

Dernière mise à jour	TP Méca	Denis DEFAUCHY
20/02/2017	Etude DAE	Sujet

## ***DAE : Direction Assistée Electrique***



Une direction automobile doit permettre d'assurer au maximum une condition de roulement sans glissement au contact entre les roues et le sol. Nous ne nous intéresserons qu'à des véhicules à 4 roues dont la direction des deux roues arrière est fixe. Assurer le roulement sans glissement au contact roues/sol passe forcément par la maîtrise précise de l'orientation des deux roues avant en virage (cf TD de première année). On supposera que les roues sont parfaitement droites en ligne droite, ce qui n'est pas exactement le cas dans la réalité.

### ***Objectifs***

On souhaite vérifier certains critères du cahier des charges de la direction présentés dans le tableau ci-dessous :

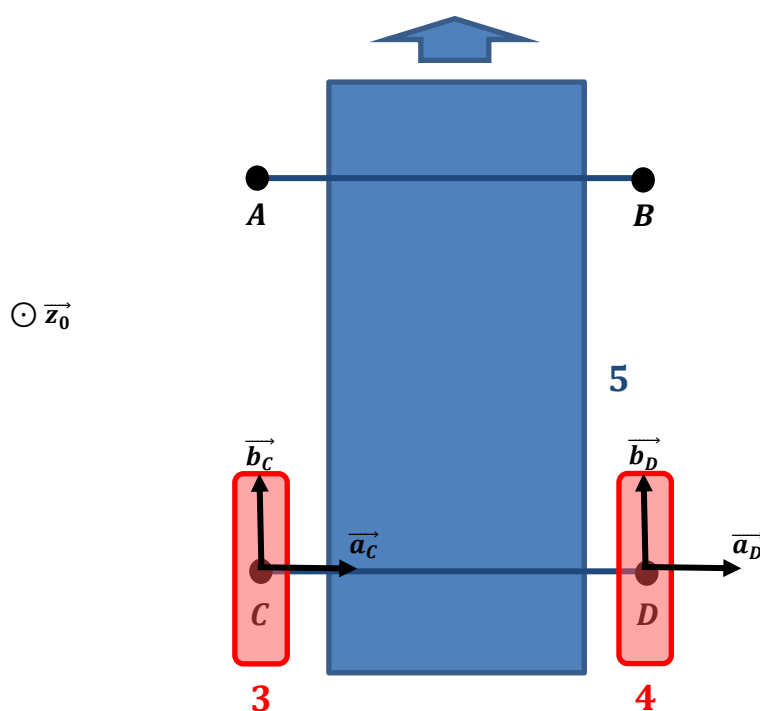
Extrait du cahier des charges		
Critère	Niveau	Flexibilité
Diamètre nécessaire au véhicule pour effectuer un demi-tour	10 m	Minimum
Rotation volant	4 tours	5%
Assurer le roulement sans glissement aux 4 contacts roue/sol	RAS	RAS

Dernière mise à jour	TP Méca	Denis DEFAUCHY
20/02/2017	Etude DAE	Sujet

## *Etude théorique*

Vous trouverez sur mon site un TD de première année ([Lien](#)) traitant de la problématique d'orientation des roues d'un véhicule à 4 roues dont la direction des roues arrière est fixe afin d'assurer le roulement sans glissement des 4 roues en virage. On propose ici de reprendre quelques points de ce TD.

**Question 1: Identifier sur la figure suivante le lieu des centres de rotation du véhicule par rapport au sol et tracer des exemples d'orientation des roues avant pour différentes positions de ce centre**



**Question 2: L'orientation des deux roues avant est-elle identique à tout instant ? Lors d'un virage, comparer les orientations des roues intérieure et extérieure au virage**

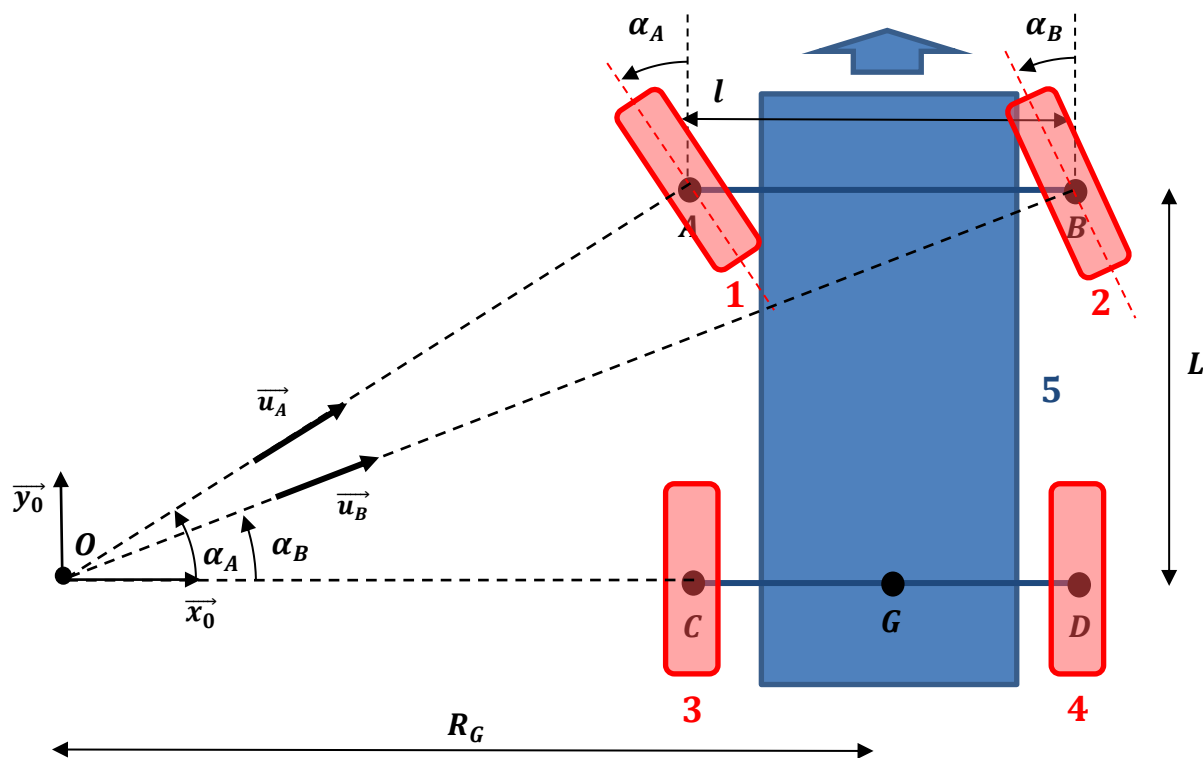
**Question 3: Est-il nécessaire d'étudier l'intégralité du mécanisme de transformation de mouvement du volant aux deux roues ou peut-on réduire l'étude à une seule roue ? Justifier**

**Question 4: Si on écrit  $\alpha_A(\delta) = f(\delta)$  où  $\delta$  est le déplacement de la crémaillère par rapport à sa position lorsque la voiture va en ligne droite, comment peut-on exprimer  $\alpha_B(\delta)$  – Choisir la bonne solution – Justifier à l'aide d'une phrase claire et d'un schéma**

$\alpha_B(\delta) = f(\delta)$	$\alpha_B(\delta) = f(-\delta)$	$\alpha_B(\delta) = -f(\delta)$	$\alpha_B(\delta) = -f(-\delta)$
--------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	----------------------------------

Dernière mise à jour 20/02/2017	TP Méca Etude DAE	Denis DEFAUCHY Sujet
------------------------------------	----------------------	-------------------------

On propose le paramétrage suivant :



**Question 5:** Déterminer l'expression de  $R_G$  en fonction de  $\alpha_A$ ,  $L$  et  $l$  puis de  $\alpha_B$ ,  $L$  et  $l$  pour un virage à gauche et à droite

**Question 6:** En vous aidant des données fournies en annexe, identifier  $l$  et  $L$  sur la direction étudiée

*Remarque :* les valeurs extrêmes de  $\alpha_A$  et  $\alpha_B$  données sont des approximations – On trouvera donc  $L$  autrement qu'avec les formules de la question précédente

Dernière mise à jour	TP Méca	Denis DEFAUCHY
20/02/2017	Etude DAE	Sujet

## ***Modélisation et paramétrage***

On se limitera dans la suite à une représentation plane du système en prenant comme entrée la translation de la crémaillère  $\lambda_{10}$  évoluant positivement lorsque la crémaillère est déplacée vers la gauche (virage à droite) et en sortie la rotation de la pièce supportant la roue gauche  $\theta_{30}$  et donc in fine la rotation de la roue gauche  $\alpha_A$ .

On dessinera  $\vec{x}_0$  vers la droite et  $\vec{y}_0$  vers le haut et on représentera le système d'orientation de la roue gauche vu de dessus, avant de la voiture vers le haut.

Bien que le pignon de la crémaillère ne soit pas au centre de celle-ci lorsque les roues sont droites, on supposera que celui-ci est exactement au milieu et on prendra l'origine de la mesure de  $\lambda_{10}$  en ce point.

**Question 7: En vous aidant du système réel, proposez un schéma cinématique plan et paramétré du système d'orientation de la roue gauche accompagné de son graphe des liaisons**

*On remarquera qu'il existe un angle fixe que l'on appellera  $\alpha_3$  inconnu entre la direction de la bielle 3 supportant la roue et la direction de la roue. Cet angle non orienté sera défini sur le modèle et sera déterminé avec python un peu plus tard.*

Avant d'aller plus loin, vous validerez l'intégralité du modèle et du paramétrage choisis.

Dernière mise à jour	TP Méca	Denis DEFAUCHY
20/02/2017	Etude DAE	Sujet

## ***Relations et données utiles pour la suite***

**Question 8:** Exprimer  $\alpha_A$  en fonction de  $\theta_{30}$  et  $\alpha_3$

**Question 9:** En vous aidant des données fournies en annexe, identifier les 4 longueurs fixes apparaissant normalement dans votre modèle

**Question 10:** En vous aidant des données fournies en annexe, identifier la longueur initiale  $\lambda_{10}^0$  lorsque les roues sont droites en supposant que dans ce cas, on a une symétrie parfaite du mécanisme

Nous verrons par la suite que la connaissance de cette donnée nous permettra de déterminer l'angle  $\alpha_3$ .

On appelle  $\delta_{10}$  la translation de la crémaillère autour de sa position d'équilibre  $\lambda_{10}^0$ . Pour la suite, on parlera de translation de la crémaillère comme étant cette translation autour de sa position d'équilibre.

**Question 11:** Donner l'expression de  $\delta_{10}$  en fonction de  $\lambda_{10}^0$  et de  $\lambda_{10}$

**Question 12:** En vous aidant des données fournies en annexe, compléter les valeurs numériques du tableau suivant

*Remarque : on veillera à bien interpréter les valeurs positives et négatives  $-39^\circ$   $-30^\circ$   $39^\circ$  et  $30^\circ$  afin de compléter correctement la colonne pour  $\alpha_A$*

Crémaillère en butée coté...	Sens du virage	$\delta_{10}$	$\alpha_A$

Remarque importante : comme précisé plus haut, les valeurs d'angles  $\alpha_A$  et  $\alpha_B$  sont approximatives, ce qui est connu explicitement, c'est la course du vérin.

On donne le rayon du pignon monté sur la crémaillère :  $r = 5 \text{ mm}$

On suppose la rotation du volant nulle en ligne droite.

**Question 13:** Donner la relation entre la rotation du volant  $\theta_v$  et la translation de la crémaillère  $\delta_{10}$

## ***Résolution géométrique***

**Question 14:** Déterminer la relation entre  $\lambda_{10}$  et  $\theta_{30}$

**Question 15:** Peut-on simplement exprimer une relation explicite  $\theta_{30} = f(\lambda_{10})$

Dernière mise à jour	TP Méca	Denis DEFAUCHY
20/02/2017	Etude DAE	Sujet

## ***Exploitation de la relation implicite avec Python pour la détermination de constantes***

On souhaite tracer la relation entre la rotation de la roue gauche  $\alpha_A$  et la translation  $\delta_{10}$  de la crémaillère par rapport à sa position en ligne droit. Il nous manque donc la valeur de l'angle  $\alpha_3$  orientant les roues. Nous allons donc le déterminer.

**Question 16: Déterminer l'expression de la translation d'entrée  $\lambda_{10}^0$  lorsque les roues sont droites en fonction des longueurs fixes et de l'angle  $\alpha_3$**

**Question 17: En déduire l'équation que l'angle  $\alpha_3$  doit vérifier sous la forme  $f_1(\alpha_3) = 0$**

**Question 18: En utilisant Python, déterminer par dichotomie la valeur de  $\alpha_3$  solution de cette équation**

Attention :

- Prenez garde à vérifier dès le départ qu'il y a une solution (une valeur négative et une valeur positive) afin d'éviter certaines erreurs de code
- Faites attentions aux unités (degrés, radians)
- Recherchez l'angle dans un intervalle logique afin d'éviter des solutions fausses ou inexistantes ! Allez regarder la manipe

On souhaite déterminer les valeurs extrêmes de  $\alpha_A$  pour une translation de crémaillère  $\delta_{10}$  connue.

**Question 19: Exprimer  $\delta_{10}$  en fonction de l'angle  $\alpha_A$  et des différentes valeurs connues du problème**

**Question 20: En déduire l'équation que l'angle  $\alpha_A$  doit vérifier connaissant  $\delta_{10}$  sous la forme  $f_2(\alpha_A) = 0$**

**Question 21: En utilisant le code python mis en place, déterminer les valeurs extrêmes de  $\alpha_A$  connaissant les valeurs extrêmes de  $\delta_{10}$**

Attention :

- Faites attentions aux unités (degrés, radians)
- Recherchez l'angle dans un intervalle logique afin d'éviter des solutions fausses ou inexistantes ! Allez regarder la manipe

Dernière mise à jour	TP Méca	Denis DEFAUCHY
20/02/2017	Etude DAE	Sujet

## *Mise en place du fichier d'étude*

Pour simplifier votre travail, vous avez à disposition un fichier Excel pré rempli ([Lien](#)) qui permettra de définir les deux valeurs extrêmes de  $\alpha_A$  et d'obtenir en entrée un angle variant de la première à la seconde automatiquement.

Remarque : si vous l'ouvrez avec Open Office, pour pouvoir le modifier, il vous faudra d'abord le réenregistrer, il vous demandera sous quel format, choisissez ODF. Il devient alors modifiable.

**Question 22: Ouvrir et compléter les cases bleues du fichier proposé avec les 4 longueurs fixes de votre modèle, les deux valeurs extrêmes de l'angle  $\alpha_A$ , la valeur de  $\lambda_{10}^0$ , la valeur de  $\alpha_3$ , les longueurs  $l$  et  $L$  et le rayon  $r$**

**Question 23: Créer les colonnes nécessaires afin d'obtenir l'évolution de  $\delta_{10}$  en fonction de  $\alpha_A$**

Vous vérifierez que  $\delta_{10}$  va bien de -65 à 65 mm.

**Question 24: Tracer la courbe représentant la rotation de la roue gauche  $\alpha_A$  en fonction de la translation  $\delta_{10}$  de la crémaillère**

**Question 25: Après avoir réfléchi et ajouté les bonnes colonnes, ajouter à la courbe précédente la courbe représentant la rotation de la roue droite  $\alpha_B$  en fonction de la translation  $\delta_{10}$  de la crémaillère**

*On remarquera que pour une même ligne de votre fichier, les valeurs de  $\alpha_A$  et  $\alpha_B$  ne correspondent pas à la même translation de crémaillère, mais l'opposée.*

On appelle  $R_G^A$  et  $R_G^B$  les rayons de virage réellement obtenus pour chacune des roues.

**Question 26: Ajouter des colonnes correspondant aux rayons de virages  $R_G^A$  et  $R_G^B$  de chacune des deux roues en tenant compte du virage à gauche en fonction de  $\delta_{10}$**

*On veillera à tracer  $R_G^A$  avec pour abscisses la colonne  $\delta_{10}$  et surtout,  $R_G^B$  en fonction de la colonne  $-\delta_{10}$  associée à l'abscisse de l'angle  $\alpha_B = -\alpha_A$  qui a servi pour la formule de calcul de  $R_G^B$ .*

Dernière mise à jour	TP Méca	Denis DEFAUCHY
20/02/2017	Etude DAE	Sujet

## ***Validation du cahier des charges***

**Question 27:** Commentez ces courbes et vérifiez le critère du cahier des charges concernant le roulement sans glissement assuré aux contacts des roues avant avec le sol

**Question 28:** Déterminer le rayon de virage minimum obtenu par cette direction

**Question 29:** En déduire une valeur approchée du diamètre nécessaire au véhicule pour effectuer un demi-tour et conclure vis-à-vis du cahier des charges

**Question 30:** Vérifier le critère de rotation volant du cahier des charges

## ***Expérimentation***

Attention :

- Le logiciel se trompe et inverse la mesure des angles gauche et droite !!!
- Les tours minutes du fichier Excel généré sont en fait bien évidemment des degrés

**Question 31:** Mettre en œuvre le système afin d'obtenir la courbe d'évolution de la rotation des roues gauche et droite en fonction de la translation de la rotation volant

**Question 32:** Exporter les données sur Excel et copier/coller les mesures dans votre fichier d'étude

**Question 33:** Ajouter une colonne permettant d'obtenir la position de la crémaillère connaissant la rotation volant en supposant cette rotation nulle en ligne droite

**Question 34:** Tracer sur le même graphique les rotations théoriques et expérimentales des deux roues en fonction de  $\delta_{10}$

**Question 35:** On observe une plage de variation de  $\delta_{10}$  différente de 130 mm, comment expliquer cela ? Proposer une correction des valeurs de  $\delta_{10}$  permettant d'obtenir la bonne plage de variation

**Question 36:** Après avoir expliqué l'origine des différences encore observées entre résultats théoriques et expérimentaux, faites-en sorte de « recalibrer » chacune des courbes en abscisses d'abord (symétrie de la variation) puis en ordonnée

**Question 37:** Comparer les résultats expérimentaux aux résultats théoriques

## ***Modélisation***

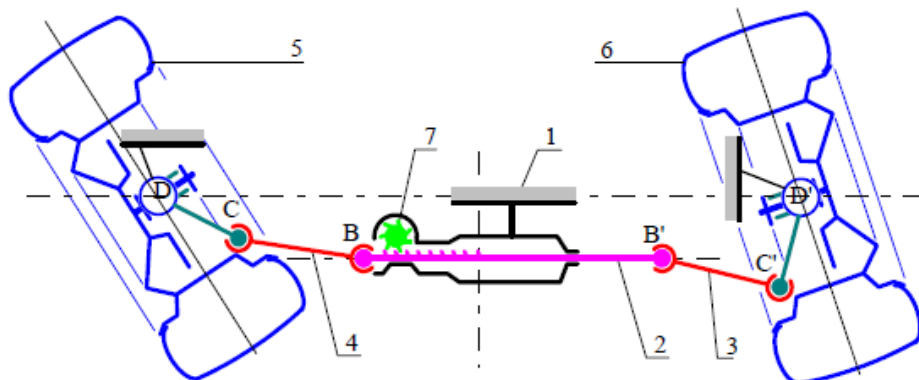
**Question 38:** Mettre en place un modèle du système sous SolidWorks

**Question 39:** Vérifier que la relation entrée sortie du modèle plan concorde avec votre étude



## Annexe

### Caractéristiques du système de direction



- $BB' = 604 \text{ mm}$
- $DD' = 1344 \text{ mm}$
- Distance de la droite  $(D, D')$  à l'axe de crémaillère:  $152 \text{ mm}$
- Empattement :  $2347 \text{ mm}$
- $BC = B'C' = 356 \text{ mm}$
- $CD = C'D' = 120 \text{ mm}$

Caractéristiques mécaniques	
Rotation volant	$\pm 707^\circ$
Angle maxi pivotement roue gauche	$-39$ à $+30^\circ$
Angle maxi pivotement roue droite	$-30$ à $+39^\circ$
Déplacement maxi crémaillère	$130 \text{ mm}$
Diamètre de braquage entre trottoir/mur	$9.65/10 \text{ m}$
Couple maxi au volant	$9 \text{ Nm}$
Réducteur roue et vis	$R=1/23, m=1.5, \alpha=14^\circ 30', Z=2, \beta=20^\circ$
Rendement réducteur	$0.80 \text{ mini}$
Embrayage électromagnétique	Monodisque - Couple $1,08 \text{ Nm mini}$
Seuils déclenchement assistance	$74 \text{ km/h}$ et $68 \text{ Km/h}$
Rotation barre de torsion	$8^\circ \text{ maxi}$
Raideur barre de torsion	$2.9 \text{ Nm} / ^\circ$

Attention : Pour définir ces angles, le rédacteur de la documentation a considéré un angle à gauche négatif. Compte tenu de notre paramétrage, il faut s'adapter