hydraulique (voir DT 2/17), du diamètre moyen d'écoulement ( $\cong 6$  mm). On peut négliger les énergies cinétique ( $E_{c1 \rightarrow 2}$ ) et potentielle ( $E_{p1 \rightarrow 2}$ ) du fluide et utiliser la relation suivante :

$$(1/r)(p_2 - p_1) + J_{12} = W_{12}$$

On néglige les pertes de charges systématiques (régulières) on ne prend en compte que les pertes de charge singulières.

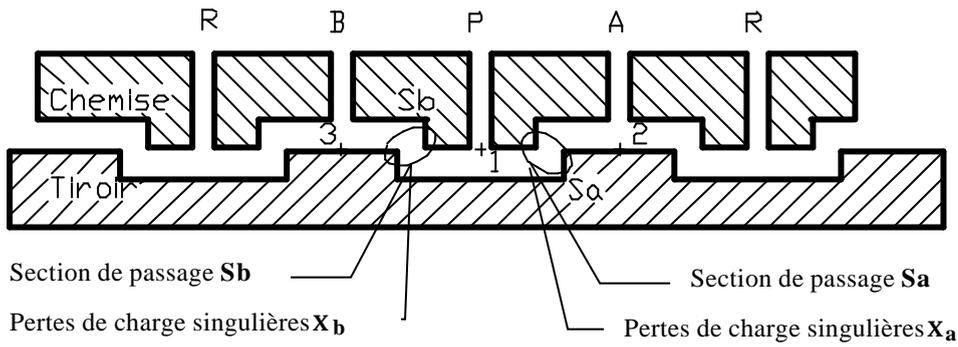
### - 1.2 Fonctionnement de la valve

Le schéma de la valve représentée ci-dessous a été volontairement simplifié, tous les circuits hydrauliques ont été ramenés dans le même plan. Elle a été schématisée en position neutre. Cette valve est dite à centre ouvert, c'est à dire que tous les orifices communiquent entre eux dans cette position.



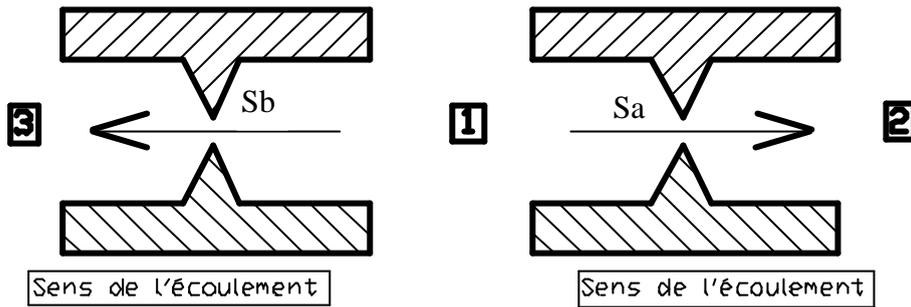
Pour des raisons de commodités nous étudierons la valve développée sur un tiers de sa circonférence ( voir FT 1/10).

Dessin de la valve développée sur un tiers de sa circonférence. Roues directrices droites



Valve en position neutre.  
Les sections de passages entre les différents circuits sont égales.  $\rightarrow S_a = S_b$

- 1.2.1 - Schéma des écoulements entre les points [1 - 2] et [1 - 3]



Sachant que la perte de charge entre les points 1 et 2 est de la forme  $J_{12} = x_a V^2/2$  par exemple, avec  $V$  vitesse moyenne dans l'écoulement.

Etablir la relation entre la variation de pression et la perte de charge entre les points 1→2 puis entre les points 1→3.

Soient :  $p_1 - p_2 = f(r, x_a, V_a)$  et  $p_1 - p_3 = f(r, x_b, V_b)$

- 1.2.2 - Roues directrices droites

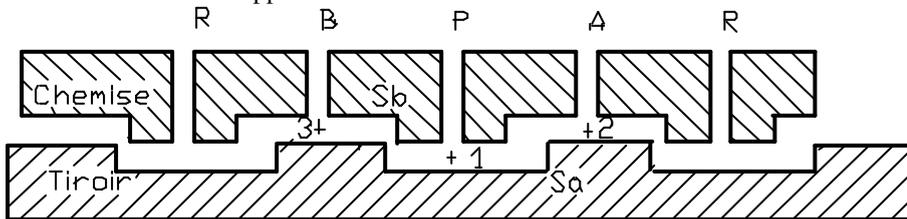
Dans la position "roues directrices droites", la valve est en position neutre, et les débits passant à travers les sections  $S_a$  et  $S_b$  sont égaux ( $q_{vSa} = q_{vSb}$ ). Montrer que l'on a alors  $p_2 = p_3$ .

Sachant que dans cette position on a :  $p_A = p_2$  ;  $p_B = p_3$ . Quel est le comportement du vérin d'assistance ?

On rappelle que  $p_A$  = pression dans la chambre A du vérin d'assistance,  $p_B$  = pression dans la chambre B du vérin d'assistance

- 1.2.3 - En cours de braquage

Dessin de la valve développée sur un tiers de sa circonférence. Roues directrices en cours de braquage



En cours de braquage, un décalage angulaire de valeur  $b$  entre le tiroir et la chemise est créé. Cela provoque une variation de section pour  $S_a$  et  $S_b$  et une modification des coefficients de pertes de charge  $X_b, X_a$ .

Réécrire les relations dans les écoulements [1→2] et [1→3] (voir question 1.2.2) en mettant en évidence les débit et les sections. Soient :  $p_1 - p_2 = f(r, x_a, q_{vSa}, S_a)$ ,  $p_1 - p_3 = f(r, x_b, q_{vSb}, S_b)$

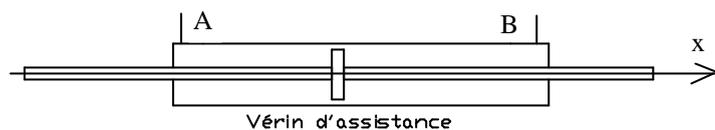
Pour simplifier l'étude on considérera que  $q_{vSa} = q_{vSb} = q_v$

Sachant que  $p_A = p_2$  et  $p_B = p_3$  ; déduire de la relation précédente l'expression de  $p_A - p_B$  en fonction de la masse volumique, des coefficients de pertes de charge, du débit et des sections de passage. Soit :  $p_A - p_B = f(r, x_b, x_a, q_v, S_a, S_b)$

✎ On définit la force d'assistance au niveau du vérin par :

$$F_{assistance} = (p_A - p_B) \cdot S_{I9}$$

(avec  $S_{I9}$  : section active du piston)



Etudier pour les deux cas :  $S_a > S_b$  et  $S_a < S_b$ , le comportement du vérin.  
 Pour cela vous discuterez le terme  $(x_d/Sa^2 - x_b/Sb^2)$ , sachant que dans un écoulement, si la section de passage  $S$  diminue le coefficient de perte de charge  $\xi$  augmente et inversement. Puis vous indiquerez si la force d'assistance ( $F_{assistance}$ ) est égale à 0, positive ou négative pour les deux cas précités.

### - 1.2.4 Variation de l'effort d'assistance

A l'aide des courbes données par le document DT 15/17 montrant les variations de  $p_A$  et  $p_B$  en fonction de  $b$ .

✎ Expliquer succinctement le rapport existant entre la force d'assistance  $F_{assistance}$  et le décalage angulaire  $b$ .  
 Si l'on veut réduire la force d'assistance, indiquer comment doit-on agir sur  $b$  ?

### - 1.3 Circuits hydrauliques

✎ Compléter les circuits hydrauliques des deux schémas du document réponse **DR1**, dans le cas d'un braquage à droite et dans les deux situations suivantes : **en cours de braquage et en braquage maintenu**.

Indiquer par de la couleur les différentes pressions dans les circuits, flécher le sens de circulation du fluide.

Pour cela vous utiliserez le code de couleurs suivant :

- fluide à la pression sortie pompe en rouge (pression  $p$ ),
- fluide ayant subi la perte de charge de coefficient  $X_b$  en vert (pression  $p_B$ ),
- fluide ayant subi la perte de charge de coefficient  $X_a$  en bleu (pression  $p_A$ ),
- fluide à la pression retour réservoir en jaune (pression  $p_R$ ).

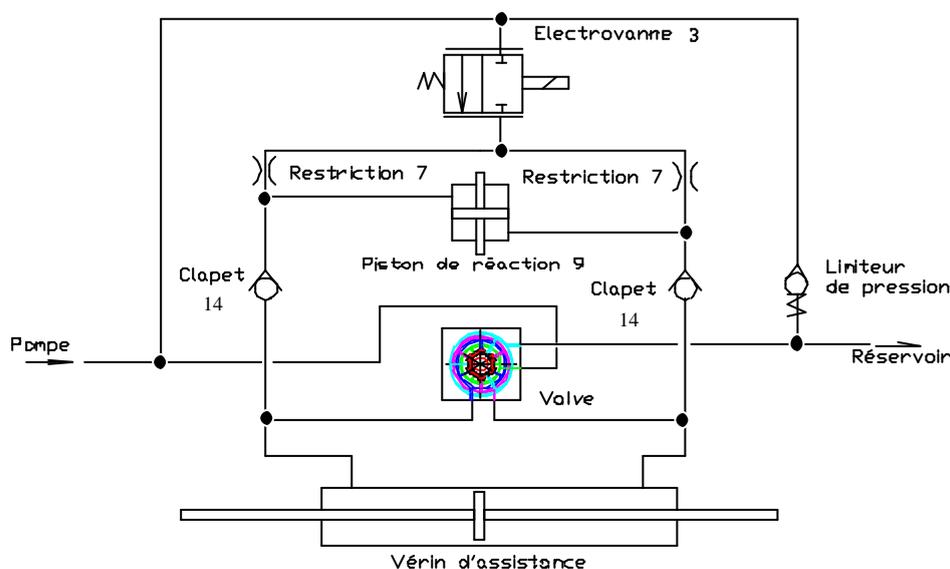
## - 2. ETUDE DE LA REGULATION SERVOTRONIC

Voir le schéma de la direction "Servotronic" document technique DT 7/17

Le circuit hydraulique de base d'une direction "SERVOTRONIC" est identique à celui d'une direction à effort constant étudiée dans la première partie. L'information vitesse est prise sur **1** qui reçoit l'information d'un capteur monté sur la boîte de vitesses délivrant un signal sinusoïdal mis en forme par un boîtier interface puis transmis à un calculateur **2** qui, selon les données mises en mémoire, pilote une électrovanne **3** située sur la valve.

### - 2.1 Fonctionnement de l'électrovanne 3.

Schéma hydraulique du dispositif de régulation. (Document constructeur Peugeot)



### Fonctionnement de l'électrovanne 3

- A l'arrêt le circuit est rempli d'huile, le contact est coupé.  $\Rightarrow$  **L'électrovanne est ouverte.**

- Dès que le moteur tourne, le calculateur commande **la fermeture de l'électrovanne**. Le flux d'huile venant de la pompe gagne l'ensemble des circuits hydrauliques puis retourne au réservoir. Les pressions de part et d'autre du piston de réaction **9** demeurent faibles

Le piston de réaction n'agit pas sur la valve qui a un fonctionnement classique.

- Dès que la vitesse augmente, le calculateur commande **l'ouverture progressive de l'électrovanne**. L'huile sous pression passe par les deux restrictions **7** et s'applique sur les deux cotés du piston de réaction **9** puis retourne via les clapets **14** et la valve au réservoir. L'huile au passage de l'électrovanne **3** subit une perte de charge de coefficient  $X_3$  ainsi que dans les restrictions **7** de coefficient  $X_7$ .

Dans cette configuration si le conducteur tourne le volant vers la droite par exemple, le tiroir se décale angulairement par rapport à la chemise déclenchant l'arrivée de l'huile sous pression d'un coté du vérin mais aussi sur un des clapets **14**. Il n'y a plus de mouvement d'huile dans la restriction correspondante donc la perte de charge dans cette restriction devient nulle et la pression augmente sur la face correspondante du piston de réaction. Le piston de réaction **9** se trouve désormais en déséquilibre et une action mécanique résultante est ainsi créée.

### **- 2.2 Fonctionnement du dispositif hydraulique de régulation**

#### *REPONDRE SUR LES DOCUMENTS DR2 ET DR3*

 Pour chacune des situations, A, B, C, D, décrites ci-dessous, compléter les schémas hydrauliques du dispositif de régulation.

En respectant le code de couleur suivant :

- **Rouge**  $\rightarrow$  huile sous pression venant de la pompe (pression  $p$ ),
- **Orange**  $\rightarrow$  - huile ayant subi une perte de charge au niveau de l'électrovanne (pression  $p_3$ ),
- **Bleu**  $\rightarrow$  huile à la pression d'assistance ayant subi une perte de charge de coefficient  $X_a$  au niveau de la valve, (pression  $p_A$ ),
- **Vert**  $\rightarrow$  huile à la pression d'assistance ayant subi une perte de charge de coefficient  $X_b$  au niveau de la valve, (pression  $p_B$ ),
- **jaune**  $\rightarrow$  huile à la pression du réservoir. (pression  $p_R$ ).

Et en indiquant le sens de circulation du fluide par une flèche.

- **A - Véhicule en ligne droite à faible vitesse (électrovanne fermée).**
- **B - Véhicule en ligne droites à vitesse élevée (électrovanne ouverte).**
- **C - Véhicule roulant à faible vitesse, roues AV braquées à droite.**

La valve distribue l'huile sous pression dans la chambre (A) du vérin d'assistance.

- **D- Véhicule roues AV braquées à droite :**

- **D1 - A vitesse moyenne :**

La valve distribue l'huile sous pression dans la chambre gauche du vérin d'assistance.

Indiquer par une flèche le sens de l'effort dû à l'action de l'huile sur le piston de réaction **9**.

- **D2 - A vitesse élevée :**

La valve distribue l'huile sous pression dans la chambre gauche du vérin d'assistance.

Indiquer par une flèche le sens de l'effort dû à l'action de l'huile sur le piston de réaction **9**.

 Pour les cas D1 D2 préciser, en le justifiant, dans quel cas l'effort dû à l'action de l'huile sur le piston de réaction **9** est le plus important.

### - 2.3 Schéma hydraulique du dispositif de régulation et d'assistance

REPONDRE SUR LE DOCUMENT DR4

✎ A l'aide du document technique DT 8/17 et du schéma (document constructeur), donné au paragraphe 2.1., compléter le schéma hydraulique en respectant la normalisation

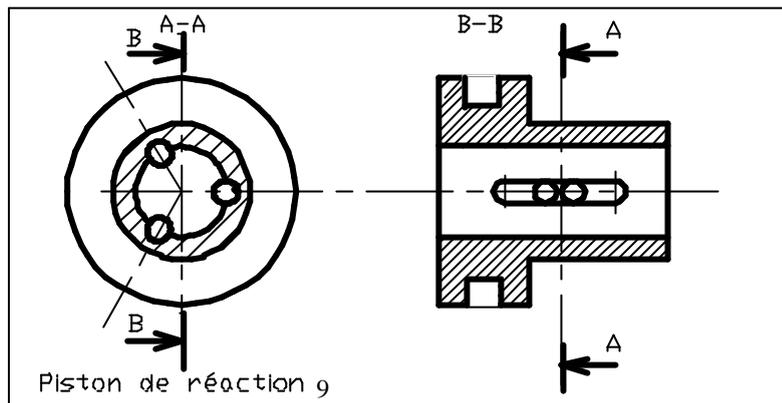
### - 2.4 Analyse mécanique du dispositif de modification de la déformation de la barre de torsion

(voir DT 9/17)

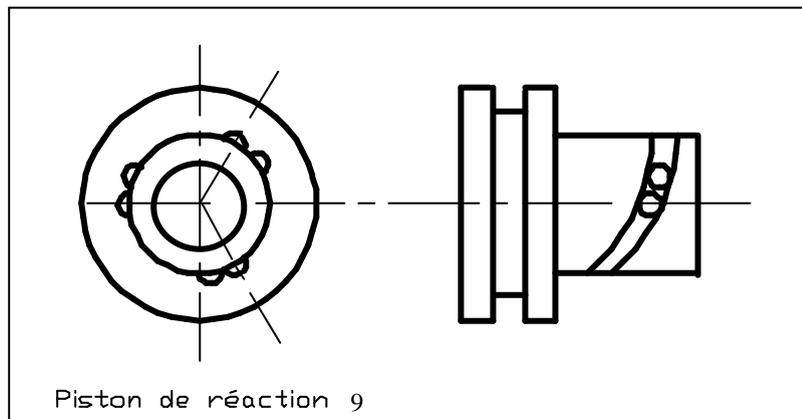
A l'architecture classique de la valve vient s'ajouter un piston dit de réaction 9.

Ce piston de réaction 9 est en liaison avec :

- le tiroir 17 par l'intermédiaire de trois rangées de deux billes disposées à 120° (liaison glissière),



- la chemise 18 par l'intermédiaire de trois rampes hélicoïdales de deux billes disposées à 120°. (liaison hélicoïdale)



#### - 2.4.1 - Schéma cinématique minimal

REPONDRE SUR LE DOCUMENT DR5

On limitera le schéma à l'ensemble : piston, tiroir, chemise et barre de torsion.

✎ Compléter le schéma cinématique minimal ébauché sur le document DR5 à l'aide des documents techniques DT 9/17 et DT 10/17

- 2.4.2 - Etude des actions mécaniques s'exerçant sur le piston de réaction.

- **Ensemble étudié** :  $\rightarrow$  {piston + billes}

- **Hypothèses** :

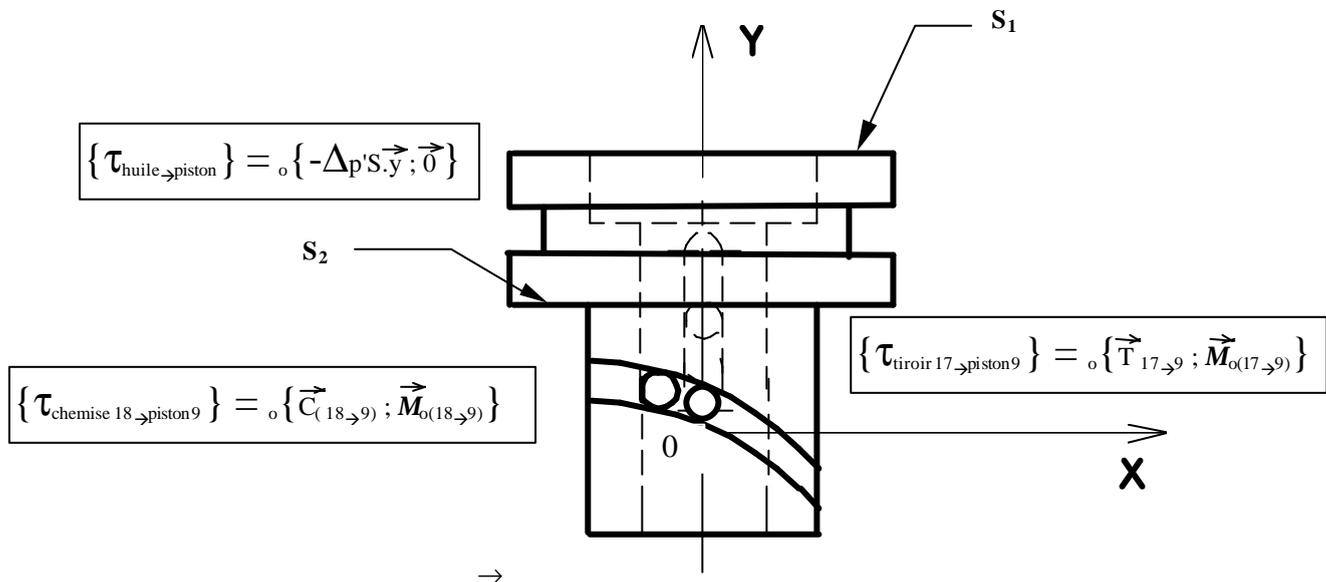
- \* On se place dans le cas d'un virage à droite.
- \* Les liaisons sont supposées parfaites.
- \* On négligera les actions dues à la pesanteur.
- \* On supposera que la pression de l'huile s'exerce sur deux surfaces  $S_1$  et  $S_2$  identiques. Leurs aires ont pour valeur  $S$ .

- **Bilan des actions mécaniques** :

- \* Actions dues à l'huile .
- \* Actions dues à la liaison tiroir  $\rightarrow$  piston.
- \* Actions dues à la liaison chemise  $\rightarrow$  piston.

- **Schéma de l'ensemble {piston + billes}**

$\Delta p'$  = différence des pressions qui s'exercent sur les surfaces  $S_1$  et  $S_2$  du piston 9



**Equations d'équilibre en projection suivant l'axe des Y**

(1)  $-Dp'.S + Y_{C(18 \rightarrow 9)} = 0$

(2)  $M_{oy(18 \rightarrow 9)} + M_{oy(17 \rightarrow 9)} = 0$

avec :  $M_{oy(18 \rightarrow 9)} = k.Y_C$  relation issue de la liaison hélicoïdale, hélice à gauche ( $k = C^{te}$ )

Nota :  $Y_{C(18 \rightarrow 9)}$ ,  $M_{oy(18 \rightarrow 9)}$  et  $M_{oy(17 \rightarrow 9)}$  sont des valeurs algébriques

**REPONDRE SUR FEUILLE DE COPIE**

Etablir la relation donnant le moment de l'action du piston 9 sur la chemise 18, en projection sur  $Oy$ , en fonction de la différence de pression  $\Delta p'$ . Soit :  $M_{oy(9 \rightarrow 18)} = f(Dp')$

**- 2.4.3 - Equilibre de l'ensemble : chemise 18 + pignon 21**

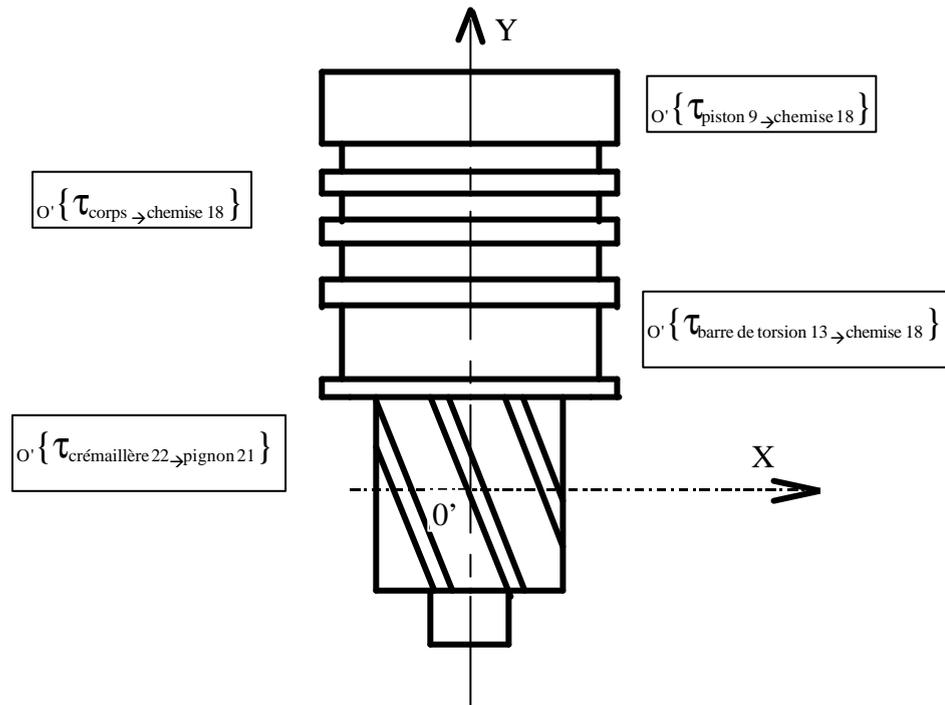
**Hypothèses**

On reprendra les mêmes que pour la question précédente.

**Bilan des actions mécaniques**

- \* Action due au piston.
- \* Action due à la barre de torsion.
- \* Action due à la crémaillère.
- \* Action due au corps.

**Schéma de l'ensemble {pignon + chemise}**



\* On donne l'équation d'équilibre des moments en projection suivant l'axe des Y :

$$M_{O'y}(22 \rightarrow 21) + M_{O'y}(9 \rightarrow 18) + M_{O'y}(13 \rightarrow 18) = 0 \quad (3)$$

Remarque :  $M_{O'y}(22 \rightarrow 21)$ ,  $M_{O'y}(9 \rightarrow 18)$  et  $M_{O'y}(13 \rightarrow 18)$  sont des valeurs algébriques.

\* On rappelle que le moment de la barre de torsion sur la chemise est de la forme :

$$M_{O'y}(13 \rightarrow 18) = -\frac{G \cdot I_0}{L} \cdot |\beta|$$

Il s'agit d'un braquage à droite qui correspond, dans le repère utilisé ici, à une rotation négative du volant, d'où le signe moins dans la relation précédente.

Avec :

G = Module d'élasticité transversale (N/m<sup>2</sup>)

|\beta| = Déformation angulaire (rd) (valeur absolue du décalage angulaire)

I<sub>0</sub> = Moment quadratique polaire (m<sup>4</sup>)

L = longueur utile de la barre de torsion. (m)

✎ A l'aide de l'équation des moments (3) exprimer, en fonction des paramètres, G, |\beta|, I<sub>0</sub>, Δp', S et k, le moment par rapport à l'axe O'y des actions de la crémaillère 22 sur le pignon 21.

$$M_{O'y}(22 \rightarrow 21) = f(G, |\beta|, I_0, \Delta p', S, k)$$

**- 2.4.4 - Modification de la déformation de la barre de torsion**

Dans une situation de braquage donnée, le moment de la crémaillère sur le pignon a une valeur donnée que l'on considérera constante.

Sachant que les paramètres  $G, I_0, S, k$  sont constants, seuls  $|\beta|$  et  $\Delta p'$  varieront, et compte tenu des résultats de la question 2.2

 Reproduire sur votre feuille de copie le tableau suivant en indiquant la valeur des paramètres de la variation d'assistance avec les termes :

- \* *nulle*,
- \* *faible*,
- \* *importante*.

<i>Paramètres de la variation d'assistance en cours de braquage</i>	Véhicule à vitesse nulle ou faible (< 5km/h)	véhicule à vitesse élevée (> 150km/h)
<b><math>Dp'</math></b>		
<b><math> \beta </math></b>		
<b>Force d'assistance</b> $F_{assistance} = (p_A - p_B) \cdot S_{19}$		

**- 2.4.5 - Conclusion :**

 De quelle manière se comporte l'assistance de direction à haute vitesse ? Cela est-il conforme au souhait du constructeur ?

**- 3 . DEMARCHE DE MAINTENANCE**

*REPONDRE SUR FEUILLE DE COPIE*

Suite à quelques dysfonctionnements de la direction *SERVOTRONIC* , il est apparu une oxydation prématurée au niveau de l'électrovanne 3 située sur la valve. De cette situation découle les deux défauts.

N°1 : Durcissement anormal de la direction assistée à basse vitesse.

N°2 : L'assistance de direction reste importante à vitesse élevée.

Dans un souci de simplification, on procédera à l'analyse des deux incidents décelés de manière indépendante.

**Note :** Il n'est pas demandé, dans l'étude qui suit, de rechercher la cause de l'oxydation de l'électrovanne 3 que l'on attribue à un défaut de fabrication ( choix de matériaux inadaptés ).

**- 3.1 Analyse du durcissement anormal de la direction**

**- 3.1.1 -** On relève la loi de valve correspondant à la direction étudiée (voir courbe page FT 9/10)

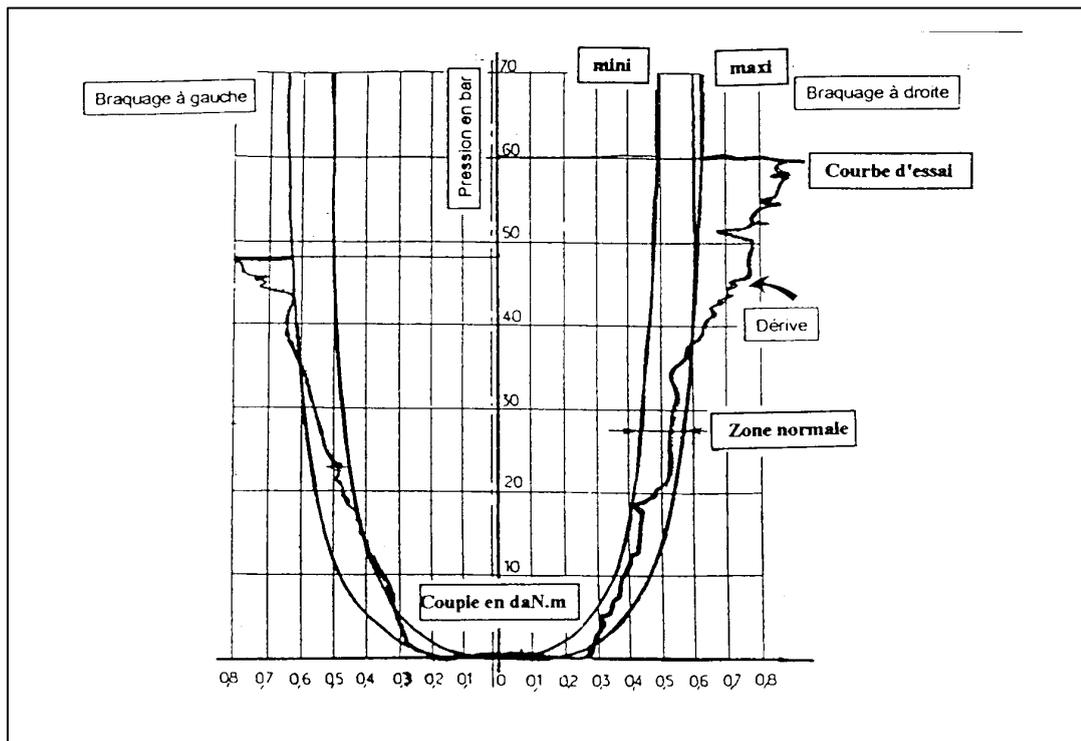
 Expliquer comment la loi de valve, représentée sur la page FT 9/10, met en évidence le défaut constaté.

**- 3.1.2 -** On effectue l'analyse d'un échantillon d'huile. L'enquête révèle une huile de classe 18/14.

 Compte tenu du document DT 11/17 concernant la norme ISO 4406, indiquer si l'huile correspond aux caractéristiques fixées par le constructeur. Justifier votre réponse.

L'analyse effectuée met-elle en évidence le défaut constaté (durcissement anormal) ? Justifier.

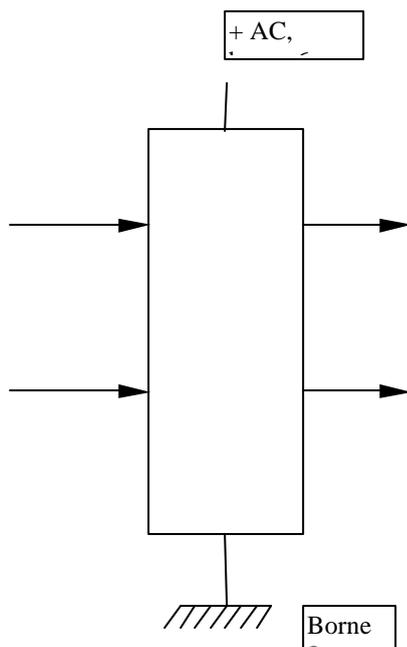
 Quelles sont les opérations à réaliser pour y remédier et quelles sont les précautions à prendre ?



**- 3.2 Non conformité de l'assistance à vitesse élevée du véhicule**

**- 3.2.1 - Bilan des entrées/sorties**

✎ Effectuer le bilan des entrées/sorties aux bornes du calculateur de la direction à assistance variable, en indiquant le numéro des bornes et le repère de chacun des composants. (Voir DT 13/17 et DT 16/17).  
Présenter la réponse sous la forme suivante :



**- 3.2.2 - Diagnostic** (voir DT 5/17, DT 6/17 et DT 16/17)

On effectue une série de mesures sur les bornes du calculateur 7105 dans les conditions suivantes :

\* contact véhicule mis

- mesure au multimètre
  - tension  $U$  entre la borne 6 et la masse → 11.8V
  - tension  $U$  entre la borne 8 et la masse → 0V

\* moteur en marche, véhicule sur chandelles, rapport de vitesse engagé

- mesure à l'oscilloscope
  - signal entre la borne 4 et la masse conforme aux spécifications du constructeur
- mesure au multimètre
  - tension  $U$  entre la borne 6 et la masse → 13.2V
  - tension  $U$  entre la borne 8 et la masse → 0V

\* contact coupé, connecteur du calculateur débranché

- contrôle au multimètre
  - résistance entre les bornes 2 et 5 du connecteur R = 1.2  $\Omega$
  - résistance du fil 710 R = 0.2  $\Omega$
  - résistance du fil 711 R = 0.1  $\Omega$

 A partir des relevés précédents, expliquer la cause du dysfonctionnement et indiquer dans ce cas le mode de fonctionnement de la direction.

**- 3.2.3 - L'ensemble ayant été déposé**

Un relevé de la loi de valve a été effectué (voir figure 2 DT 17/17), en le comparant à celui donnant les limites autorisées par le constructeur (voir figure 1 DT 17/17)

 - indiquer le mode de fonctionnement de la direction (type d'assistance). Cela correspond-il avec la stratégie voulue par le constructeur ?

**- 3.2.5 - Intervention de maintenance**

 Que préconisez-vous pour que la direction retrouve un fonctionnement normal ?