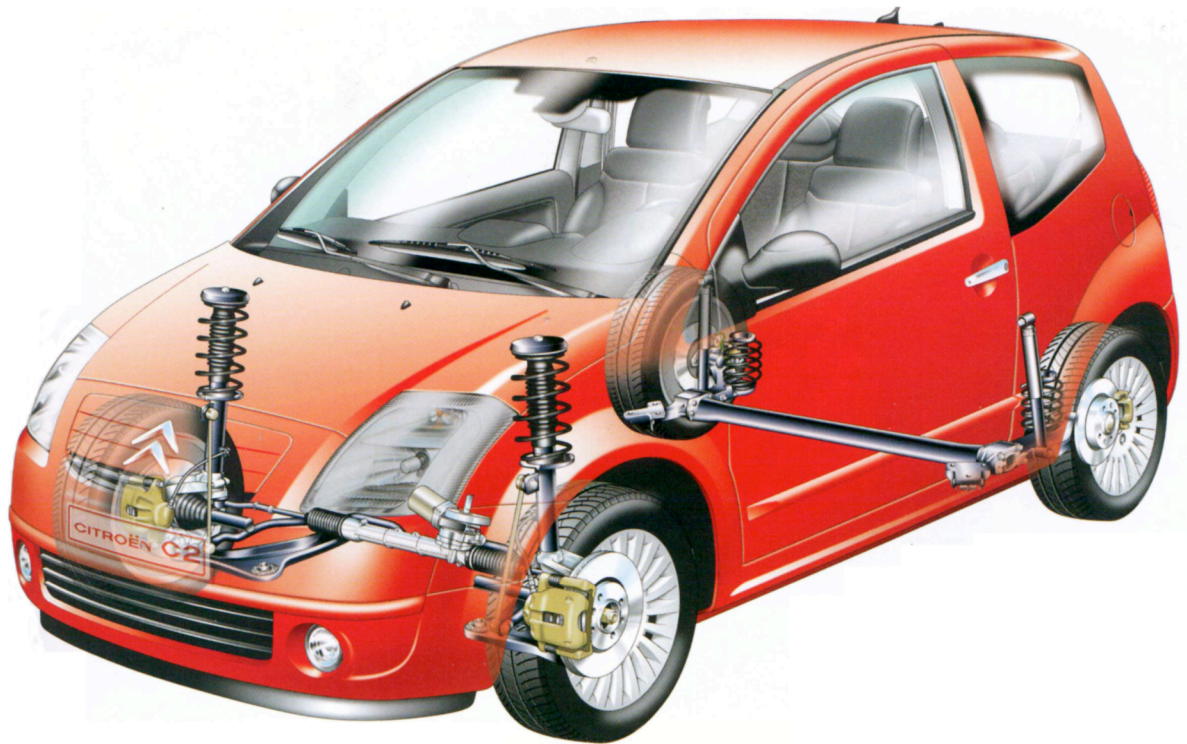


Véhicule automobile

Architecture



Liaison au sol

Un véhicule automobile est, le plus souvent, lié au sol par l'intermédiaire de quatre roues munies de pneumatiques. Elles sont numérotées de 1 à 4.

Les roues ont trois fonctions principales :

- Diriger le véhicule
- Suspendre le véhicule, c'est-à-dire le découpler des irrégularités de la route
- Transmettre la puissance.

Bien que les roues soient depuis très longtemps suspendues indépendamment les unes des autres, on parle toujours de train avant et de train arrière.

Le châssis du véhicule supporte les différents organes.

Le plus souvent aussi, la puissance du moteur est transmise aux roues avant. Par contre le freinage s'effectue sur chacune des roues. Ce système n'est pas représenté sur les schémas.

On ne considère que cette architecture des plus classiques.

Train arrière

Le train arrière doit maintenir le véhicule en ligne.

Les fonctions de suspension sont assurées par des combinés ressort - amortisseur dont on ne représente que le seul ressort.

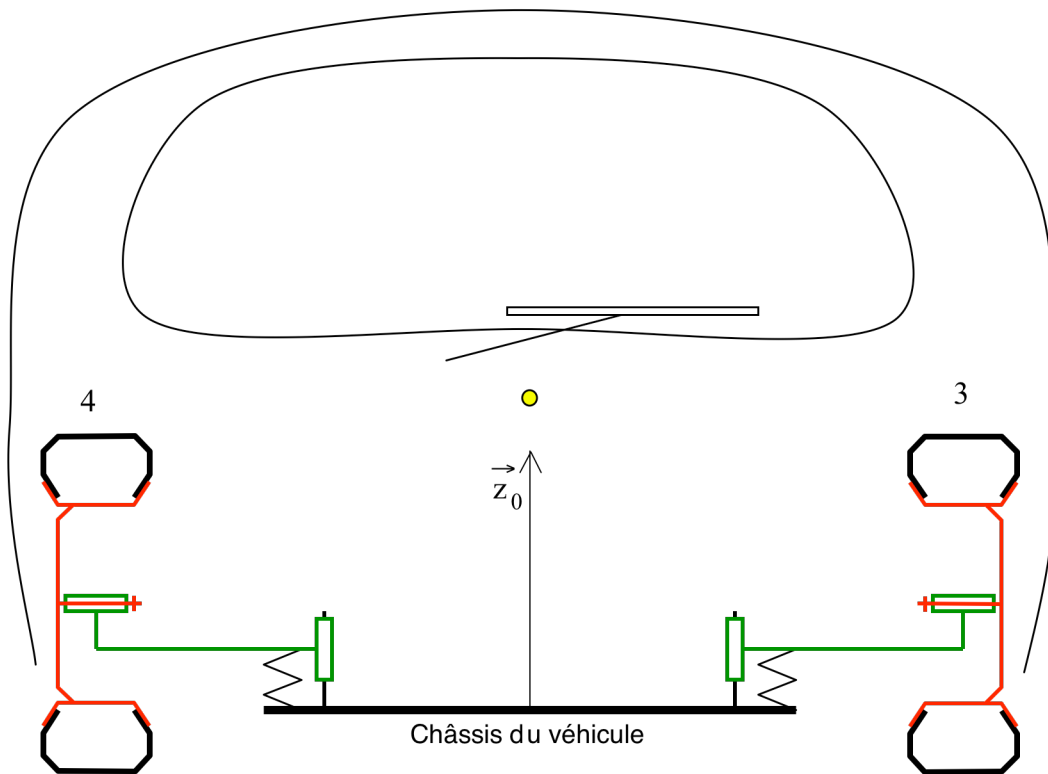


Figure 1 : Train arrière en vue de derrière

Train avant

Le train avant doit satisfaire les trois fonctions principales.

Le différentiel, qui est dans la chaîne d'énergie entre le moteur et les roues, a été représenté en position centrale.

Les combinés ressort - amortisseur sont simplifiés au seul ressort.

Les éléments de commande de direction ont été supprimés.

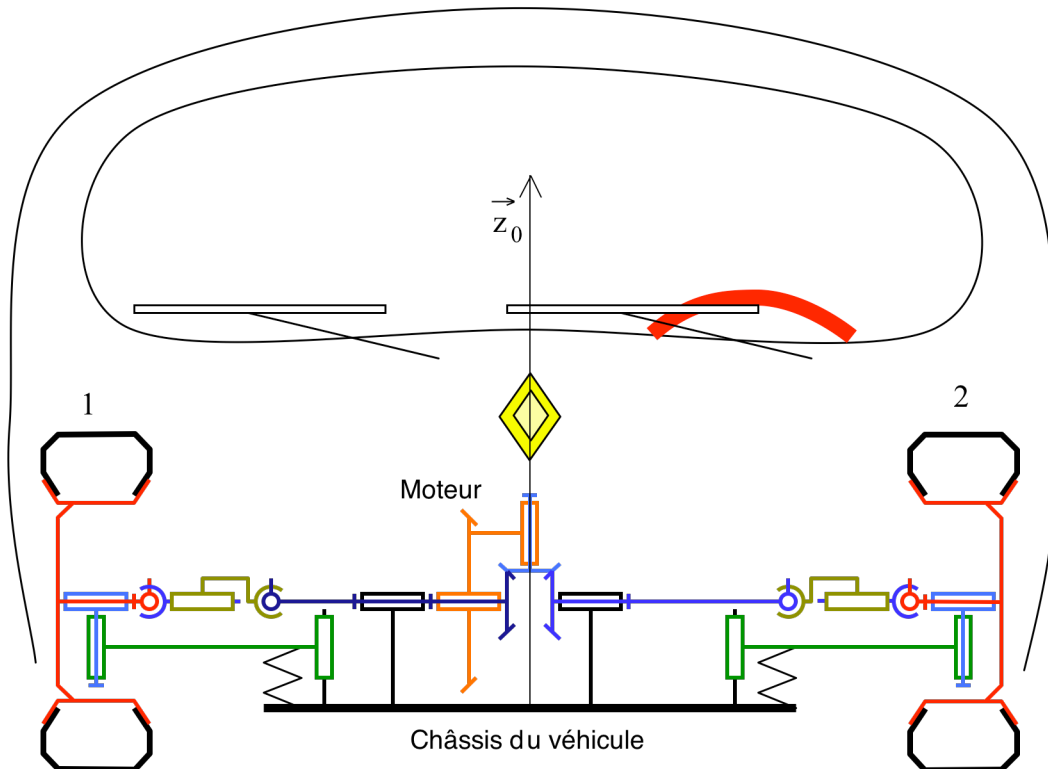


Figure 2 : Train avant en vue de face, roues non braquées

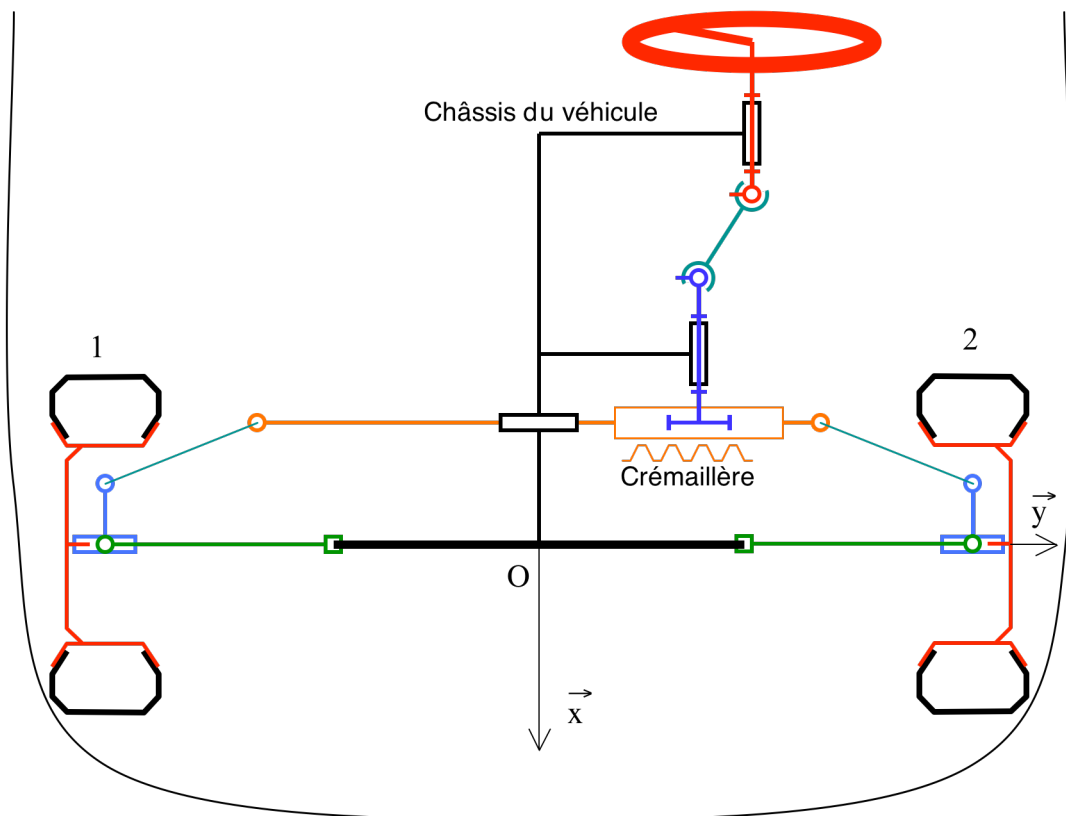


Figure 3 : Train avant en vue de dessus, roues non braquées

Dans cette vue, ce sont les éléments n'appartenant pas à la direction qui ont été très simplifiés, voire supprimés.

Ensemble des roues

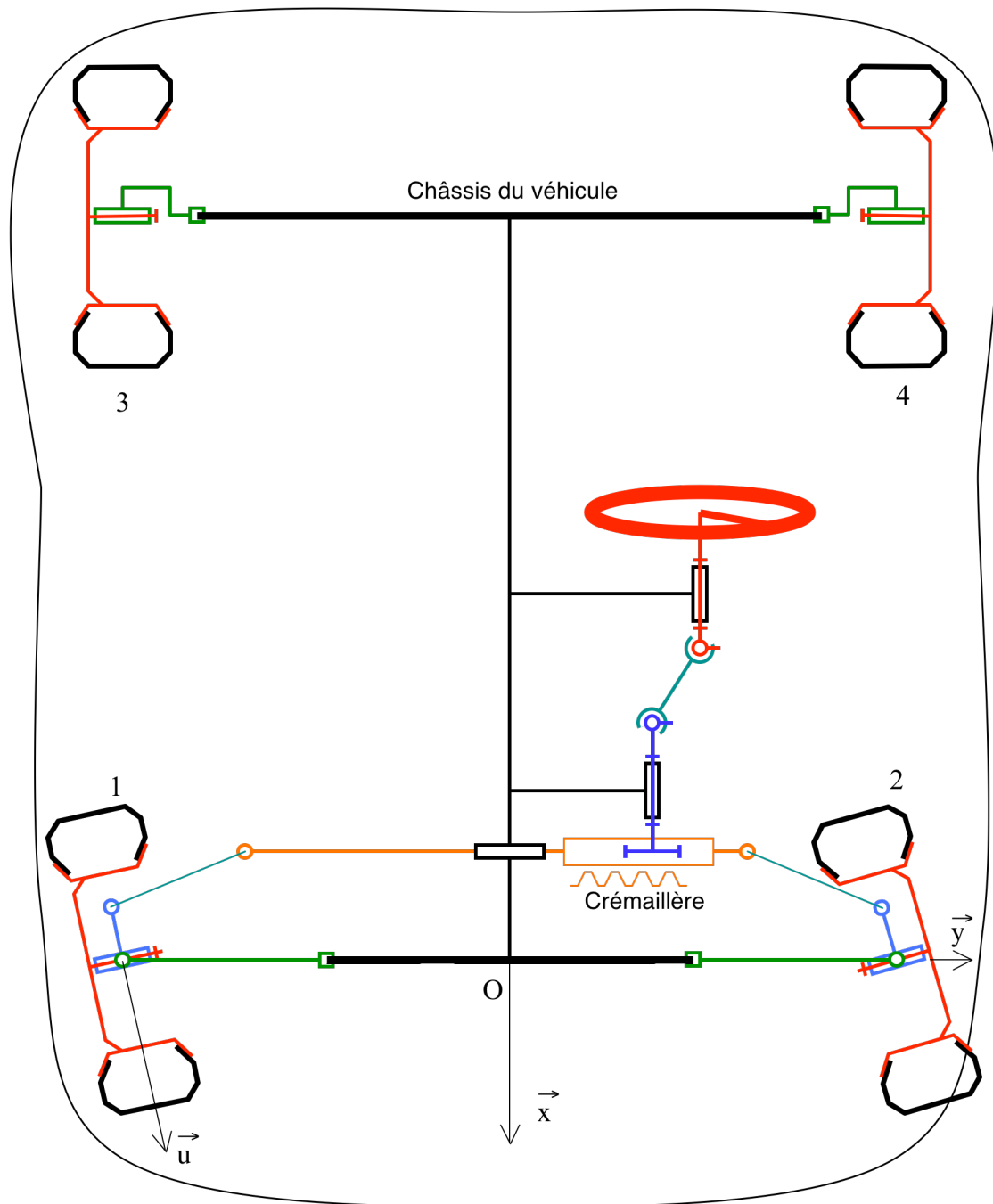


Figure 4 : Vue de dessus de l'ensemble, roues braquées

Les éléments de suspension et de traction ont été supprimés de la vue.

Comportement du véhicule

Pour que le véhicule se comporte sainement, aucune des roues ne doit patiner.

On suppose que le différentiel ne fournit aucun couple, ce qui n'est pas spécialement recommandé en conduite normale, mais ce qui permet de faire une première étude assez simple en éliminant l'une des causes de patinage.

Lorsque la condition de non patinage est réalisée, le centre de l'aire de contact entre la roue et la route ne glisse pas dans le mouvement relatif. On note I ce point.

La roue ne glisse pas sur la route

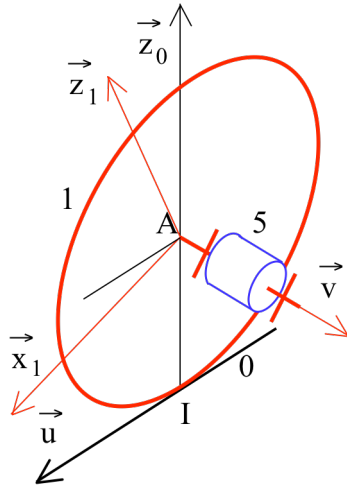


Figure 5 : Roue pivotée

La route 0 est assimilée à un plan de normale \vec{z}_0 .

Le châssis 5 du véhicule est placé horizontalement et on lui associe les repères $R\{O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}_0\}$ et $R'\{A, \vec{u}, \vec{v}, \vec{z}_0\}$. Son mouvement par rapport à la route est caractérisé par :

$$\mathcal{V}(5/0) = \begin{cases} r_{50} \vec{z}_0 \\ A \begin{cases} u_{50} \vec{x} + v_{50} \vec{y} \end{cases} \end{cases}$$

La roue 1, de centre A et de rayon r, est liée au châssis 5 par une liaison pivot d'axe (A, \vec{v}) . On lui associe le repère $R_1\{A, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1\}$. Elle roule sans glisser sur la route au point I, avec :

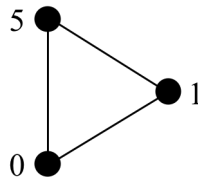
$$\overrightarrow{IA} = r \vec{z}_0$$

Les torseurs cinématiques associés à ces liaisons sont :

$$\mathcal{V}(5/1) = \begin{cases} q_{51} \vec{v} \\ A \begin{cases} 0 \end{cases} \end{cases}$$

$$\mathcal{V}(1/0) = \begin{cases} p_{10} \vec{u} + q_{10} \vec{v} + r_{10} \vec{z}_0 \\ I \begin{cases} 0 \end{cases} \end{cases}$$

Le graphe cinématique est :



avec la boucle cinématique :

$$\mathcal{V}(5/0) = \mathcal{V}(5/1) + \mathcal{V}(1/0)$$

Pour la résultante, on a directement :

$$r_{50} \vec{z}_0 = p_{10} \vec{u} + q_{10} \vec{v} + r_{10} \vec{z}_0 + q_{51} \vec{v}$$

et :

$$p_{10} = 0$$

$$q_{51} + q_{10} = 0$$

$$r_{50} = r_{10}$$

Compte tenu de ce résultat, au point A :

$$\vec{V}(A, 5/0) = (q_{10} \vec{v} + r_{10} \vec{z}_0) \wedge \overrightarrow{IA} = r q_{10} \vec{u} = r q_{15} \vec{u}$$

et on obtient :

$$\mathcal{V}(5/0) = \begin{cases} r_{50} \vec{z}_0 \\ A \begin{cases} r q_{15} \vec{u} \end{cases} \end{cases}$$

La vitesse du point A du châssis est donc horizontale et dans le plan de la roue.

Le véhicule en ligne droite

Les centres des roues, A, B, C et D, sont situés aux sommets d'un rectangle avec :

$$\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{CD} = d \vec{y}$$

$$\overrightarrow{CA} = \overrightarrow{DB} = e \vec{x}$$

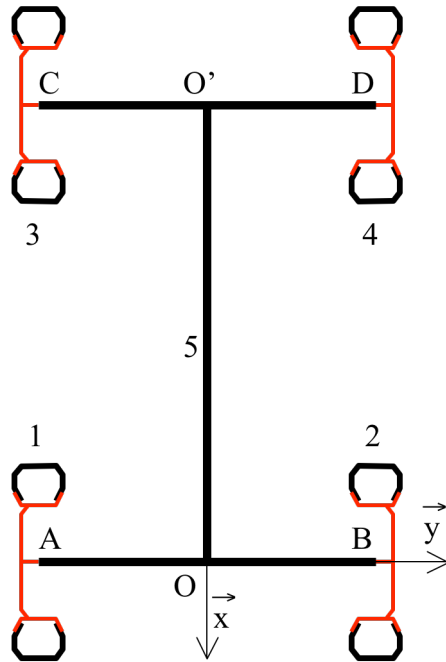


Figure 6 : Roues droites

En ligne droite, les quatre roues sont dans des plans parallèles de normale \vec{y} . On a :

$$\vec{V}(A,5/0) = r_{q15} \vec{x} \quad \vec{V}(B,5/0) = r_{q25} \vec{x}$$

$$\vec{V}(C,5/0) = r_{q35} \vec{x} \quad \vec{V}(D,5/0) = r_{q45} \vec{x}$$

La formule de changement de point de C vers A du châssis donne :

$$r_{q15} \vec{x} = r_{q35} \vec{x} + r_{50} \vec{z}_0 \wedge \vec{CA}$$

Les projections sur \vec{x} puis sur \vec{y} se traduisent par :

$$q_{15} = q_{35} \quad r_{50} = 0$$

Toutes les roues tournent à la même vitesse par rapport au châssis qui se déplace bien suivant \vec{x} :

$$\mathcal{V}(5/0) = \begin{cases} 0 \\ u \vec{x} \end{cases}$$

Tous les points du châssis ont même vitesse par rapport à la route.

Le véhicule en virage à gauche

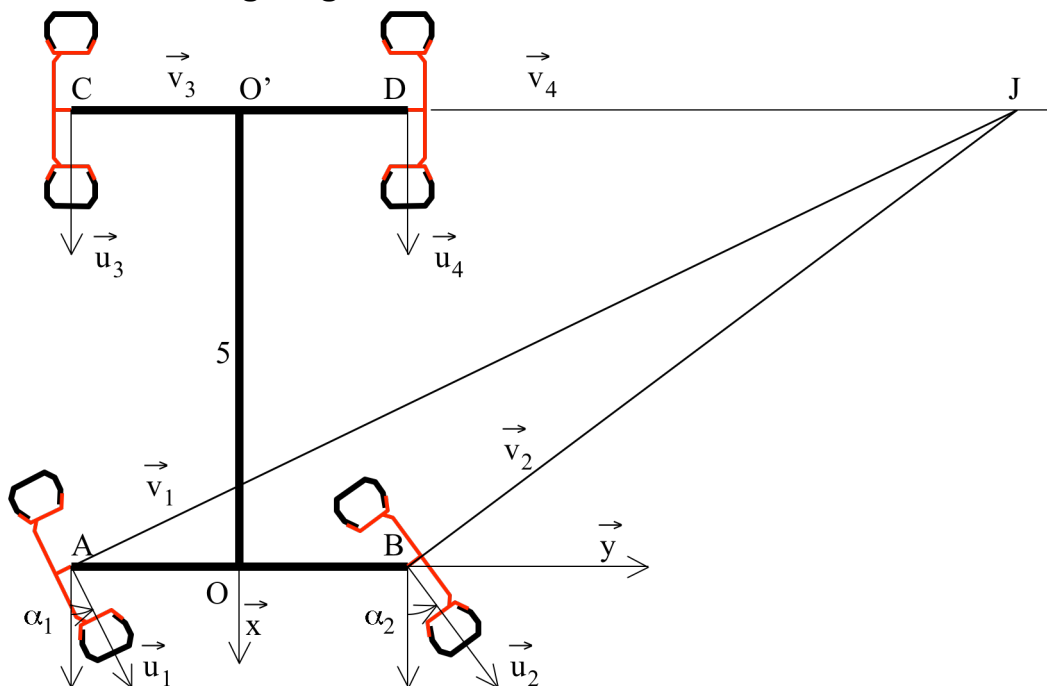


Figure 7 : Vue de dessus, roues braquées pour un virage à gauche

Lors d'un virage, les roues arrière restent dans des plans parallèles de normale \vec{y} :

$$\vec{V}(C,5/0) = r_{q35} \vec{x} \quad \vec{V}(D,5/0) = r_{q45} \vec{x}$$

Par contre, pour les roues avant, on a :

$$\vec{V}(A,5/0) = r_{q15} \vec{u}_1 \quad \vec{V}(B,5/0) = r_{q25} \vec{u}_2$$

La formule de changement de point de C vers A du châssis donne :

$$r_{q15} \vec{u}_1 = r_{q35} \vec{x} + r_{50} \vec{z}_0 \wedge \vec{CA}$$

soit :

$$r_{q15} \vec{u}_1 = r_{q35} \vec{x} + e_{r50} \vec{y}$$

et en projection sur \vec{x} , puis \vec{v}_1 :

$$r_{q15} \cos \alpha_1 = r_{q35}$$

$$0 = -r_{q35} \sin \alpha_1 + e_{r50} \cos \alpha_1$$

soit, en fonction de q_{35} et α_1 :

$$q_{15} = \frac{q_{35}}{\cos \alpha_1}$$

$$r_{50} = \frac{r \tan \alpha_1 q_{35}}{e}$$

Pour l'angle α_1 nul, on retrouve bien les résultats précédents.

Le torseur cinématique du mouvement du châssis par rapport à la route est :

$$\mathcal{V}(5/0) = \begin{cases} \frac{r \tan \alpha_1 q_{35}}{e} \vec{z}_0 \\ C \left\{ r_{q35} \vec{x} \right\} \end{cases}$$

Ce mouvement est complètement connu en fonction de l'angle de braquage de la roue droite et de la vitesse de rotation de la roue arrière droite par rapport au châssis. Tous les points du châssis ont des vitesses différentes par rapport à la route.

Le point J de vitesse nulle dans ce mouvement est donné par :

$$\vec{CJ} = \frac{\vec{\Omega}(5/0) \wedge \vec{V}(C,5/0)}{\vec{\Omega}^2(5/0)} = \frac{e}{\tan \alpha_1} \vec{y}$$

Le point J se trouve à l'intersection des axes (C, \vec{y}) et (A, \vec{v}_1) .

La formule de changement de point de C vers D du châssis donne :

$$r_{q45} \vec{x} = r_{q35} \vec{x} + \frac{r \tan \alpha_1 q_{35}}{e} \vec{z}_0 \wedge \vec{CD}$$

La projection sur \vec{x} se traduit par :

$$q_{45} = \frac{e - d \tan \alpha_1}{e} q_{35}$$

Enfin, la formule de changement de point de D vers B du châssis donne :

$$r_{q25} \vec{u}_2 = r_{q45} \vec{x} + r_{50} \vec{z}_0 \wedge \vec{DB}$$

soit :

$$r_{q25} \vec{u}_2 = r_{q45} \vec{x} + e_{r50} \vec{y}$$

puis en projection sur \vec{v}_2 :

$$0 = -r_{q45} \sin \alpha_2 + e_{r50} \cos \alpha_2$$

ou encore, en remplaçant :

$$\tan \alpha_2 (e - d \tan \alpha_1) = e \tan \alpha_1$$

et :

$$\tan \alpha_2 = \frac{e \tan \alpha_1}{e - d \tan \alpha_1}$$

Reprenant la dernière équation vectorielle en projection sur \vec{y} ,

$$r_{q25} \sin \alpha_2 + e_{r50}$$

puis en simplifiant :

$$q_{25} = \frac{\tan \alpha_1 q_{35}}{\sin \alpha_2}$$

Aucune des roues ne tourne à la même vitesse par rapport au châssis.