

Direction assistée

Etude du vérin-crémaillère

Problème posé

Vérifier les performances du vérin de la direction assistée et évaluer les pertes par frottement.

Objectifs

- Modéliser un mécanisme en vue d'une étude statique.
- Evaluer les pertes mécaniques.

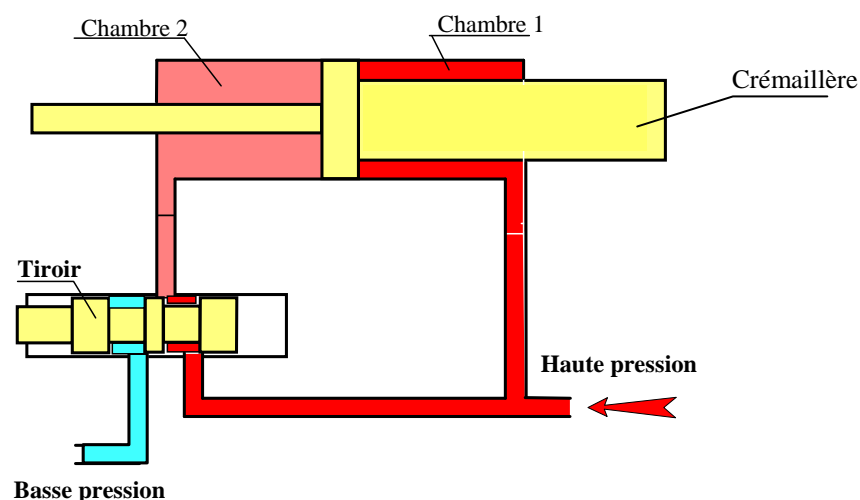
1 - Présentation

La direction assistée DIRAVI est une direction avec distributeur à centre fermé : Elle est verrouillée hydrauliquement, ce qui donne au véhicule une grande stabilité directionnelle. En effet, le conducteur ne ressent alors pas les effets de l'action de la route et en particulier une différence de freinage sur la roue droite et gauche.

Elle présente aussi de grands avantages lors de l'éclatement d'un pneu ou bien lorsque l'une des roues est sollicitée différemment de l'autre (rencontre d'un obstacle, flaque d'eau, terrain meuble...).

Pour réaliser l'assistance, un vérin différentiel est utilisé.

Ses chambres 1 et 2 ont des sections utiles différentes.



La chambre 1 est toujours alimentée par la haute pression fournie par une pompe à barillet qui charge un accumulateur.

Une action sur le volant commande un distributeur (translation du tiroir). Suivant le sens de rotation, ce dernier envoie la haute pression dans la chambre 2 ou bien au contraire il met en communication cette chambre avec le réservoir.

2- Analyse du fonctionnement / mise en équation

2.1 Fonctionnement du système vérin-crémaillère

Q1- Compléter le document réponse en redessinant le tiroir dans son logement. On demande de le positionner afin qu'il provoque le déplacement du vérin dans le bon sens. Expliquer pourquoi, quand les deux chambres sont à la même pression, le vérin se translate.

2.2 Mise en équation du problème

On supposera que le volant tourne suffisamment lentement pour négliger les effets dynamiques. C'est à dire qu'à chaque instant on peut appliquer le principe fondamental de la statique à l'ensemble vérin crémaillère (évolution quasi-statique).

On notera :

- F_1 la norme de l'action exercée par le fluide de la chambre 1 sur le piston.
- F_2 la norme de l'action exercée par le fluide de la chambre 2 sur le piston.
- F_r la projection sur l'axe de la crémaillère de l'action exercée par les biellettes de direction sur la crémaillère. On prendra toujours F_r positif.
- F_d la projection sur l'axe de la crémaillère des résistances passives (frottement, viscosité du fluide, action du pignon...). On prendra toujours F_d positif.

Q2- En appliquant le théorème de la résultante statique en projection sur l'axe de la crémaillère déterminer les relations entre ces différentes normes des actions dans les deux cas suivants :

- Lorsque la crémaillère se déplace vers la droite.
- Lorsque la crémaillère se déplace vers la gauche.

3- Dimensionnement du vérin

3.1 Rapport des sections

On souhaite que l'effort développé par le vérin F_p (fonction uniquement de F_1 et F_2) soit le même pour un déplacement à droite ou gauche. On veut ainsi garantir le fonctionnement symétrique de la direction assistée.

On notera :

- p_1 la pression dans la chambre 1 de section S_1 .
- p_2 la pression dans la chambre 2 de section S_2 .

Remarque : les pressions sont dites différentielles. C'est-à-dire que leurs valeurs sont définies par rapport à la pression atmosphérique. Par ailleurs, on rappelle que les effets dynamiques sont négligés. Ainsi, si une chambre est relié au réservoir d'huile, on pourra alors dire que sa pression est nulle (égale en fait à la pression atmosphérique).

Q3- Donner la valeur de la pression p_2 dans le cas d'un déplacement vers la gauche. Même question dans le cas d'un déplacement vers la droite. Donner dans les deux cas l'expression de F_p en fonction de p_1 , S_1 et S_2 .

On note : $k = \frac{S_1}{S_2}$.

Q4- Quelle est la valeur du rapport des sections k , qui autorise une valeur égale de l'effort maximal développé par le vérin lorsque la crémaillère se déplace vers la droite ou la gauche.

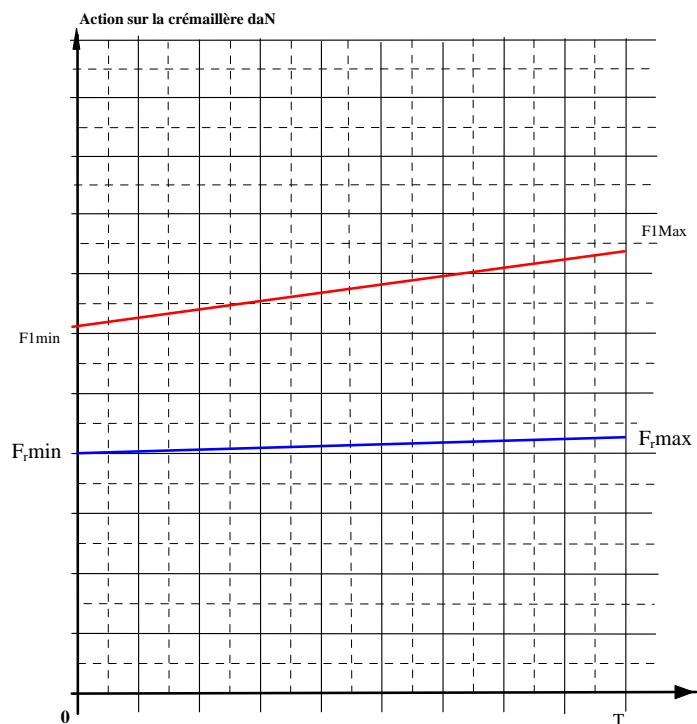
3.2 Evolution réelle des pressions

En fonctionnement réel, la pression p_1 n'est pas constante. En effet, pour garantir la rapidité de réaction du système, la pompe fonctionne par intermittence en rechargeant un accumulateur. On dispose ainsi d'une réserve de pression utilisable à tout instant.

Le graphe donné ci-dessous représente l'évolution de l'effort F_1 ainsi que celle de l'effort F_r dans une phase de charge de l'accumulateur.

On donne :

- $p_{1min} = 14,8 \text{ Mpa}$
- $p_{1max} = 17,5 \text{ Mpa}$
- $S_1 = 420 \text{ mm}^2$
- $S_2 = 840 \text{ mm}^2$
- $F_{rmin} = 3500 \text{ N}$
- $F_{rmax} = 3800 \text{ N}$



Q5- Si on néglige les résistances passives, déterminer les évolutions possibles de pression p_2 dans la chambre 2 de section S_2 . Discutez selon les cas.

4- Validation du modèle / Estimation des résistances passives

4.1 Validation du modèle

Sur la station, effectuer une mesure en tournant le volant de manière à aller de la position ligne droite à la butée gauche (du volant), en environ 10s, le système de réglage étant inactif.

Tracer un graphe faisant apparaître p_1 (pression accumulateur) et p_2 (pression vérin) sur une même échelle. Imprimer le graphe.

Q6- Commenter cette courbe en indiquant notamment les phases de fonctionnement de la pompe. Comparer les valeurs des pressions aux valeurs théoriques.

4.2 Estimation des résistances passives

Sur un autre graphe avec F_r . Tracer sur le même graphe l'effort développé par le vérin à l'aide de la fonction formule $y = \sqrt{\quad}$. Imprimer.

Q7- Commenter le graphe. Expliquer ce que traduit l'écart entre ces deux courbes.

Q8- Tracer l'évolution des résistances passives en fonction de la translation de la crémaillère. Imprimer la courbe.

Q9- Le constructeur a conçu une direction assistée capable d'absorber jusqu'à 1500 N de pertes. Les résultats obtenus sont-ils en accord avec le cahier des charges ?

5- Etude de l'aspect hydraulique

5.1 Débit de fluide

On souhaite que la quantité de fluide nécessaire au déplacement du vérin soit identique lors d'un mouvement vers la droite ou vers la gauche.

On supposera que la vitesse de déplacement du vérin est la même d'un côté comme de l'autre. On notera V cette vitesse. On rappelle que le débit de fluide dans une conduite vaut le produit de la vitesse de déplacement du fluide par la section de la conduite.

Q10- Quelle doit être la valeur du rapport des sections k pour que le débit de fluide délivré par l'accumulateur soit identique lors d'un même déplacement du vérin crémaillère à droite et à gauche ?

5.2 Verrouillage hydraulique

La direction assistée a la particularité d'être verrouillée hydrauliquement. C'est à dire que seule une action sur le volant peut provoquer le déplacement du tiroir. Une action extérieure sur les roues (choc,...) provoque une augmentation de la pression à l'intérieur du vérin.

Q11- Montrer que quelle que soit la position du tiroir, une augmentation des pressions ne peut pas le mettre en mouvement. On montre ainsi que seule une action sur le volant peut provoquer le déplacement du tiroir et donc la rotation des roues.

