

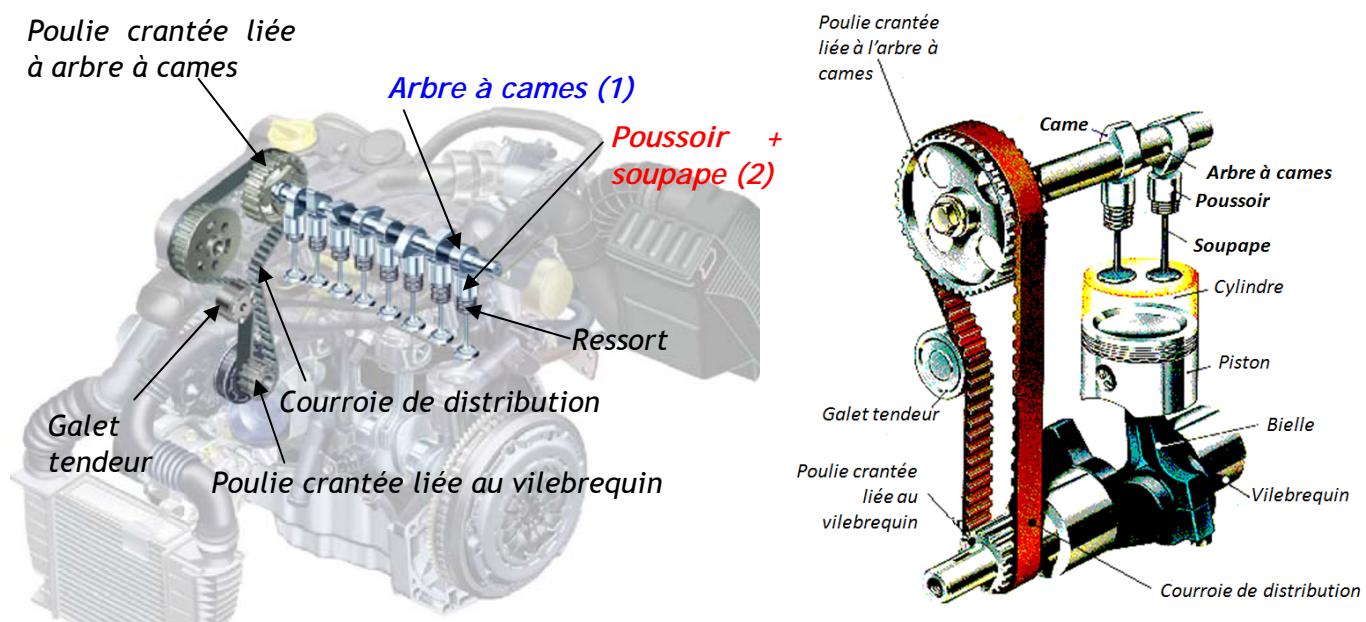
CINÉMATIQUE DU CONTACT PONCTUEL

Exercice 1 : SYSTÈME DE DISTRIBUTION D'UN MOTEUR 4 TEMPS

Le système de distribution automobile permet l'admission du mélange (air + carburant) et le refoulement des gaz d'échappement lors du cycle 4 temps d'un moteur thermique.

Le vilebrequin entraîne en rotation l'arbre à came par l'intermédiaire d'une transmission poulie/courroie crantée (courroie de distribution).

Le mouvement de rotation continue de l'arbre à cames 1 est ensuite transformée en un mouvement de translation alternative de l'ensemble poussoir+souape 2.



On s'intéresse dans la suite au comportement cinématique de ce dispositif de transformation de mouvement par came. Pour simplifier l'étude, on l'assimilera un dispositif de transformation de mouvement par came ronde. Dans la réalité, la came utilisée est dite « radiale » c'est-à-dire qu'elle est en forme de goutte d'eau.

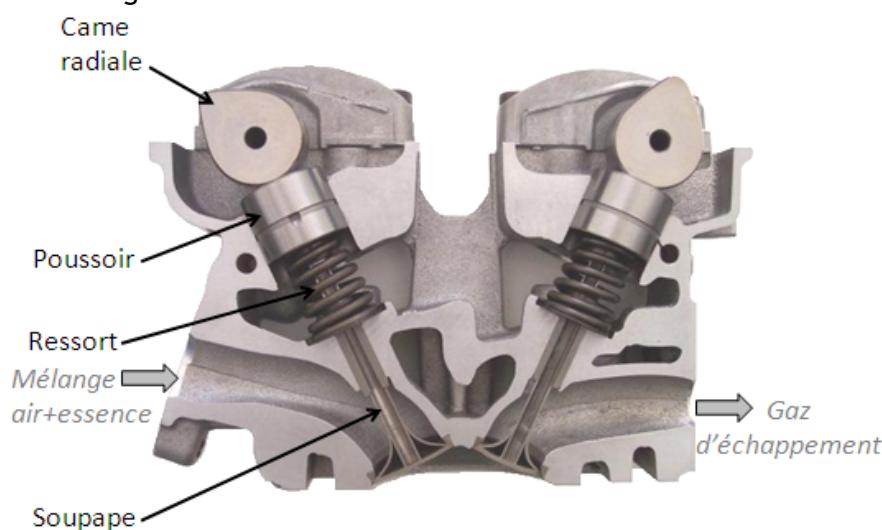


Photo du dispositif de transformation de mouvement par came radiale

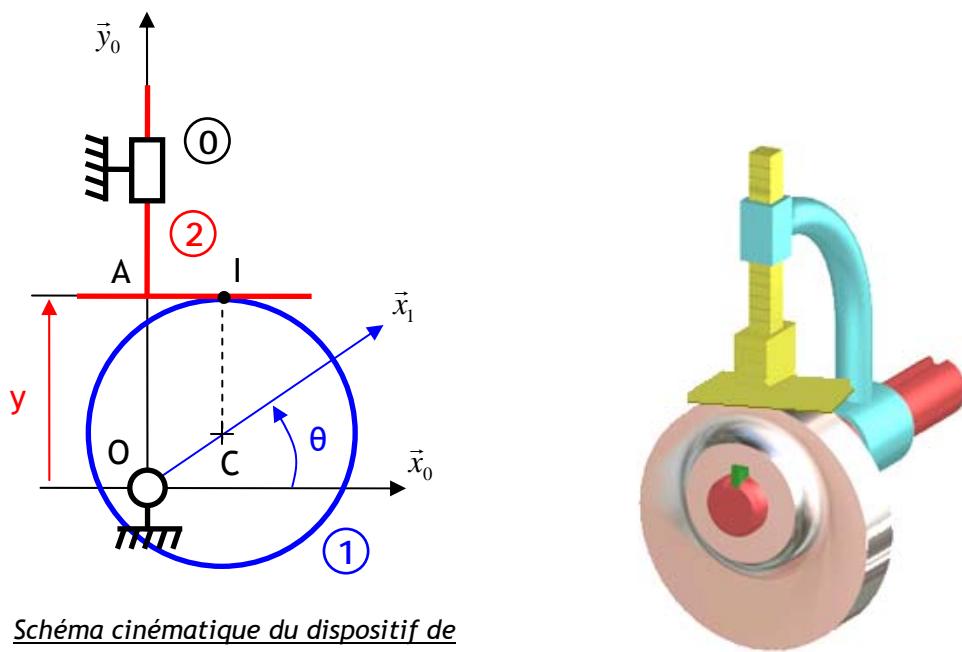


Schéma cinématique du dispositif de transformation de mouvement par came ronde

Constituants et paramétrage :

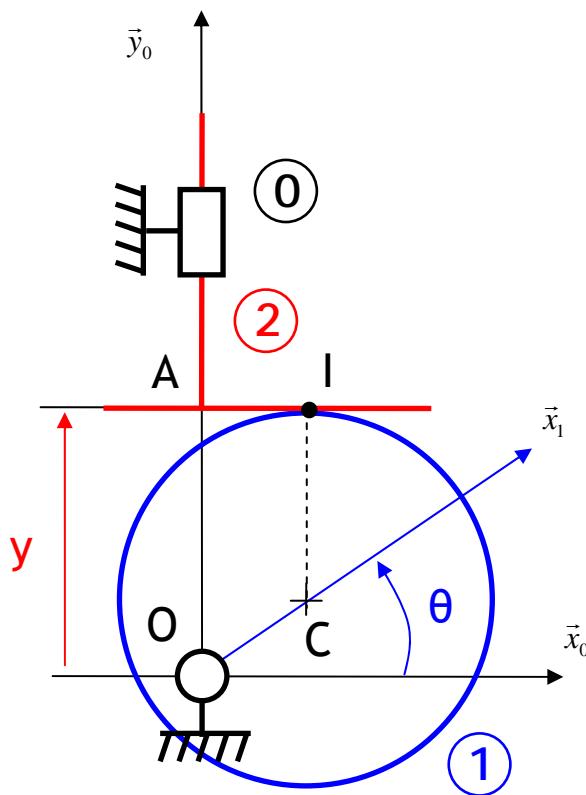
- Le carter 0, de repère associé $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$, est considéré comme fixe.
- L'arbre à came 1, de repère associé $R_1(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$, est en mouvement de rotation d'axe (O, \vec{z}_0) par rapport au carter 0 tel que $\vec{z}_0 = \vec{z}_1$ et $(\vec{x}_0, \vec{x}_1) = \theta$. La came, représentée par un disque de rayon R et de centre C tel que $\vec{OC} = e \cdot \vec{x}_1$, est en contact ponctuel au point I de normale (I, \vec{y}_0) avec l'ensemble poussoir+soupape 2.
- L'ensemble poussoir+soupape 2, de repère associé $R_2(A, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$, est en mouvement de translation rectiligne de direction (\vec{y}_0) par rapport au carter 0 tel que $\vec{OA} = y \cdot \vec{y}_0$.

Etude géométrique

Question 1 : *Tracer, sur la figure suivante, les trajectoires $T_{I \in 1/0}$ et $T_{I \in 2/0}$.*

Question 2 : *Exprimer, dans la base du repère R_0 , le vecteur position \vec{OI} du point géométrique de contact.*

Question 3 : *En déduire la nature de la trajectoire $T_{I/0}$. Tracer cette trajectoire.*



Etude cinématique analytique

Question 4 : Exprimer le vecteur vitesse de glissement du point I en fonction de $\overrightarrow{V_{I \in 2/0}}$ et $\overrightarrow{V_{I \in 1/0}}$.

Question 5 : En déduire l'expression de ce vecteur en fonction de y , $\dot{\theta}$, θ et des dimensions du système.

Question 6 : Donner la relation entre y , θ , e et R qui assure le contact au point I.

Question 7 : En déduire l'expression du vecteur vitesse de glissement en fonction de $\dot{\theta}$, θ et des dimensions du système.

Etude cinématique graphique

On souhaite déterminer la vecteur vitesse de glissement du point I dans la position du système décrite sur le schéma cinématique ci-dessous.

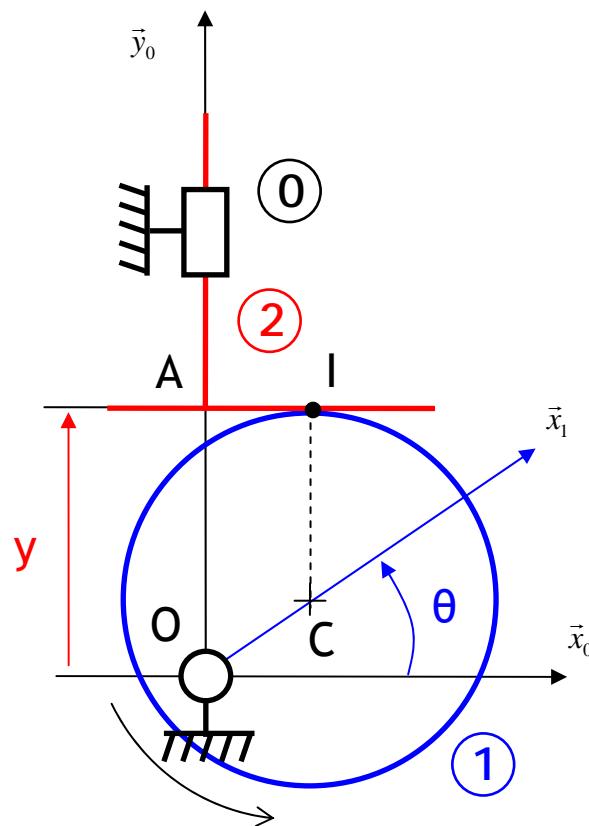
On donne $\|\overrightarrow{\Omega_{1/0}}\| = 1500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$, $e = 17 \text{ mm}$ et $R = 25 \text{ mm}$

Echelle des vitesses $1 \text{ cm} \Rightarrow 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Question 8 : Ecrire la relation de composition des vecteurs vitesses au point de contact I.

Question 9 : Déterminer, dans la position du système décrite sur la schéma cinématique, le vecteur vitesse de glissement $\overrightarrow{V_{I \in 2/1}}$.

Question 10 : Comparer le résultat avec celui obtenu par une méthode analytique à la question 7.



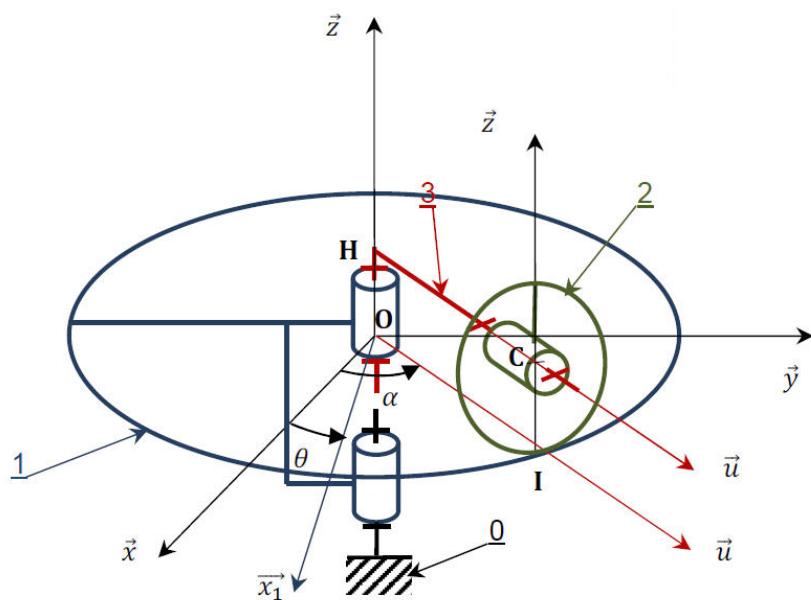
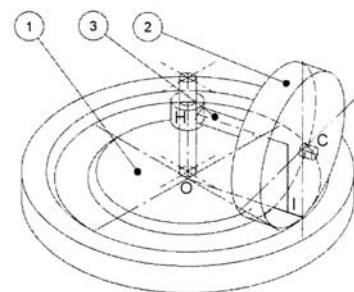
Exercice 2 : BANC DE TESTS DE PNEUMATIQUES

Un banc de tests d'usure de pneumatiques est représenté ci-contre.

Un ensemble pneu + jante 2, entraîné en rotation par rapport au bras 3 à l'aide d'un moto-réducteur, roule sur un plateau tournant 1.

Le bras 3 est le plateau tournant 1 sont entraînés en rotation par rapport aux bâti 0 à l'aide de deux autres moto-réducteurs.

Le système est représenté sous la forme du schéma cinématique ci-dessous :



Constituants et paramétrage :

- Le bâti 0, de repère associé $R_0(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$, est considéré comme fixe.
- Le plateau tournant 1, de repère associé $R_1(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$, est en mouvement de rotation d'axe (O, \vec{z}) par rapport au bâti 0 tel que $\vec{z} = \vec{z}_1$ et $\theta = (\vec{x}, \vec{x}_1)$.
- Le bras 3, de repère associé $R_3(H, \vec{u}, \vec{v}, \vec{w})$, est en mouvement de rotation d'axe (O, \vec{z}) par rapport au bâti 0 tel que $\vec{z} = \vec{w}$ et $\alpha = (\vec{x}, \vec{u})$.
- L'ensemble pneu + jante 2, de repère associé $R_2(C, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$, est en mouvement de rotation d'axe (H, \vec{u}) par rapport au bras 3 tel que $\vec{u} = \vec{x}_2$ et $\beta = (\vec{z}, \vec{z}_2)$. On pose $\overline{HC} = d \cdot \vec{u}$ ($d = \text{constante}$). Le pneu, de rayon r , est en contact au point l avec le plateau 1.

Objectif : déterminer la relation entre les vitesses de rotation des 3 actionneurs permettant de reproduire des conditions de roulement sans glissement d'un pneumatique sur une route.

Question 1 : *Dessiner les figures de changement de base correspondant aux différents mouvements entre les solides, en indiquant sous chacune d'entre elles le vecteur rotation correspondant.*

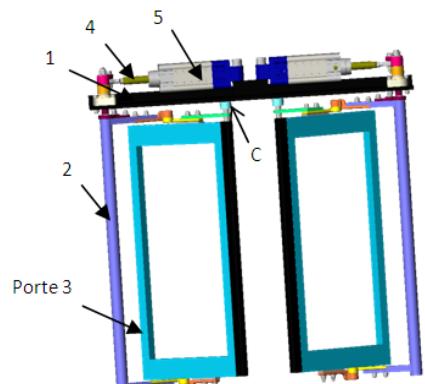
Question 2 : *Déterminer le vecteur vitesse de glissement au point de contact l .*

Question 3 : *En déduire la relation entre $\dot{\theta}$, $\dot{\alpha}$, $\dot{\beta}$ et les dimensions du système.*

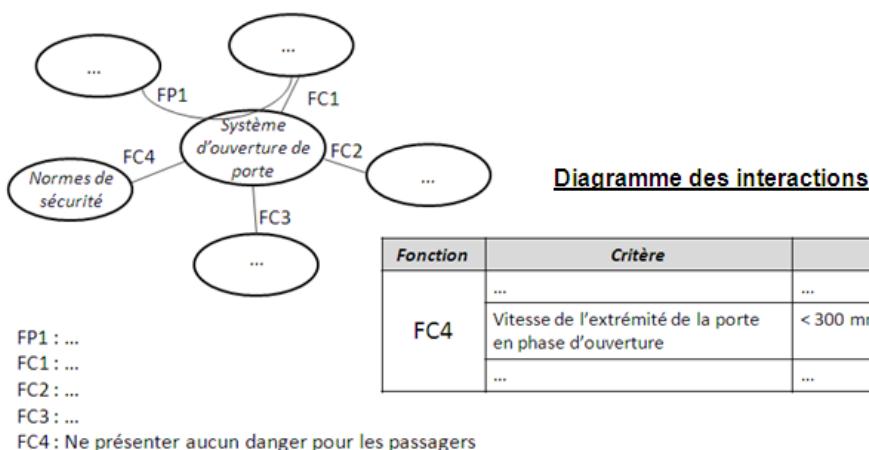
Exercice 3 : SYSTÈME D'OUVERTURE DE PORTE D'AUTOBUS



Les figures ci-dessous représentent un système d'ouverture d'une porte d'autobus. Au dessus de la porte, un vérin pneumatique à double effet (4, 5) entraîne un bras 2 (en Vé), entraînant lui-même la porte 3 qui est guidé par un maneton glissant au point C dans une rainure liée au bâti 1. L'amplitude de rotation du bras 2 (de 90° environ), permet d'obtenir les positions extrêmes (ouverte / fermée) de la porte 3.



Lors de l'ouverture de la porte, la vitesse de sortie de tige du vérin, est de 40 mm/s.



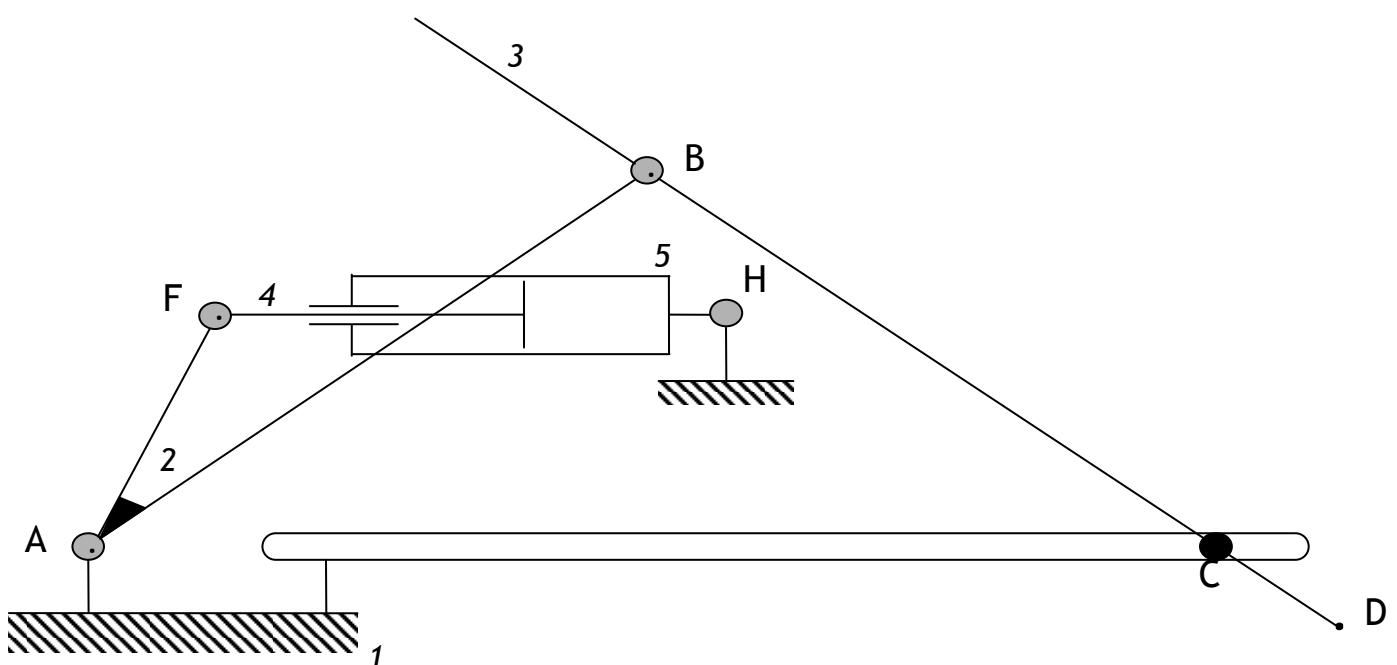
Objectif : valider le critère de la fonction FC4.

Question 1 : Déterminer et tracer la direction du vecteur vitesse de glissement au point C.

Question 2 : Proposer et mettre en œuvre une démarche permettant de déterminer $\overrightarrow{V_{D \in 3/1}}$.

Question 3 : Conclure quant au respect du critère de la fonction FC4.

Echelle des vitesses conseillée : 1 cm \leftrightarrow 20 mm/s.



Exercice 4 : COMPORTEMENT D'UN VÉHICULE EN VIRAGE

Le différentiel est présent sur toutes les voitures. Il permet, dans certaines phases d'utilisation du véhicule, que les roues motrices (entrainées par le moteur) puissent tourner à des vitesses différentes pour faciliter la prise de la courbe et limiter l'usure des pneus.



Concept car : Logan MCV Steppe

Dans la suite, on étudie le comportement cinématique des roues arrière d'un véhicule de type propulsion lors d'un virage de rayon R.

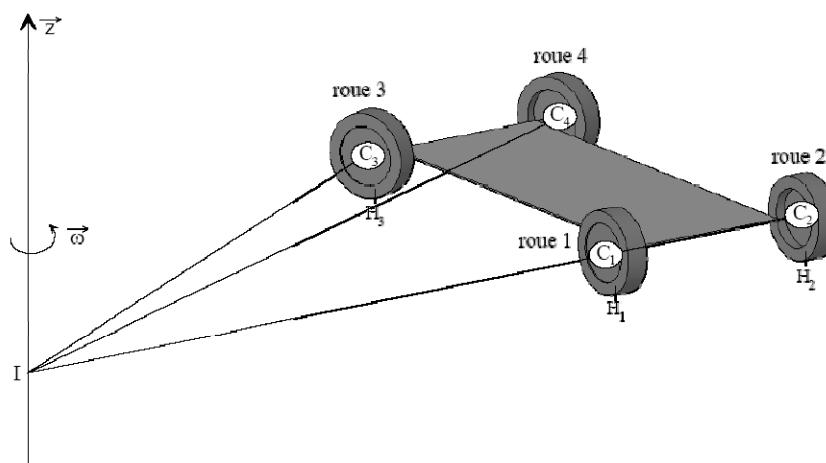
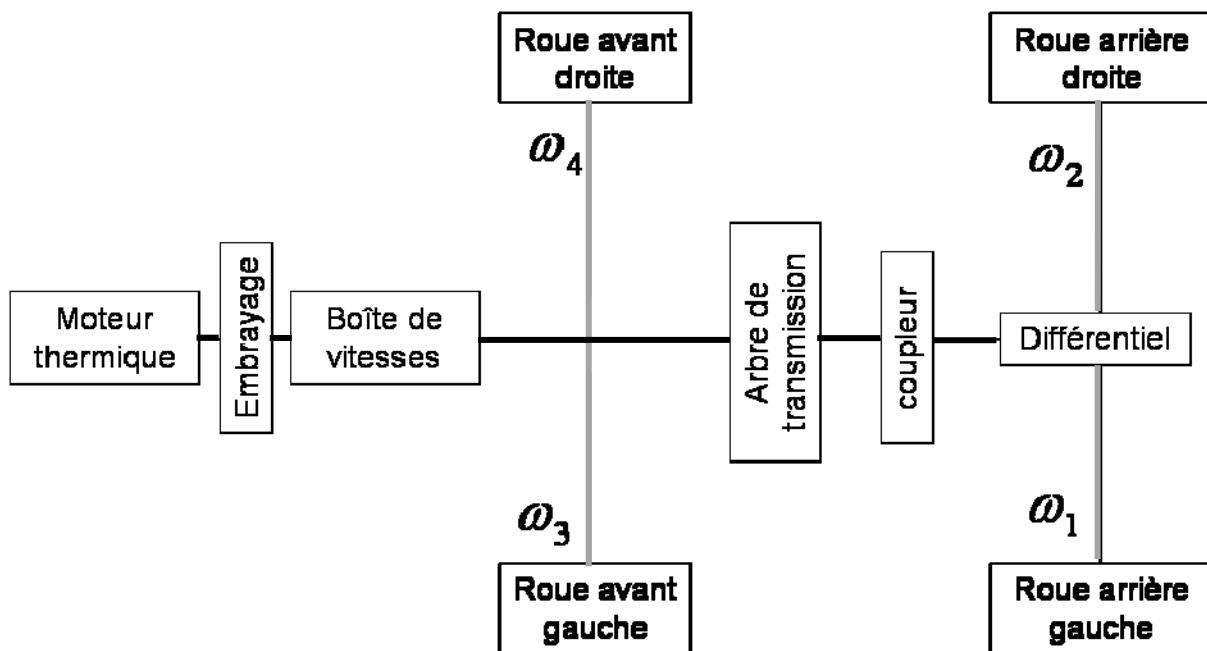


figure 1

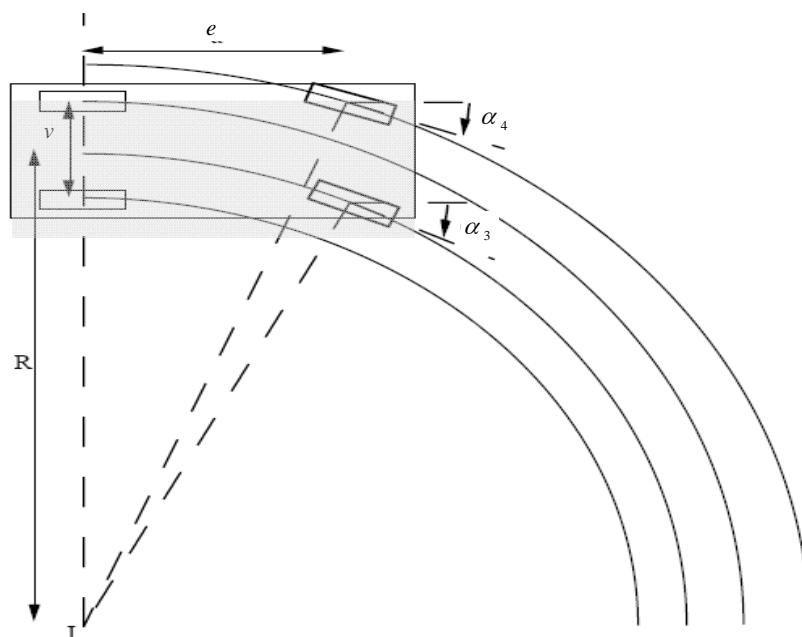
| Données et hypothèses | |
|--|--|
| notons $v = C_1C_2 = C_3C_4$ la voie du véhicule et $e = C_1C_3 = C_2C_4$ son empattement. | |
| soit $R = \frac{IC_1 + IC_2}{2} = \frac{R_1 + R_2}{2}$ le rayon moyen du virage. | |
| notons $\omega \vec{z}$ le vecteur vitesse de rotation du châssis par rapport à la chaussée. \vec{z} correspond à la verticale ascendante. | |
| le rayon des roues sera noté r. | |
| H_1, H_2, H_3 et H_4 sont les projets respectifs de C_1, C_2, C_3 et C_4 sur la chaussée. | |
| $\vec{x}_1, \vec{x}_2, \vec{x}_3$ et \vec{x}_4 sont des vecteurs liés au châssis du véhicule et définissant l'axe de rotation de chacune des roues par rapport au châssis. | |

figure 2

Architecture structurelle de la transmission.



Sur les figures 1 et 2 est représentée la silhouette du châssis d'un véhicule en virage. Le châssis est animé, par rapport à la chaussée, d'un mouvement de rotation autour de l'axe (I, \vec{z}) tel que $\overline{\Omega_{\text{châssis/chaussée}}} = \omega \vec{z}$



Remarque : afin que le véhicule ait un comportement satisfaisant en virage, il est nécessaire que les angles de braquage des roues avant droite et avant gauche soient différents. Ces angles de braquage des roues 3 et 4 sont respectivement notés a_3 et a_4 .

Objectif : Justifier l'utilisation d'un différentiel sur le train arrière d'un véhicule de type propulsion.

Question 1 : Exprimer R_1 et R_2 en fonction de R et v .

Question 2 : Donner la relation entre $\overrightarrow{\Omega_{\text{roue1/châssis}}}$, $\overrightarrow{\Omega_{\text{châssis/chaussée}}}$ et $\overrightarrow{\Omega_{\text{roue1/chaussée}}}$.

Question 3 : En déduire l'expression de $\overrightarrow{\Omega_{\text{roue1/chaussée}}}$. On notera ω_1 la valeur algébrique de la vitesse de rotation de la roue 1 par rapport au châssis.

Question 4 : Donner la relation entre $\overrightarrow{V_{C1\in\text{roue1/châssis}}}$, $\overrightarrow{V_{C1\in\text{châssis/chaussée}}}$ et $\overrightarrow{V_{C1\in\text{roue1/chaussée}}}$.

Question 5 : Exprimer, dans la base $B_1 = (\vec{x}_1; \vec{y}_1; \vec{z}_1)$ liée à la roue 1, le torseur cinématique de la roue 1 par rapport à la chaussée $\{V_{\text{roue1/chaussée}}\}$ au point C_1 .

On assimile le contact entre chacune des roues (de rayon r) et le sol à un contact ponctuel au point H_i entre deux solides indéformables qui roulent sans glisser.

Question 6 : En déduire, en traduisant cette une condition de roulement sans glissement au point H_1 , une expression de ω_1 en fonction de R , r , v et ω .

Question 7 : Donner, en faisant une étude similaire du comportement cinématique de la roue 2, une expression de ω_2 en fonction de R , r , v et ω .

Question 8 : Conclure quant à la nécessité d'intégrer un différentiel sur le train arrière d'un véhicule de type propulsion.

