

td	td CIN 2.0	TSI 1 Période 1-2
	Cinématique d'une voiture	2h
	Cycle 3 : Cinématique	4 semaines

Analyser Modéliser Résoudre Expérimenter Réaliser Concevoir Communiquer

MODELISER

- Proposer une modélisation des liaisons avec leurs caractéristiques géométriques.
- Proposer un modèle cinématique à partir d'un système réel ou d'une maquette numérique volumique.
- Modéliser la cinématique d'un ensemble de solides.

RESOUDRE

- Proposer une démarche permettant d'obtenir une loi entrée-sortie géométrique ou cinématique.
- Caractériser le mouvement d'un repère par rapport à un autre repère.
- Déterminer les relations entre les grandeurs géométriques ou cinématiques.

On s'intéresse dans cet exercice à la cinématique d'une voiture (en l'occurrence une Clio).

1 Etude de la cinématique du moteur

La cinématique du moteur 1,5dCi (Clio) étudié est celle d'un système bielle-manivelle : la translation alternative du piston 3 est transformée en rotation continue du vilebrequin 1 (arbre de sortie du moteur) grâce à un système bielle 2 - manivelle 1 (la manivelle est le vilebrequin).

On s'intéresse à la cinématique d'un seul piston (en pratique, il y en a 4 sur ce type de véhicule).

Problématique :

On souhaite établir la vitesse maximale du piston afin de dimensionner les segments en acier qui assurent l'étanchéité de la chambre d'explosion (au dessus du piston) et dont la vitesse de glissement dans le cylindre du moteur doit rester inférieure à $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Notations :

- Diamètre du piston $d_3=76 \text{ mm}$
- Excentrique du vilebrequin $OA=e=41 \text{ mm}$
- Longueur de la bielle $AB=L=150 \text{ mm}$
- Position absolue du piston 3 paramétrée par le vecteur position $\vec{OB} = \lambda(t) \cdot \vec{y}_0$
- Les positions angulaires sont définies par $\alpha = (\vec{y}_0, \vec{y}_1)$ et $\beta = (\vec{y}_0, \vec{y}_2)$
- Vitesse nominale du moteur :

$$N_{1/0} = 2000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}.$$

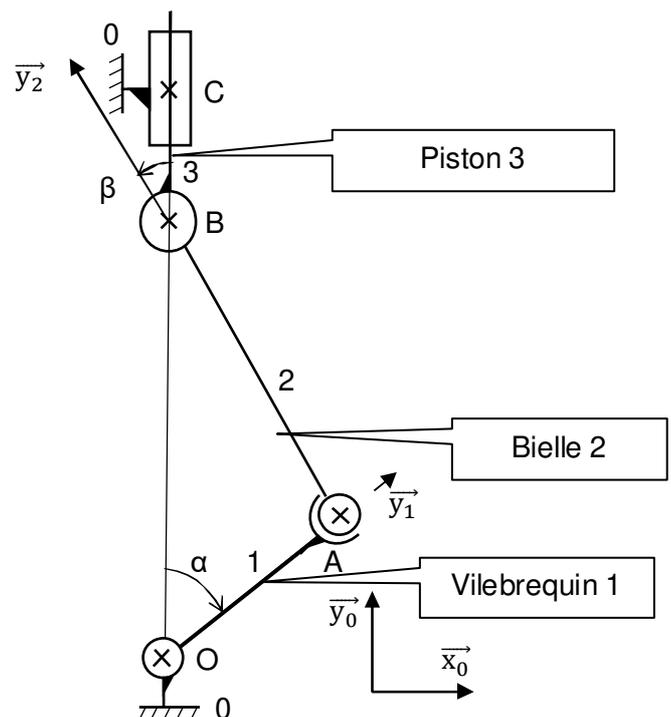


Figure 1 : Cinématique du moteur thermique.

Paramétrage des positions

- 1) Tracer les figures de changement de base.

Taux de rotation des différents solides

- 2) Exprimer les vecteurs vitesses de rotation suivants en fonction des angles α et β : $\vec{\Omega}_{1/0}$, $\vec{\Omega}_{2/0}$, $\vec{\Omega}_{3/0}$ et $\vec{\Omega}_{2/1}$.

Vitesses (ou accélération) de plusieurs points par dérivation du vecteur position

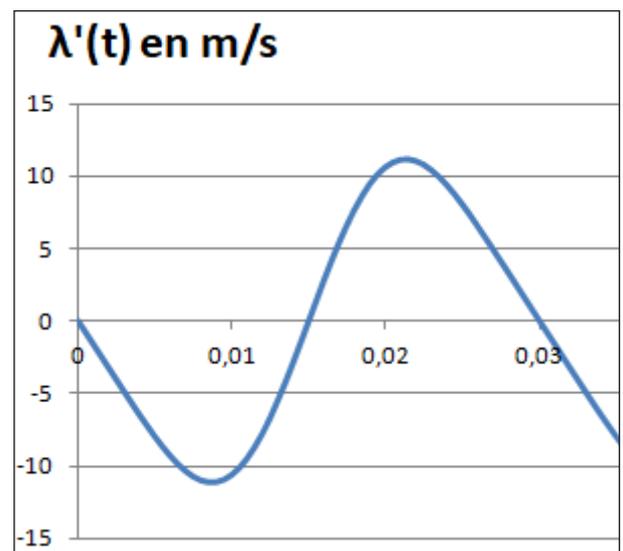
- 3) Déterminer la vitesse $\vec{V}_{B,3/0}$ par dérivation du vecteur position \vec{OB} .
- 4) Déterminer la vitesse $\vec{V}_{A,1/0}$ par dérivation du vecteur position \vec{OA} .
- 5) Calculer la norme $V_{A,1/0}$ du vecteur vitesse $\vec{V}_{A,1/0}$ dans le cas où le moteur tourne à sa vitesse nominale et placer ce vecteur sur la Figure 1 à l'échelle $1\text{cm} \leftrightarrow 5\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- 6) Déterminer l'accélération $\vec{a}_{A,1/0}$ du point A. Calculer la norme $a_{A,1/0}$ de cette accélération $\vec{a}_{A,1/0}$ dans le cas où le moteur tourne à sa vitesse nominale. Placer cette accélération centripète sur la Figure 1 à l'échelle $1\text{cm} \leftrightarrow 1000\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Vitesse de rotation à l'aide de la formule de Varignon + composition des vitesses

- 7) Montrer que la formule de Varignon appliquée au mouvement de la pièce 1 par rapport à 0 permet de retrouver l'expression de $\vec{V}_{A,1/0}$ obtenue à la question 4).
- 8) Ecrire la composition des vitesses en A entre les solides 0,1 et 2 et en déduire l'expression de $\vec{V}_{A,2/0}$.
- 9) A l'aide de Varignon, déterminer l'expression de la vitesse $\vec{V}_{B,2/0}$.
- 10) Ecrire la composition des vitesses en B et en déduire l'expression de $\vec{V}_{B,3/0}$.
- 11) Par projection dans R_0 , des 2 expressions de $\vec{V}_{B,3/0}$ (celle de la **question 3**) et celle de la **question 10**), déterminer l'expression de la vitesse linéaire $\dot{\lambda}$ en fonction de la vitesse de rotation $\dot{\alpha}$.

L'étude de la fonction $\dot{\lambda}(t)$ est difficile à faire, on passe par un tracé numérique :

- 12) Conclure quant à la problématique.



2 Etude de l'étagement de la boîte de vitesse

La boîte de vitesse est étagée de façon à pouvoir utiliser au maximum le moteur autour de sa vitesse nominale.

En l'occurrence, les rapports de transmission de la boîte de vitesse (multipliés par le rapport de pont) sont :

- en 1^{ère} vaut : $k_1 = \frac{N_{1/0}}{N_{4/0}} = 15,3$
 - où $N_{1/0}$ est la fréquence de rotation du moteur
 - $N_{4/0}$ est la fréquence de rotation des roues motrices.
- en 5^e vaut : $k_5 = \frac{N_{1/0}}{N_{4/0}} = 3,06$

Problématique : déterminer la vitesse du véhicule à vitesse nominale du moteur $N_{1/0} = 2000 \text{ tr.min}^{-1}$ selon le rapport de boîte enclenché.

Hypothèses :

- le problème est plan : le véhicule se déplace à l'horizontal et en ligne droite.
- la liaison roue-sol est modélisée par un contact linéique de direction \vec{y}_0 et de normale \vec{z}_0 . Le roulement de la roue 4 se fait sans glissement sur la route 6 en H.

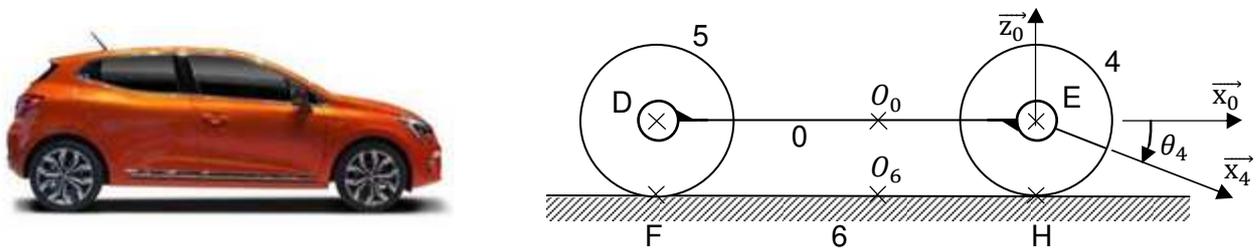


Figure 2 : Schéma cinématique des roues sur la route.

Notations :

- le rayon des roues sera noté $R=40,6 \text{ cm}$.
- paramétrage angulaire de la position de la roue 4 : $\theta_4 = (\vec{x}_0; \vec{x}_4)$.
- les points O_0 et O_6 sont 2 points fixes de 6 qui coïncident à l'instant $t=0$, respectivement avec les points E et H de la roue 4.
- positionnement du centre de la roue motrice : $\vec{O}_0\vec{E} = x \cdot \vec{x}_0$.

Paramétrage des rotations

- 13) Tracer les figures de calculs faisant apparaître l'angle θ_4 .

Trajectoires

- 14) Définir les trajectoires suivantes : $T_{H,4/0}$, $T_{H,0/6}$ et $T_{H,4/6}$. Tracer l'allure de ces trajectoires sur le schéma cinématique respectivement en bleu, en rouge et en vert.

Roulement sans glissement

- 15) Définir le vecteur vitesse de glissement $\vec{V}_{H,4/6}$, traduisant les hypothèses d'étude.
- 16) En déduire la relation entre $\vec{V}_{H,4/0}$ et $\vec{V}_{H,0/6}$.
- 17) Par application de la formule de distribution des vitesses au point E, exprimer les vitesses $\vec{V}_{H,4/0}$ et $\vec{V}_{H,0/6}$ en fonction du paramétrage proposé.
- 18) En déduire la relation liant la vitesse linéaire $V = \dot{x}$ du véhicule et la vitesse de rotation de la roue $\dot{\theta}_4 = \frac{\pi N_{4/0}}{30}$.
- 19) Déterminer la norme de la vitesse V atteinte par le véhicule selon le rapport de boîte de vitesse enclenché.