Application 02

Étude des performances cinématiques en virage d'une Formule 1

Xavier Pessoles

Savoirs et compétences :

Mise en situation

Une Formule 1 doit assurer un certain nombre d'exigences techniques afin d'assurer les meilleures performances en course tout en garantissant la sécurité du pilote. Une de ces exigences est que « le système doit tenir la trajectoire en phase de virage ». Pour y parvenir, le véhicule dispose d'une cinématique particulière permettant aux roues de tourner sur le sol en limitant le risque de glissement. On s'intéresse aux conséquences pratiques nécessaire pour assurer la condition de roulement sans glissement des roues sur le sol. On supposera donc que les 4 roues roulent sans glisser dans le plan $\left(O,\overrightarrow{x_0},\overrightarrow{y_0}\right)$.

Pour cette étude on considère que le véhicule est constitué d'un châssis (S) et de 4 roues (S_i) avec $i=1,2,3,4$. Le châssis est modélisé par un rectangle $A_1A_2A_3A_4$ tel que $\overrightarrow{A_4A_3}=\overrightarrow{A_1A_2}=2d\overrightarrow{x}$ et $\overrightarrow{A_4A_1}=\overrightarrow{A_3A_2}=L\overrightarrow{y}$ où L correspond à l'empattement du véhicule et $2d$ à la voie.

On définit le repère $\mathscr{R}\left(C,\overrightarrow{x},\overrightarrow{y},\overrightarrow{z}\right)$ attaché au châssis où le point C, origine du repère, est tel que $\overrightarrow{A_4C}=d\overrightarrow{x}$. Le véhicule est en phase de virage et on considère alors qu'il est en rotation par rapport au repère $\mathscr{R}_0\left(O,\overrightarrow{x_0},\overrightarrow{y_0},\overrightarrow{z_0}\right)$ autour du point $I_{S/R0}=I$, centre instantanée de rotation du mouvement. On pose $\beta=\left(\overrightarrow{x0},\overrightarrow{y0}\right)$ angle de rotation du châssis par rapport à $\mathscr{R}_0$.

On définit le repère $\mathscr{R}_i\left(A_i,\overrightarrow{u_i},\overrightarrow{p_i},\overrightarrow{q_i}\right)$ attaché à chaque roue (S_i) . Ces 4 roues de rayon R sont en liaison pivot avec le châssis (S) suivant les axes $\left(A_i,\overrightarrow{u_i}\right)$ avec $i=1,2,3,4$. On pose $\theta_i=\left(\overrightarrow{z},\overrightarrow{q_i}\right)$ angle de rotation de la roue i par rapport au châssis. Afin d'assurer la direction du véhicule, les 2 roues pivotent d'un angle ψ_1 suivant l'axe $\left(A_i,\overrightarrow{z}\right)$ pour la roue 1 et d'un angle ψ_2 suivant l'axe $\left(A_2,\overrightarrow{z}\right)$) pour la roue 2 avec $\psi_1=\left(\overrightarrow{x},\overrightarrow{u_1}\right)=\left(\overrightarrow{y},\overrightarrow{v_1}\right)$ et $\psi_2=\left(\overrightarrow{x},\overrightarrow{u_2}\right)=\left(\overrightarrow{y},\overrightarrow{v_2}\right)$. On considère que le contact sol/roue et assimilable à un contact ponctuel en I de normale $\left(I,\overrightarrow{z}\right)$ tel que $\overrightarrow{I_iA_i}=R\overrightarrow{z}$.

Question 1 *Établir les figures géométrales utiles.*

Question 2 *Écrire la condition de roulement sans glissement de la roue (S_1) par rapport au sol $\mathscr{R}_0$. En déduire une relation vectorielle simple entre $\overrightarrow{V(I_1\in S_1/S)}$ et $\overrightarrow{V(I_1\in S_1/\mathscr{R}_0)}$.*

Question 3 *Donner la forme simple du torseur cinématique $\{\mathscr{V}(S/\mathscr{R}_0)\}$ écrit en I. En déduire alors $\overrightarrow{V(I_1\in S/\mathscr{R}_0)}$ en fonction de $\overrightarrow{\Omega(S/\mathscr{R}_0)}$ et $\overrightarrow{II_1}$ (on n'effectuera pas les produits vectoriels).*

Question 4 *Donner la forme simple du torseur cinématique $\{\mathscr{V}(S_1/S)\}$ écrit en A_1. En déduire alors $\overrightarrow{V(I_1\in S_1/S)}$ en fonction de $\overrightarrow{\Omega(S_1/S)}$ et $\overrightarrow{A_1I_1}$ (on n'effectuera pas les produits vectoriels).*

Question 5 *Déduire des relations précédentes que $\overrightarrow{\Omega(S/\mathscr{R}_0)}\wedge\overrightarrow{IA_1}+\overrightarrow{\Omega(S_1/\mathscr{R}_0)}\wedge\overrightarrow{A_1I_1}=\overrightarrow{0}$*

Question 6

Question 7

Question 8

Question 9

Question 10

Question 11

Question 12