

**Objectif du TP :**

- Déterminer la fonction de transfert d'un système par une analyse harmonique ( fréquentielle)
- Comparer le réel au modèle.

**I. STRUCTURE DE LA DIRECTION**

Constitution du système DAE (Direction assistée électrique)

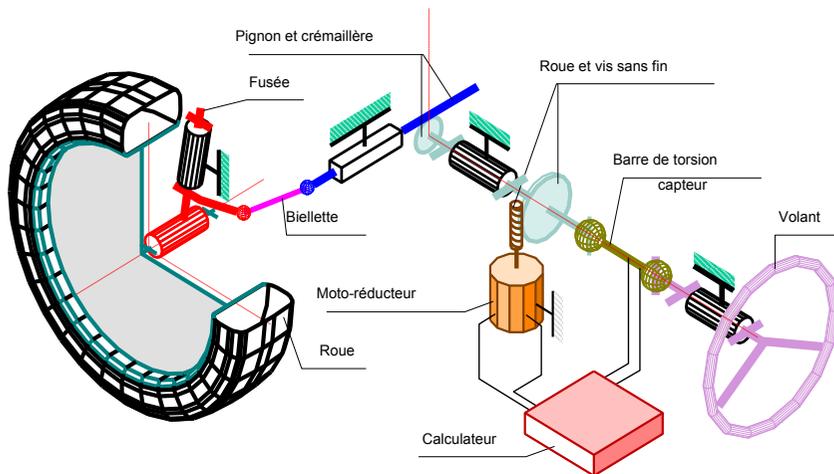
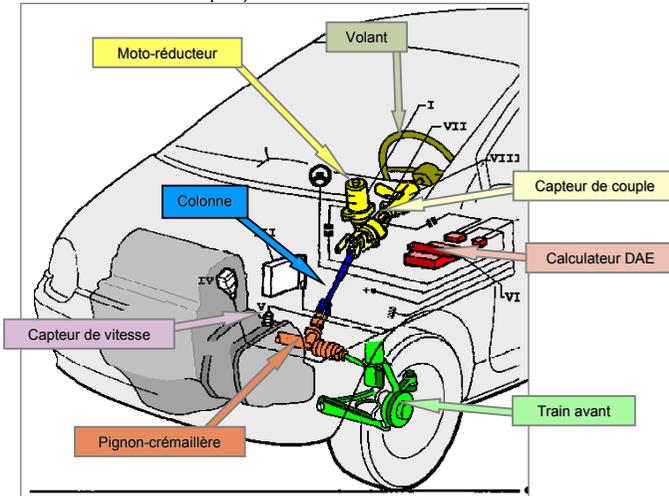
Les composants essentiels du système DAE définis ci-contre.

Un calculateur permet, à partir de paramètres mesurés sur le véhicule, de mettre en action le moto-réducteur pour assister le conducteur dans ses manoeuvres de parking ou à basse vitesse.

L'ensemble d'assistance est localisé à la partie supérieure du mécanisme de direction :

- capteur
- moto réducteur
- calculateur

La représentation schématique ci-dessous montre les liens entre les éléments de l'ensemble.



L'assistance est réalisée par l'intermédiaire du moto réducteur :

⇒ **en fonction du couple au volant :**

Le système doit assister le conducteur dès la mise en rotation du volant.

Un capteur informe le calculateur de l'intensité du couple exercé sur le volant.

Le moto réducteur est alors commandé en fonction du couple exercé par l'utilisateur.

⇒ **en fonction de la vitesse du véhicule :**

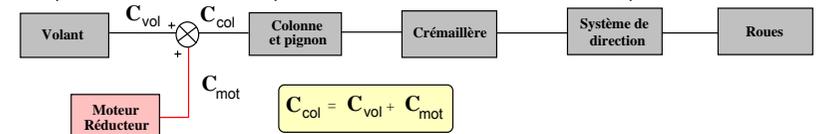
Une assistance élevée offre un confort de manoeuvre à l'arrêt ou à faible vitesse.

Elle n'est plus nécessaire à haute vitesse car les braquages sont réduits et également pour des raisons de précision et de sécurité de conduite.

A partir du seuil de vitesse (environ 74 km/h) où le confort de la direction traditionnelle est suffisant, le moteur électrique n'est plus alimenté.

Le système doit assister le conducteur dès la mise en rotation du volant.

Le **couple d'assistance, fourni par le moto réducteur, s'ajoutera au couple exercé par le conducteur** pour former le couple effectivement transmis par la colonne de direction à la crémaillère, puis aux roues.



L'assistance est habituellement gérée par un calculateur interne qui :

- reçoit l'information du capteur de couple (image de l'effort exercé sur le volant)
- corrige cette information en fonction de la vitesse du véhicule et du régime moteur.
- transmet la commande au moteur d'assistance.

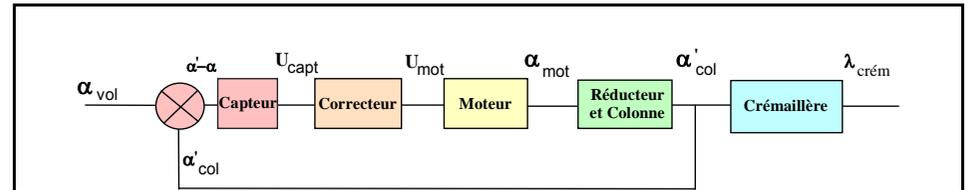
Comme il n'est pas possible d'avoir accès au programme du calculateur interne (protection industrielle), il a été remplacé par la valise d'asservissement associée à un micro-ordinateur.

C'est le micro ordinateur qui calcule la commande moteur en fonction de l'information capteur de couple uniquement.

Le rôle de la valise d'asservissement est alors de :

- acquérir l'information capteur de couple et la transmettre au micro-ordinateur.
- transmettre la commande au moteur d'assistance en fonction de l'information fournie par le micro-ordinateur.

Le système de direction assistée peut alors être modélisé par le schéma bloc suivant :

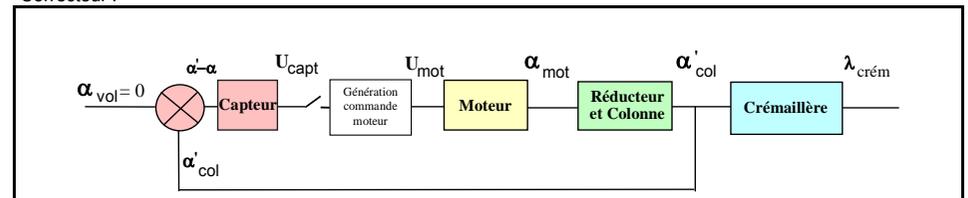


La fonction comparateur et capteur est réalisée par le même élément mécanique « le capteur de couple ».

Le bloc correcteur modélise l'ensemble valise asservissement et micro ordinateur, avec entrée le signal  $U_{capt}$  et en sortie le signal  $U_{mot}$ .

Afin d'optimiser le fonctionnement en boucle fermée et de régler le bloc correcteur, il est d'abord nécessaire d'identifier le comportement du système en boucle ouverte.

Comme le comparateur et le capteur sont réalisés par le même élément mécanique, il n'est donc pas possible d'ouvrir la chaîne dans la boucle de retour. L'ouverture de la boucle est donc réalisée au niveau du bloc Correcteur :



La fonction de l'ensemble valise et micro ordinateur en mode « boucle ouverte » est alors de :

- Générer un signal de commande  $U_{mot}$  :
  - sinusoïdal pour étudier la réponse harmonique.
  - échelon pour étudier la réponse temporelle.
- Acquérir le signal mesuré par le capteur de couple  $U_{capt}$ .

Pour analyser la réponse du système en boucle ouverte, la consigne du volant restera nulle ( $\alpha_{vol} = 0$ ). Le volant sera donc bloqué mécaniquement à l'aide du Neimann et des masses de 10 Kg. Ces masses sont nécessaires afin de supprimer le jeu qui existe lorsque le Neimann est bloqué.

La fonction de transfert en « boucle ouverte » de la DAE sera donc

$$\frac{Signal_{mesuré}}{Signal_{commandé}} = \frac{U_{capt}}{U_{mot}}$$

## II. Etude expérimentale.

Choisir le mode « Boucle Ouverte ».

Vérifier que la tension de commande de référence est 0V.

Programmer un signal sinusoïdal d'amplitude 1V et de fréquence 1 Hz.

Lancer la mesure et vérifier que le comportement du système est correct.

A l'écran, deux courbes s'affichent :

- en rouge, le signal de commande qui est une sinusoïde parfaite.
- en bleu, le signal mesuré par le capteur de couple qui est une « sinusoïde » déformée.

- Relevez pour le régime établi, l'amplitude et le déphasage de la sortie par rapport au signal d'entrée.
- Reportez les résultats dans un tableau pour différente valeur de fréquence (pour les hautes fréquences 20 et 30 hertz augmenter l'amplitude de l'entrée)

Fréquence (Hz)	1	2	5	8	10	13	15	20	30
pulsation $\omega$ (log)	0,00	0,30	0,70	0,90	1,00	1,11	1,18	1,30	1,48
Amplitude d'entrée (V)	1	1	1	1	1	1	1	2	2

Amplitude Mesurée (V)

Amplitude de sortie (V)									
Gain (dB)									
Retard (ms)									
Déphasage (°)									

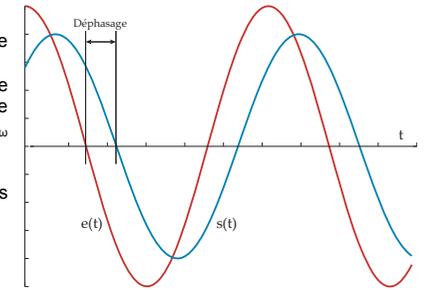
## III. Analyse.

- Tracez les diagrammes de Bode du système
- Le système possède-t-il une résonance?
- Pouvez-vous estimer l'ordre du système? Précisez les critères de choix.
- En déduire la pulsation de cassure.
- Déterminez les caractéristiques de la fonction de transfert en boucle ouverte du système.
- Tracer cette fonction de transfert, comparer le modèle théorique et expérimentale.

## Annexe : Diagramme de Bode :

Considérons un système linéaire soumis à une entrée sinusoïdale :  $e(t) = e_0 \sin(\omega t)$

On montre qu'après extinction du régime transitoire, la réponse  $s(t)$  est sinusoïdale de même pulsation, mais avec une amplitude  $s_\omega$  et une phase  $\phi_\omega$  fonctions de la pulsation :  $s(t) = s_\omega \sin(\omega t + \phi_\omega)$

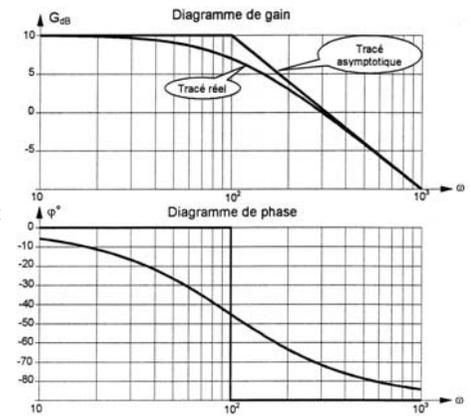


Pour chaque valeur de  $\omega$ , on va définir les deux quantités suivantes :

le gain  $G_\omega = \frac{s_\omega}{e_0}$

la phase  $\phi_\omega$

On caractérise ainsi l'évolution du gain et de la phase en fonction de la pulsation.



Soit  $H(p)$  la fonction de transfert d'un système linéaire.

On peut démontrer qu'en remplaçant la variable  $p$  de Laplace par  $j\omega$ , cette fonction de transfert s'écrit :

$$H(j\omega) = \frac{S_\omega}{e_0} e^{j\phi_\omega}$$

$H(j\omega)$  est un nombre complexe : de module  $|H(j\omega)| = G_\omega$  et

d'argument  $\arg(H(j\omega)) = \phi_\omega$

**Diagramme de Bode** : au nombre de deux, ces diagrammes représentent les variations de gain  $|H(j\omega)|$  en décibel et de phase  $\arg(H(j\omega))$  en degré en fonction de la pulsation en radian par seconde tracée sur une échelle logarithmique. On se contente dans la majorité des cas d'un tracé asymptotique.

Allures des tracés pour un premier et un second ordre :

