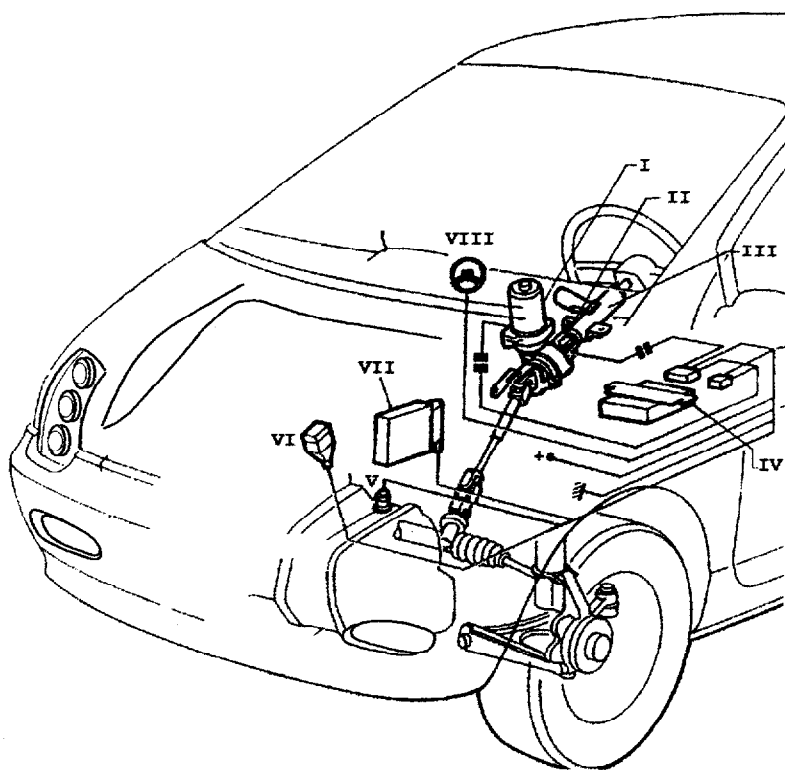


SECOND THEME : DIRECTION A ASSISTANCE ELECTRIQUE : DAE

A – MISE EN SITUATION DU PRODUIT

Les fortes contraintes d'encombrement dans le compartiment moteur, la réduction des coûts de fabrication ainsi que la recherche d'économie en énergie embarquée ont motivé l'exploration vers des assistances de direction utilisant l'énergie électrique. Cette énergie électrique est consommée uniquement en phase d'assistance contrairement à une pompe de direction assistée hydraulique qui est entraînée en permanence par le moteur.

L'assistance apportée par la DAE permet de réduire les efforts tout particulièrement en manœuvre de parking et à basse vitesse.



- I. Moteur électrique d'assistance
- II. Capteur de couple
- III. Colonne de direction
- IV. Calculateur de la DAE
- V. Capteur de vitesse

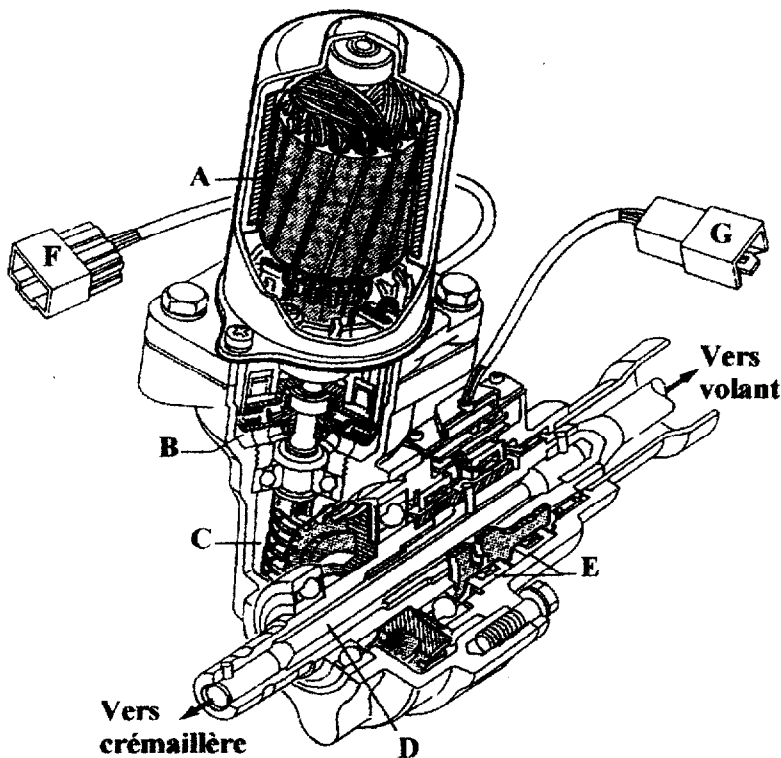
B – PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

La DAE assiste les efforts de direction dès la sollicitation du volant. Lorsqu'un couple est appliqué au volant, celui-ci est transmis mécaniquement à la crémaillère et électriquement au calculateur sous forme d'un signal émis par le capteur de couple. Le couple d'assistance est fourni à l'aide d'un moteur électrique, s'additionnant au couple volant appliqué par le conducteur.

Le calculateur fournit au moteur électrique un courant d'alimentation en fonction :

- du couple au volant
- de la vitesse véhicule.

Le système de direction assistée électrique est monté sur une crémaillère de direction classique. Un embrayage puis un réducteur à roue et vis sans fin transmettent l'effort d'assistance du moteur électrique à la colonne.



- A. Moteur électrique d'assistance
- B. Embrayage électromagnétique
- C. Réducteur roue et vis sans fin
- D. Barre de torsion
- E. Bobines de détection d'écart angulaire sur la barre de torsion
- F. Connecteur moteur et embrayage
- G. Connexion détecteur

C – OBJET DE L'ETUDE

Il s'agit d'évaluer le couple maximal exercé sur la colonne de direction vers la crémaillère. Cette situation fréquente en manœuvre de parking correspond aux conditions suivantes :

- Braquage à l'arrêt (Vitesse véhicule = 0)
- Véhicule en charge maxi
- Conditions d'adhérence élevée.

Objectif :

La connaissance du couple maximal exercé sur la colonne permettra de dimensionner les éléments de la chaîne cinématique de cette direction et plus particulièrement :

- Le moteur électrique qui délivre le couple d'assistance.
- La barre de torsion dont la déformation angulaire est l'image du couple exercé sur le volant.

D - DONNEES D'ETUDE

Modélisation cinématique du système :

Le système pignon 6 /crémaillère 5 transforme le mouvement de rotation du volant en mouvement de translation de la crémaillère par rapport au châssis 0' du véhicule.

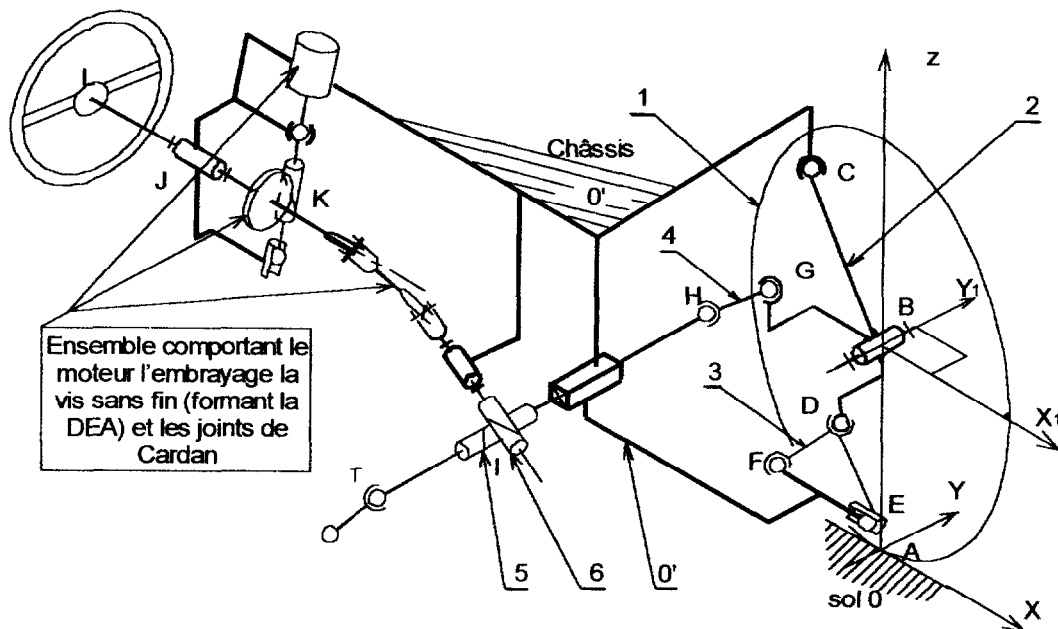
La crémaillère 5 déplace à ses extrémités des biellettes 4 qui déterminent le pivotement des porte moyeux 2 réalisant ainsi le braquage des roues directrices 1.

Les biellettes 4 sont reliées au bras des portes moyeux 2 d'une part et à la crémaillère 5 d'autre part par des rotules.

Le porte moyeu 2 est constitué d'un bras et du moyeu de roue.

La roue est liée par une liaison pivot d'axe \vec{B}, \vec{Y}_1 au porte moyeu 2.

Le repère $\vec{B}, \vec{X}_1, \vec{Y}_1, \vec{Z}$ est lié à la roue 1.

**Remarque :**

- A : centre de la liaison sol 0 / roue 1.
- B : centre de la liaison pivot 2/1 d'axe \vec{Y}_1 .
- C : centre de la liaison sphérique 2/0'.
- D : centre de la liaison sphérique 2/3.
- E : centre de la liaison sphère/cylindre 3/0' d'axe \vec{X} .
- F : centre de la liaison sphérique 3/0'.
- G : centre de la liaison sphérique 2/4.
- H : centre de la liaison sphérique 4/5.

Hypothèses d'étude :

- La voiture est à l'arrêt au moment du braquage (manœuvre de parking). Pour simplifier l'étude on admettra que le comportement cinématique de la roue durant le braquage est le suivant :
 - La roue ne tourne pas autour de l'axe de son moyeu \vec{B}, \vec{Y}_1 (pas de rotation de $\frac{1}{2}$, $\omega_{Y1} = 0$) donc l'ensemble roue 1 plus porte moyeu 2 sera assimilé à un solide.
- Le poids propre des pièces est négligé.
- La répartition du poids de la voiture sur le train est symétrique par rapport au plan longitudinal.
- Les liaisons sont supposées parfaites, sauf la liaison sol/roue.
- En début de braquage les roues sont parallèles au plan longitudinal de symétrie.
- Les résistances au roulement sont négligées ($\vec{M}_{A(sol/roue)}, \vec{Y}=0$)

Caractéristiques techniques :

- La composante normale de l'action du sol sur chacune des roues avant a pour valeur 2300 N.
- Le «coefficient de frottement longitudinal» d'un pneu par rapport au sol est : $\tan\varphi = 0,9 = \mu_L$.
- Points caractéristiques du train avant dans le repère $O, \vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z}$ **repère de travail pour la partie statique 1 :**

Points	X	Y	Z
A	0	633,9	0
B	0	633,9	250
C	-5	550,8	730
D	0	625,3	160
E			160
F			160
G	-111,4	613,9	250
H	-161,3	240,6	300

E – TRAVAIL DEMANDE

Une étude du contact du sol-roue nous permet de déterminer que l'action du sol 0 sur la roue 1 est de la forme :

$$[A_{0/1}]_A = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 2300 & 70 \end{bmatrix}_{(x,y,z)} \quad \text{unités N et Nm}$$

1. DETERMINATION DU COUPLE NECESSAIRE SUR LA COLONNE DE DIRECTION LORS DU BRAQUAGE.

Hypothèses de travail

- Nous considérons l'engrènement pignon/crémaillère comme étant un engrenage à denture droite.
- Caractéristique du pignon et de la crémaillère :
Diamètre primitif pignon D_6 : 20 mm ; angle de pression : 20°
contact considéré comme ponctuel (sphère plan) au point I.
- Les roues sont parallèles au plan longitudinal de symétrie.
- La crémaillère est en liaison glissière d'axe \vec{Y} par rapport châssis.
- La crémaillère admet un plan de symétrie (I, \vec{Y}, \vec{Z}) .

1.1. Compléter le graphe des liaisons document réponse page 16

1.2. Etude de l'équilibre de la biellette 4 :

Les actions en G de 2 sur 4 peuvent se mettre sous la forme : $[G_{2/4}]_G = \begin{Bmatrix} X_G & 0 \\ Y_G & 0 \\ Z_G & 0 \end{Bmatrix}_{(x,y,z)}$.

Etudier l'équilibre statique de la biellette 4 et montrer que l'on a :

$$X_G = 0,134.Y_G \text{ et } Z_G = -0,134.Y_G.$$

1.3. Etude de l'équilibre du triangle inférieur 3.

Montrer que l'action en D de 2 sur 3 n'a pas de composante sur \vec{Z} ($Z_D = 0$) ; on remarquera que les trois points D, E et F du triangle sont dans un plan perpendiculaire à \vec{Z} .

1.4. Etude de l'équilibre de l'ensemble 1 + 2 :

- Exprimer les torseurs des actions mécaniques extérieures à 1+2.
- Ecrire les équations découlant de l'application du Principe Fondamental de la Statique (PFS) appliqué au point C..
- Déterminer complètement les composantes de l'action mécanique de 4 sur 2 au point G représentées par le torseur $[G_{4/2}]$.

1.5. On donne : $[G_{4/2}]_G = \begin{Bmatrix} 86 & 0 \\ 642 & 0 \\ -86 & 0 \end{Bmatrix}_{(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})}$ unités N et Nm

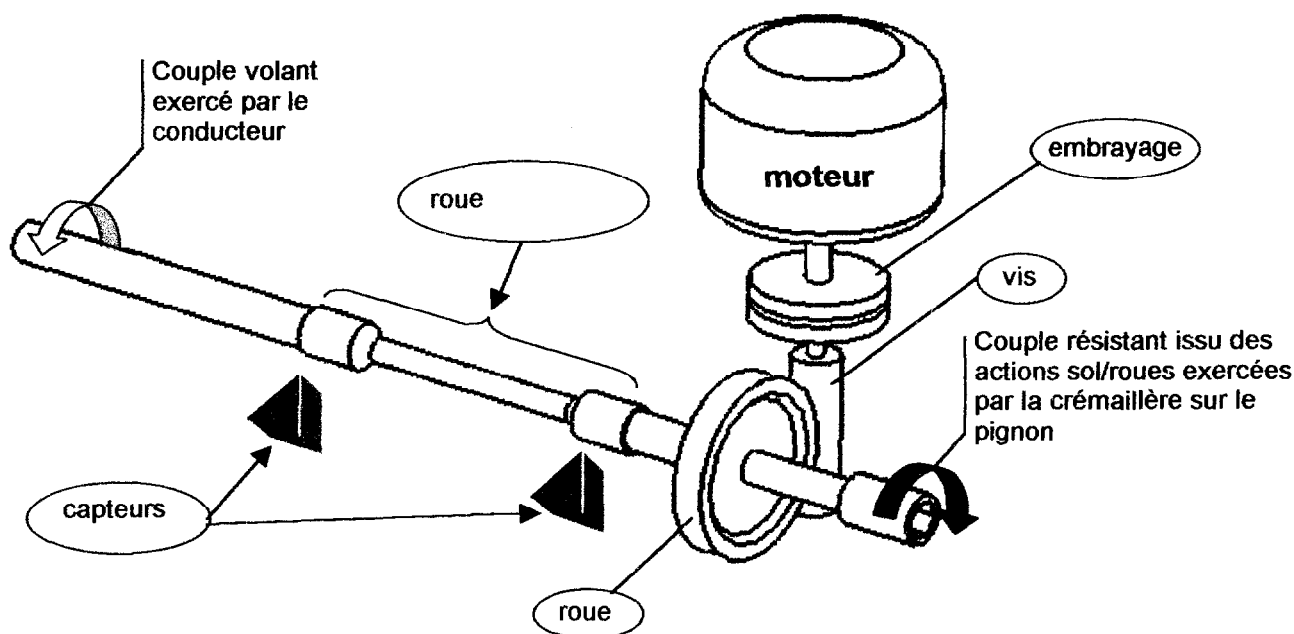
- En déduire les composantes du torseur $[H_{4/5}]$ des actions mécaniques de 4 sur 5 au point H.

1.6. Déterminer la composante tangentielle (portée par \vec{Y}) de l'effort transmis par la crémaillère sur le pignon. On admet que les composantes axiales des actions des biellettes 4 sur la crémaillère 5 sont égales.

1.7. En déduire la valeur absolue du moment transmis sur l'axe du pignon 6.

2 Dimensionnement de la barre de torsion:

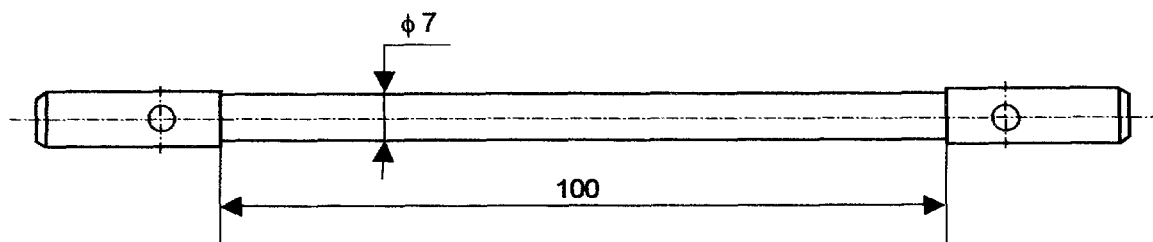
Mise en situation :



caractéristiques de la barre de torsion :

$G = 8 \cdot 10^4 \text{ MPa}$

$I_0 = (\pi d^4) / 32$



2.1. Déterminer la déformation angulaire α de la barre de torsion pour un couple au volant $M_t = 5 \text{ Nm}$ afin de définir la sensibilité angulaire des capteurs.

2.2. Calculer la contrainte maximale de torsion τ_{maxi} pour $M_t = 5 \text{ Nm}$.

3 Dimensionnement de l'ensemble moto-réducteur :

Conditions d'étude :

- Le couple résistant du pignon sur la crémaillère est de 13 Nm
- Le couple exercé par le conducteur sur le volant est de 3Nm
- On néglige les inerties.
- Caractéristiques du système roue et vis sans fin :

$\beta_{roue} = 16^\circ$, $Z_{roue} = 33$ dents, module normal (ou réel) $m_n = 2$ mm, $d_{roue} = 68,66$ mm, $Z_{vis} = 2$ filets, $d_{vis} = 13,07$ mm
 $f = 0,085$ coefficient de frottement roue et vis sans fin.

On rappelle que le rendement d'un système roue-vis sans fin est :

$$\eta = \frac{\tan\beta_{roue}}{\tan(\beta_{roue} + \varphi)}$$

- 3.1. Ce système roue et vis sans fin est-il réversible, pourquoi ?
- 3.2. Déterminer le couple fourni par le moteur sur la vis du réducteur.
- 3.3. L'alimentation électrique du moteur, pilotée par le calculateur, diffère selon les situations de braquage. Dans les manœuvres de parking on considère qu'une rotation du volant de 710° est effectuée en 2 secondes. Déterminer la vitesse de rotation du moteur correspondante en rad/s et en tr/min.
- 3.4. Lors des manœuvres d'évitements la vitesse de rotation doit être du double. Déterminer la puissance mécanique fournie par le moteur dans ce cas.
- 3.5. Le constructeur du moteur indique que dans les conditions de fonctionnement de la question 3.4; le couple fourni est de 0,033 Nm/A avec une tension de 12V.
 - Calculer l'intensité maximale I_{max} consommée par le moteur pour choisir un fusible adapté.
 - En déduire la puissance électrique consommée P_{elec}
 - Calculer le rendement du moteur $\eta_{mot.élec.}$

Document réponse à rendre avec la copie

Compléter le graphe des liaisons entre les pièces du train avant
Indiquer le nom de chacune des liaisons

