

| | | |
|----------------------|-----------|----------------|
| 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 :

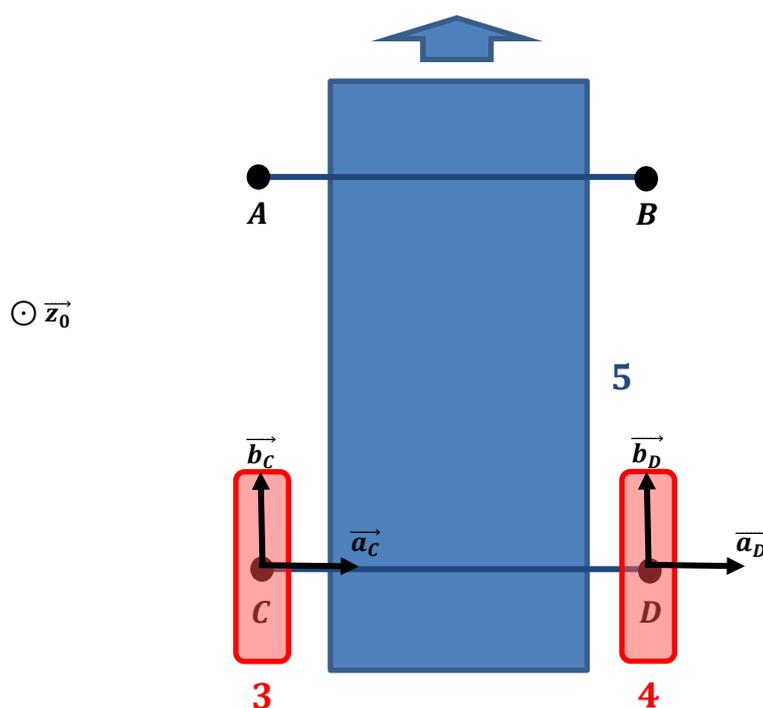
| Extrait du cahier des charges | | |
|--|---------|-------------|
| Critère | Niveau | Flexibilité |
| Diamètre nécessaire au véhicule pour effectuer un demi-tour | 10 m | Minimum |
| Rotation volant | 4 tours | 5% |
| Assurer le roulement sans glissement aux 4 contacts roue/sol | RAS | RAS |

| | | |
|----------------------|-----------|----------------|
| 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

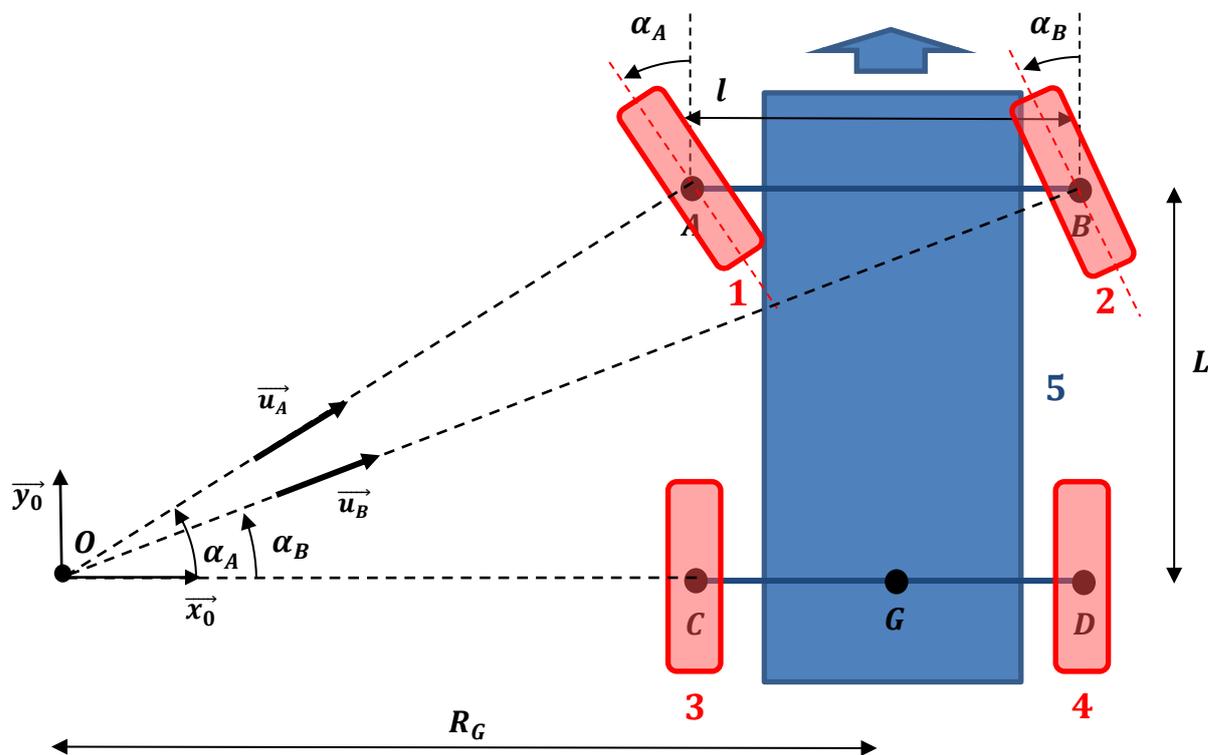
Question 3: Est-il nécessaire d'étudier l'intégralité du mécanisme de transformation de mouvement du volant aux deux roues ou peut-on réduire l'étude à une seule roue ? Justifier

Question 4: Si on écrit $\alpha_A(\delta) = f(\delta)$ où δ 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 α_A , L et l puis de α_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 α_A et α_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 λ_{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 θ_{30} et donc in fine la rotation de la roue gauche α_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 λ_{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 α_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 α_A en fonction de θ_{30} et α_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 λ_{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 α_3 .

On appelle δ_{10} la translation de la crémaillère autour de sa position d'équilibre λ_{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 δ_{10} en fonction de λ_{10}^0 et de λ_{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° -30° 39° et 30° afin de compléter correctement la colonne pour α_A

| Crémaillère en butée coté... | Sens du virage | δ_{10} | α_A |
|------------------------------|----------------|---------------|------------|
| | | | |
| | | | |

Remarque importante : comme précisé plus haut, les valeurs d'angles α_A et α_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 θ_v et la translation de la crémaillère δ_{10}

Résolution géométrique

Question 14: Déterminer la relation entre λ_{10} et θ_{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 α_A et la translation δ_{10} de la crémaillère par rapport à sa position en ligne droit. Il nous manque donc la valeur de l'angle α_3 orientant les roues. Nous allons donc le déterminer.

Question 16: Déterminer l'expression de la translation d'entrée λ_{10}^0 lorsque les roues sont droites en fonction des longueurs fixes et de l'angle α_3

Question 17: En déduire l'équation que l'angle α_3 doit vérifier sous la forme $f_1(\alpha_3) = 0$

Question 18: En utilisant Python, déterminer par dichotomie la valeur de α_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 α_A pour une translation de crémaillère δ_{10} connue.

Question 19: Exprimer δ_{10} en fonction de l'angle α_A et des différentes valeurs connues du problème

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

Question 21: En utilisant le code python mis en place, déterminer les valeurs extrêmes de α_A connaissant les valeurs extrêmes de δ_{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 α_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 α_A , la valeur de λ_{10}^0 , la valeur de α_3 , les longueurs l et L et le rayon r

Question 23: Créer les colonnes nécessaires afin d'obtenir l'évolution de δ_{10} en fonction de α_A

Vous vérifierez que δ_{10} va bien de -65 à 65 mm.

Question 24: Tracer la courbe représentant la rotation de la roue gauche α_A en fonction de la translation δ_{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 α_B en fonction de la translation δ_{10} de la crémaillère

On remarquera que pour une même ligne de votre fichier, les valeurs de α_A et α_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 δ_{10}

On veillera à tracer R_G^A avec pour abscisses la colonne δ_{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 δ_{10}

Question 35: On observe une plage de variation de δ_{10} différente de 130 mm, comment expliquer cela ? Proposer une correction des valeurs de δ_{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 « recalcr » chacune des courbes en abscisses d'abord (symétrie de la variation) puis en ordonnée

Question 37: Comparer les résultats expérimentaux aux résultats théoriques

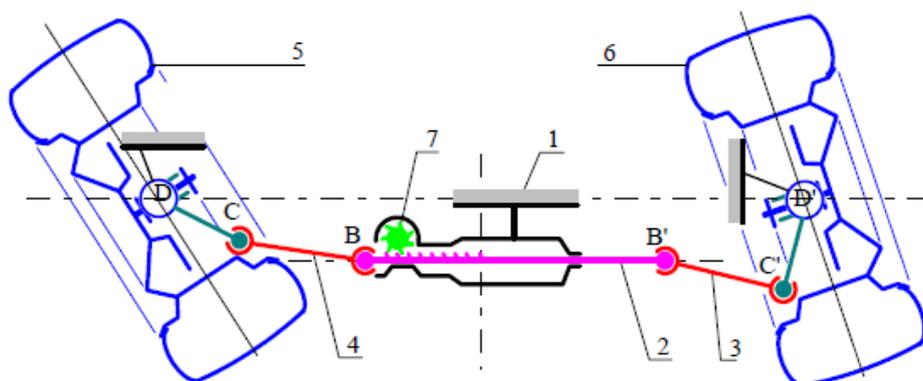
Modélisation

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 mm
- Empattement : 2347 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° |
| Angle maxi pivotement roue droite | -30 à +39° |
| Déplacement maxi crémaillère | 130 mm |
| Diamètre de braquage entre trottoir/mur | 9.65/10 m |
| Couple maxi au volant | 9 Nm |
| Réducteur roue et vis | $R=1/23, m=1.5, \alpha=14^\circ 30', Z=2, \beta=20^\circ$ |
| Rendement réducteur | 0.80 mini |
| Embrayage électromagnétique | Monodisque - Couple 1,08 Nm mini |
| Seuils déclenchement assistance | 74 km/h et 68 Km/h |
| Rotation barre de torsion | 8° maxi |
| Raideur barre de torsion | 2.9 Nm / ° |

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