Exercice 1:

Q1 Expressions des vitesses :

- Pour $t \leq 0$: $V_1(t) = V_2(t) = V_0 = 30$ m/s.
- Pour $0 \leq t \leq 1$: $a_1(t) = -6$ donc $V_1(t) = -6t + k = -6t+V_0$ car $V_1(t) = V_0$ à $t = 0$; $V_2(t) = V_0$
- Pour $1 \leq t \leq t_1$: $V_1(t) = -6t + V_0$ avec t_1 le temps mis par la voiture M_1 pour s'arrêter.
- Pour $1 \leq t \leq t_2$: $a_2(t) = -5$ donc $V_2(t) = -5t + k' = -5t + V_0 + 5$ car $V_2(t) = V_0$ à $t = 1$ avec t_2 le temps mis par la voiture M_2 pour s'arrêter.

Expressions des positions :

- Pour $0 \leq t \leq t_1$: $x_1(t) = -6t^2/2 + V_0.t + k'' = -6t^2/2 + V_0 t$ car $x_1(t) = 0$ à $t = 0$.
- Pour $0 \leq t \leq 1$: $x_2(t) = V_0 . t - d$ car à $t = 0$ $x_2(t) = -d$
- Pour $1 \leq t \leq t_2$: $x_2(t) = -5t^2/2 + V_0.t + 5.t + k'''$ à $t = 1$: $x_2(t) = V_0 - d = -5/2 + V_0 + 5 + k'''$.
  D'où $x_2(t) = -5t^2/2 + V_0.t + 5.t - 5/2 - d$

Q2 Détermination des temps d'arrêts :

A $t = t_1$: M_1 s'arrête. $V_1(t_1) = -6t_1 + V_0 = 0 \Rightarrow t_1 = V_0/6 = 5$ s

A $t = t_2$: M_2 s'arrête. $V_2(t_2) = -5(t_2-1) + V_0 = 0 \Rightarrow t_2 = 1+V_0/5 = 7$ s

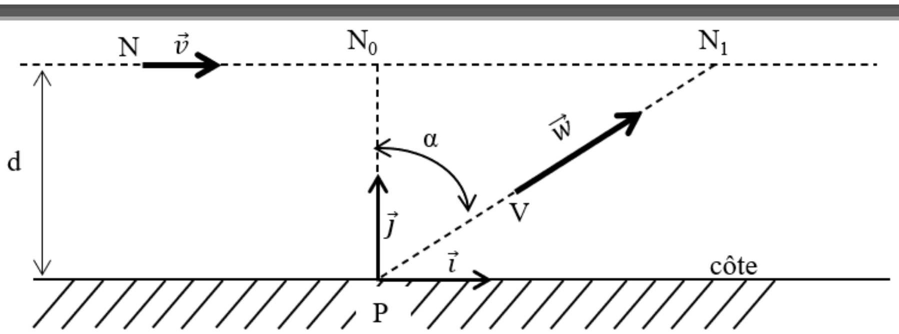
Détermination des distances d'arrêts :

$x_1(t_1) = -6{t_1}^2/2 + V_0.t_1 = 75$ m

$x_2(t_2) = -5{t_2}^2/2 + V_0.t_2 + 5.t_2 - 5/2 - d = 120 - d$

Pour que M2 s'arrête sans heurter M1, il faut la condition : $120 - d < 75 \Rightarrow$ **$d > 45$ m**

Exercice 2:



Q1 $\sin\alpha = \dfrac{N_0N_1}{N_1P}$ et $\cos\alpha = \dfrac{N_0P}{N_1P}$

d'où $N_1P = \dfrac{d}{\cos\alpha}$ ce qui donne : $t_1 = \dfrac{N_0N_1}{v} = \dfrac{d.\tan\alpha}{v}$

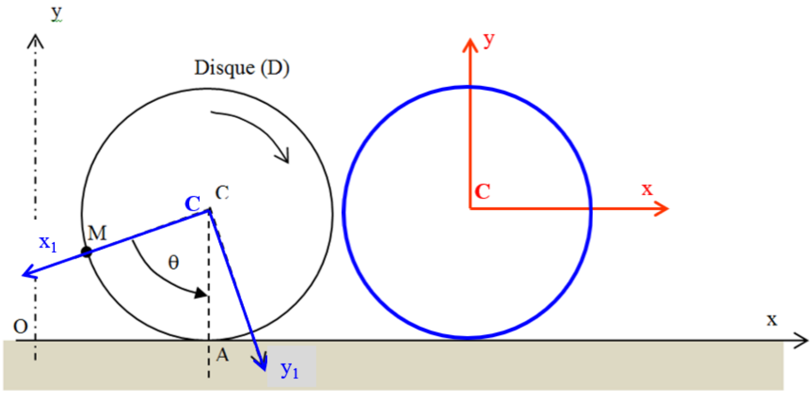
Q2 $t_1 = \dfrac{PN_1}{w} = \dfrac{d}{w.\cos\alpha}$

Q3 $\dfrac{d}{w.\cos\alpha} = \dfrac{d.\tan\alpha}{v}$ d'où $\sin\alpha = \dfrac{v}{w} = 1/2$ d'où $\alpha = 30°$

Q4 $\overrightarrow{N_0N} = v.t\,\vec{i}$ et $\overrightarrow{PV} = w.t.\sin\alpha\,\vec{i} + w.t.\cos\alpha\,\vec{j}$

Q5 $\overrightarrow{V_{navire}} = v\,\vec{i}$ et $\overrightarrow{V_{vedette}} = w.\sin\alpha\,\vec{i} + w.\cos\alpha\,\vec{j}$

Exercice 3:



- $R(O,\vec{x},\vec{y},\vec{z})$: repère fixe
- $R_c\,(C,\vec{x},\vec{y},\vec{z})$: repère mobile en translation horizontale par rapport à R.
- $R_1(C,\vec{x_1},\vec{y_1},\vec{z})$: repère mobile lié au disque en rotation autour de C par rapport à R_c

Q1 : $\overrightarrow{OM}=\overrightarrow{OA}+\overrightarrow{AC}+\overrightarrow{CM}=r\theta\,\vec{x}+r\,\vec{y}+r\vec{x}_1=(r\theta-r\sin\theta)\vec{x}+(r-r\cos\theta)\vec{y}=X(t)\vec{x}+Y(t)\vec{y}$

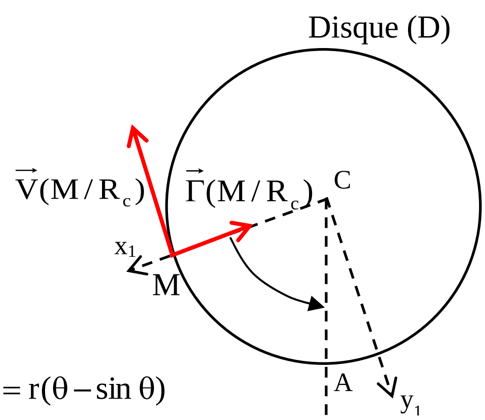
Q2 : $\overrightarrow{V(M/R)}=\dfrac{d}{dt}X(t)\vec{x}+\dfrac{d}{dt}Y(t)\vec{y}=r\dot{\theta}(1-\cos\theta)\vec{x}+r\dot{\theta}\sin\theta\,\vec{y}$

Q3 : $\vec{V}(M/R_c)=\dfrac{d}{dt}\overrightarrow{CM}=\dfrac{d}{dt}r(-\sin\theta\vec{x}-\cos\theta\vec{y})=-r\dot{\theta}\cos\theta\vec{x}+r\dot{\theta}\sin\theta\vec{y}$

Q4 : $\vec{\Gamma}(M/R_c)=\dfrac{d}{dt}\vec{V}(M/R_c)=\dfrac{d}{dt}(-r\dot{\theta}\cos\theta\vec{x}+r\dot{\theta}\sin\theta\vec{y})=(-r\ddot{\theta}\cos\theta+r\dot{\theta}^2\sin\theta)\vec{x}+(r\ddot{\theta}\sin\theta+r\dot{\theta}^2\cos\theta)\vec{y}$

Q5 : $\ddot{\theta}=0$ donc $\vec{\Gamma}(M/R_c)=r\dot{\theta}^2\sin\theta\,\vec{x}+r\dot{\theta}^2\cos\theta\,\vec{y}$ d'où $\vec{V}(M/R_c).\vec{\Gamma}(M/R_c)=0$

Q6 :

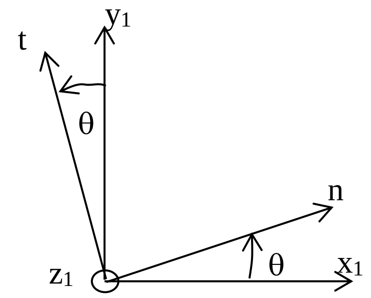


Q7 : $\begin{cases}X(\theta)=r(\theta-\sin\theta)\\ Y(\theta)=r-r\cos\theta\end{cases}$

Q8:

Exercice 4:

1)



2) $\overrightarrow{\Omega}_{2/1} = \dot{\theta}\overrightarrow{z_1}$

3) $\vec{V}(G \in 3/1) = \vec{V}(G \in 3/2) + \vec{V}(G \in 2/1) = \dfrac{d}{dt_{/2}}\overrightarrow{CG} + \vec{V}(C \in 2/1) + \overrightarrow{GC} \wedge \overrightarrow{\Omega}_{2/1}$

$= \dfrac{d}{dt_{/2}}\left(r(t)\vec{n}\right) - r(t)\vec{n} \wedge \dot{\theta}\overrightarrow{z_1} = \dot{r}(t)\vec{n} + r(t)\dot{\theta}\,\vec{t}$

4) $\vec{V}relative = \vec{V}(G \in 3/2) = \dot{r}(t)\vec{n}$ et $\vec{V}entraînement = \vec{V}(G \in 2/1) = r(t)\dot{\theta}\,\vec{t}$

5)

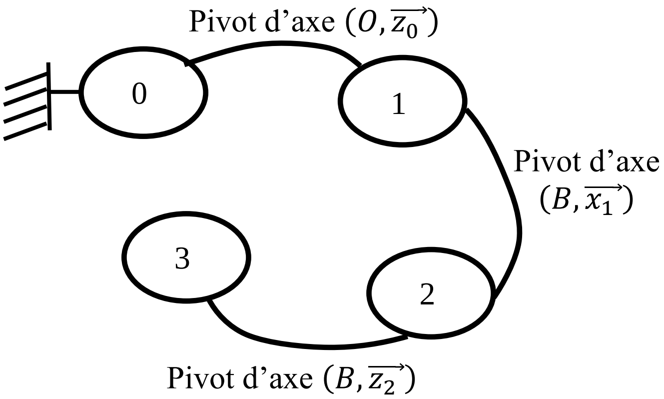
cas 1 : $\vec{V}(G \in 3/1) = r\omega\vec{t}$ vitesse tangente à la trajectoire qui est un cercle de centre C et de rayon r

cas 2 : $\vec{V}(G \in 3/1) = a\,\vec{n}$ vitesse suivant la droite $(C, \vec{n})$

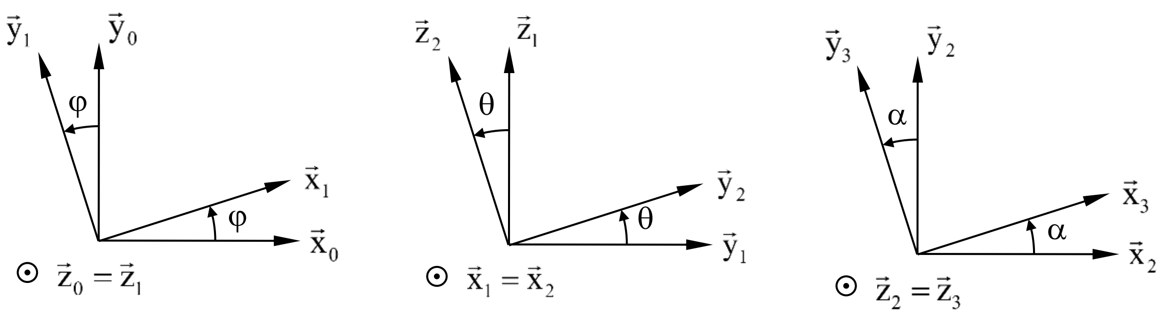
cas 3 : $\vec{V}(G \in 3/1) = a\,\vec{n} + r\omega\vec{t}$ direction donnée par la somme vectorielle

Exercice 5:

Q1 :



Q2 :



Q3 : $\overrightarrow{OD} = \overrightarrow{OB} + \overrightarrow{BD} = b\,\overrightarrow{z_0} + c\,\overrightarrow{x_3}$

Q4 : $\overrightarrow{V(D/R_0)} = \frac{d}{dt/0}\overrightarrow{OD} = \frac{d}{dt/0}(b\,\overrightarrow{z_0} + c\,\overrightarrow{x_3}) = \frac{d}{dt/0}(c\,\overrightarrow{x_3}) = c[\frac{d}{dt/3}\overrightarrow{x_3} + \overrightarrow{\Omega_{3/0}} \wedge \overrightarrow{x_3}] = c\,\overrightarrow{\Omega_{3/0}} \wedge \overrightarrow{x_3}$

$$= c\,\overrightarrow{\Omega_{3/0}} \wedge \overrightarrow{x_3} = c\left(\dot{\alpha}\overrightarrow{z_3} + \dot{\theta}\overrightarrow{x_2} + \dot{\varphi}\overrightarrow{z_1}\right) \wedge \overrightarrow{x_3}$$

$$= c\dot{\alpha}\overrightarrow{y_3} + c\dot{\theta}(cos\alpha\overrightarrow{x_3} - sin\alpha\overrightarrow{y_3}) \wedge \overrightarrow{x_3} + c\dot{\varphi}(cos\theta\overrightarrow{z_3} + sin\theta(cos\alpha\overrightarrow{y_3} + sin\alpha\overrightarrow{x_3})) \wedge \overrightarrow{x_3}$$

$$= c\dot{\alpha}\overrightarrow{y_3} + c\dot{\theta}sin\alpha\overrightarrow{z_3} + c\dot{\varphi}cos\theta\overrightarrow{y_3} - c\dot{\varphi}sin\theta cos\alpha\overrightarrow{z_3}$$

$$= \left|\begin{array}{c} 0 \\ c\dot{\alpha} + c\dot{\varphi}cos\theta \\ c\dot{\theta}sin\alpha - c\dot{\varphi}sin\theta cos\alpha \end{array}\right._{R3}$$

Q5 : $\overrightarrow{V(D/R_0)} = \left|\begin{array}{c} 0 \\ c\omega_2 \\ -c\omega_1\cos(\omega_2 t) \end{array}\right._{R3}$

Q6 : $\overrightarrow{\Gamma(D/R_0)} = \frac{d}{dt/0}(c\omega_2\overrightarrow{y_3} - c\omega_1\cos(\omega_2 t)\overrightarrow{z_3}) = c\omega_2\frac{d}{dt/0}\overrightarrow{y_3} + c\omega_1\omega_2\sin(\omega_2 t)\overrightarrow{z_3} - c\omega_1\cos(\omega_2 t)\frac{d}{dt/0}\overrightarrow{z_3}$

$$\frac{d}{dt/0}\overrightarrow{y_3} = \overrightarrow{\Omega_{3/0}} \wedge \overrightarrow{y_3} = (\omega_2\overrightarrow{z_3} + \omega_1\overrightarrow{z_1}) \wedge \overrightarrow{y_3} = -\omega_2\overrightarrow{x_3} + \omega_1(\cos\left(\frac{\pi}{2}\right)\overrightarrow{z_2} + \sin\left(\frac{\pi}{2}\right)\overrightarrow{y_2}) \wedge \overrightarrow{y_3}$$
$$= -\omega_2\overrightarrow{x_3} + \omega_1(\cos(\omega_2 t)\overrightarrow{y_3} + sin(\omega_2 t)\overrightarrow{x_3}) \wedge \overrightarrow{y_3} = -\omega_2\overrightarrow{x_3} + \omega_1 sin(\omega_2 t)\overrightarrow{z_3}$$

$$\frac{d}{dt/0}\overrightarrow{z_3} = \overrightarrow{\Omega_{3/0}} \wedge \overrightarrow{z_3} = (\omega_2\overrightarrow{z_3} + \omega_1\overrightarrow{z_1}) \wedge \overrightarrow{z_3} = \omega_1\overrightarrow{y_2} \wedge \overrightarrow{z_3} = \omega_1(\cos(\omega_2 t)\overrightarrow{y_3} + sin(\omega_2 t)\overrightarrow{x_3}) \wedge \overrightarrow{z_3}$$
$$= \omega_1\cos(\omega_2 t)\,\overrightarrow{x_3} - \omega_1 sin(\omega_2 t)\overrightarrow{y_3}$$

D'où $\overrightarrow{\Gamma(D/R_0)} = \left|\begin{array}{c} -c\omega_2^2 - c\omega_1^2\cos^2(\omega_2 t) \\ c\omega_1^2\cos(\omega_2 t)\sin(\omega_2 t) \\ 2c\omega_1\omega_2\sin(\omega_2 t) \end{array}\right._{R3}$

Q7 : $\overrightarrow{\Gamma(D/R_0)} = \left|\begin{array}{c} -c\omega^2(1 + \cos^2(\omega t)) \\ c\omega^2\cos(\omega t)\sin(\omega t) \\ 2c\omega^2\sin(\omega t) \end{array}\right._{R3}$ d'où

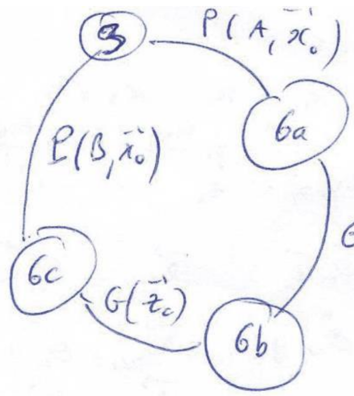
$$\left\|\overrightarrow{\Gamma(D/R_0)}\right\| = c\omega^2\sqrt{(1 + \cos^2(\omega t))^2 + \cos^2(\omega t)\sin^2(\omega t) + 4\sin^2(\omega t)} = c\omega^2\sqrt{4 - \cos^2(\omega t)}$$

$\left\|\overrightarrow{\Gamma(D/R_0)}\right\|_{max} = 2\,c\omega^2 < 2g$ d'où

$\omega < \sqrt{\frac{g}{c}}$ ce qui donne $\omega_{max} = 1.98\,rad/s = \frac{60}{2\pi} * 1.98\,trs/min \approx 19\,tours/min$

Exercice 9:

Q2 :



Q3 : entrée : $\theta(t)$
sortie : $\alpha(t)$

Q4 : $\mathcal{V}_{6a/3} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{\Omega}_{a/0} = \dot{\theta}\,\vec{x}_0 \\ \vec{V}(A \in 6a/3) = \vec{0} \end{array} \right\}_A$

$\mathcal{V}_{6c/3} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{\Omega}_{c/0} = \dot{\alpha}\,\vec{x}_0 \\ \vec{V}(B \in 6c/3) = \vec{0} \end{array} \right\}_B$.

$$\mathcal{V}_{6b/6a} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{\Omega}_{6b/6a} = \vec{0} \\ \vec{V}(C_1 \in 6b/6a) = \frac{d}{dt}\Big|_{6a} \vec{AC_1} = \dot{\lambda}\,\vec{y}_a \end{array} \right\}_A$$

$$\mathcal{V}_{6b/6c} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{\Omega}_{6b/6c} = \vec{0} \\ \vec{V}(C_2 \in 6b/6c) = \frac{d}{dt}\Big|_{6c} \vec{BC_2} = \dot{\mu}\,\vec{z}_c \end{array} \right\}_B$$

$$\vec{\Omega}_{3/6a} + \cancel{\vec{\Omega}_{6a/6b}} + \cancel{\vec{\Omega}_{6b/6c}} + \vec{\Omega}_{6c/3} = \vec{0}$$

$$\Rightarrow -\dot{\theta} + \dot{\alpha} = 0 \quad \Rightarrow \quad \dot{\alpha} = \dot{\theta}.$$

Q7 : $\vec{V}(C_1 \in 6b/6a) = \,?$

$$= \vec{V}(A \in 6b/6a) + \cancel{\vec{C_1A} \wedge \vec{\Omega}_{6b/6a}} = \dot{\lambda}\,\vec{y}_a$$

$$= \vec{V}(A \in 6b/6c) + \vec{V}(A \in 6c/3) + \vec{V}(A \in 3/6a)$$

$$= \dot{\mu}\,\vec{z}_c + \vec{AB} \wedge \vec{\Omega}_{6c/3} = \dot{\mu}\,\vec{z}_c + (-f\,\vec{y}_0 + e\,\vec{x}_0) \wedge \dot{\theta}\,\vec{x}_0$$

$$= \dot{\mu}\,\vec{z}_c + f\dot{\theta}\,\vec{z}_0 = \dot{\lambda}\,\vec{y}_a.$$

$$x_0 \xrightarrow{\theta} x_a \qquad x_0 \xrightarrow{\alpha} x_c$$
$$y_0 \quad y_a \qquad y_0 \quad y_c$$
$$z_0 \quad z_a \qquad z_0 \quad z_c$$

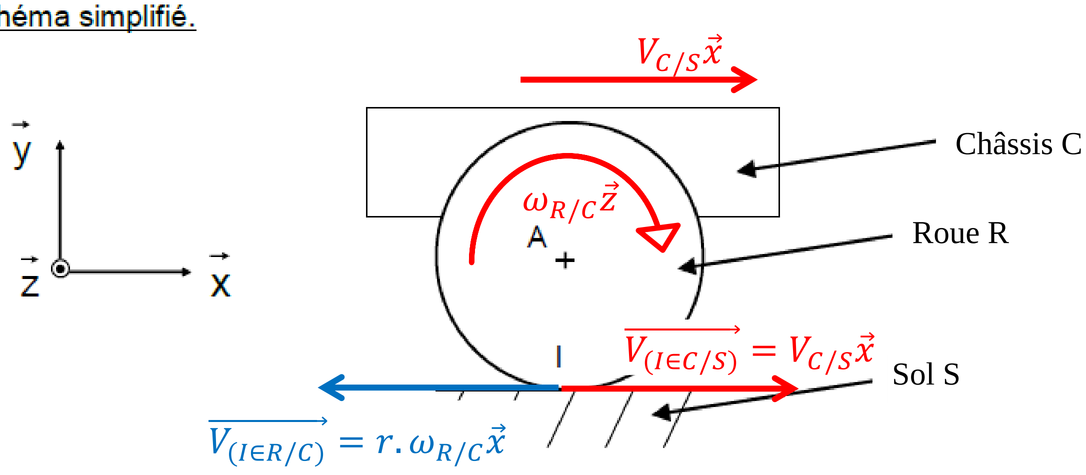
$\Rightarrow \dot{\lambda} =$ proj sur R_0 : ~~$\dot{\lambda} = \dot{\mu}$~~

$$\begin{array}{l|l} y_0 & \dot{\lambda}\cos\theta = -\dot{\mu}\sin\theta \quad (\times\cos\theta) \\ z_0 & \dot{\lambda}\sin\theta = \dot{\mu}\cos\theta + f\dot{\theta} \quad (\times\sin\theta) \end{array} \Bigg) \oplus$$

$$\Rightarrow \boxed{\dot{\lambda} = f\dot{\theta}\sin\theta.}$$

Exercice 12 :

Schéma simplifié.



On part de la condition de roulement sans glissement au contact roue /sol en I : $\overrightarrow{V_{(I\in R/S)}} = \vec{0}$

On applique la méthode générale. On décompose le mouvement de roulement sans glissement. Il y a rotation autour de A de la roue R par rapport au châssis du véhicule et translation rectiligne du châssis par rapport au sol.

$$\overrightarrow{V_{(I\in R/S)}} = \vec{0} = \overrightarrow{V_{(I\in R/C)}} + \overrightarrow{V_{(I\in C/S)}} = \underbrace{\cancel{\overrightarrow{V_{(A\in R/C)}}}}_{\text{Centre rotation}} + \overrightarrow{IA}\wedge\overrightarrow{\Omega_{R/C}} + \overrightarrow{V_{(P\in C/S)}} + \overrightarrow{IP}\wedge\underbrace{\cancel{\overrightarrow{\Omega_{C/S}}}}_{\text{translation}}$$

$$\text{D'où : } \vec{0} = r\vec{y}\wedge\omega_{R/C}\vec{z} + V_{C/S}\vec{x} = (r.\omega_{R/C} + V_{C/S})\vec{x}$$

$$\text{Par projection sur } \vec{x} \text{ : } \boldsymbol{V_{C/S} = -r.\omega_{R/C}}$$

Interprétation analytique : la vitesse de translation est proportionnelle au rayon et à la vitesse de rotation. Avec ce paramétrage, si $\omega_{R/C} < 0$ alors $V_{C/S} > 0$ (voir schéma)

Interprétation graphique : $\vec{0} = \overrightarrow{V_{(I\in R/C)}} + \overrightarrow{V_{(I\in C/S)}}$

$$\text{D'où : } \overrightarrow{V_{(I\in C/S)}} = -\overrightarrow{V_{(I\in R/C)}} \qquad \text{(voir schéma)}$$

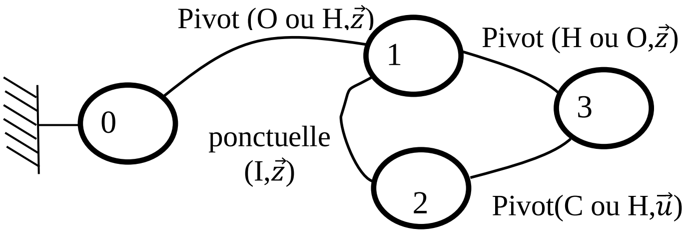
Modèle cinématique très très très utilisé (à retenir en norme : « **V**itesse = **R**ayon.**ω**rotation ») puisque beaucoup de mécanismes de transformation de mouvement utilisent la condition de RSG. Cette condition permet de transmettre ou transformer un mouvement sans perte énergétique alors qu'il y a du frottement. Les seules pertes viennent de la déformation des surfaces au contact qu'on minimise en gonflant les pneus…(faites le test sur un vélo quand cela sera possible…)

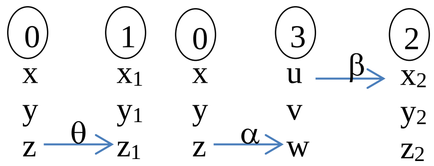
Exercice 13 :

Q1. Sous-entendu le maintien du contact avec roulement sans glissement : $\overrightarrow{V_{(I\in 2/1)}}=\vec{0}$

Q2. $\overrightarrow{V_{(H\in 2/1)}}=\overrightarrow{V_{(H\in 2/3)}}+\overrightarrow{V_{(H\in 3/1)}}=\vec{0}$ car H se situe à l'intersection des axes des liaisons pivot 2/3 et 3/1.

Pour info voici le graphe des liaisons :





Q3. $\overrightarrow{V_{(I\in 2/1)}}=\overrightarrow{V_{(I\in 2/3)}}+\overrightarrow{V_{(I\in 3/0)}}-\overrightarrow{V_{(I\in 1/0)}}$

$$=\overrightarrow{IC}\wedge\overrightarrow{\Omega_{2/3}}+\overrightarrow{IH}\wedge\overrightarrow{\Omega_{3/0}}-\overrightarrow{IH}\wedge\overrightarrow{\Omega_{1/0}}$$

$$=r\vec{z}\wedge\dot{\beta}\,\vec{u}+(\overrightarrow{IC}+\overrightarrow{CH})\wedge(\overrightarrow{\Omega_{3/0}}-\overrightarrow{\Omega_{1/0}})$$

$$=r\,\dot{\beta}\vec{v}+(r\vec{z}-d\vec{u})\wedge\left(\dot{\alpha}\vec{z}-\dot{\theta}\vec{z}\right)=r\,\dot{\beta}+d(\dot{\alpha}-\dot{\theta})\vec{v}$$

Q4. $\overrightarrow{V_{(I\in 2/1)}}=\vec{0}$ d'où : $r\,\dot{\beta}+d\left(\dot{\alpha}-\dot{\theta}\right)=0$

$$\overrightarrow{\Omega_{2/1}}=\overrightarrow{\Omega_{2/3}}+\overrightarrow{\Omega_{3/0}}-\overrightarrow{\Omega_{1/0}}=\dot{\beta}\,\vec{u}+\dot{\alpha}\vec{z}-\dot{\theta}\vec{z}=\dot{\beta}\,\vec{u}-\frac{r}{d}\,\dot{\beta}\vec{z}$$

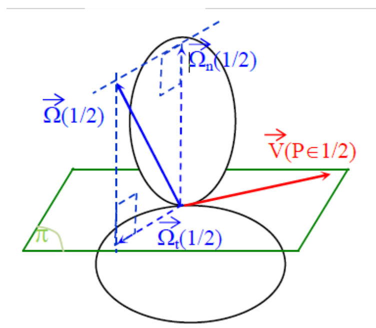
Q5. $\overrightarrow{\Omega_{2/1}}=\overrightarrow{\Omega_{2/1}{}^{roulement}}+\overrightarrow{\Omega_{2/1}{}^{pivotement}}$

Q6.

Le vecteur rotation de pivotement est dirigé par la normale au plan tangent commun au contact (ici $\vec{z}$)

Le vecteur rotation de roulement est parallèle au plan tangent commun au contact (ici $\vec{u}$)

Donc : $\overrightarrow{\Omega_{2/1}{}^{roulement}}=\dot{\beta}\,\vec{u}$ et $\overrightarrow{\Omega_{2/1}{}^{pivotement}}=-\frac{r}{d}\,\dot{\beta}\vec{z}$

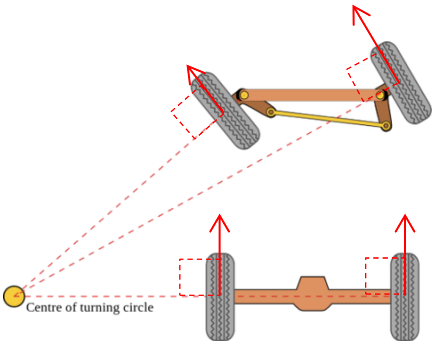


Eléments du cours

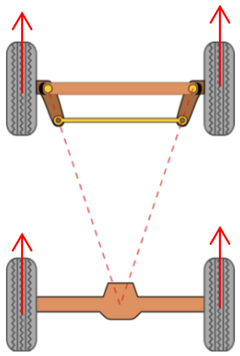
Bilan : on est sur un mécanisme aux mouvements spatiaux (3D). On ne voit pas forcément ce qui se passe.
Il faut bien comprendre le paramétrage (changements de bases) et lire le schéma cinématique (caractéristiques des liaisons) pour traduire le RSG (Q3).
Comme dans beaucoup de problème de cinématique, l'objectif ici est de définir les lois de commandes des moteurs animant chacune des liaisons pivots du schéma cinématique (Q4).

Exercice 14 :

La problématique de la voiture en virage : une voiture en virage tourne autour d'un point appelé Centre instantané de rotation (voir cours Cinématique chapitre 5). Ce point correspond au centre d'un rond-point circulaire lorsque le véhicule circule dessus. En ligne droite, ce C.I.R se retrouve à l'infini (sur la perpendiculaire au vecteur vitesse). D'où son caractère instantané. Il n'est pas fixe par rapport au sol.



En virage : les axes des roues se coupent au C.I.R

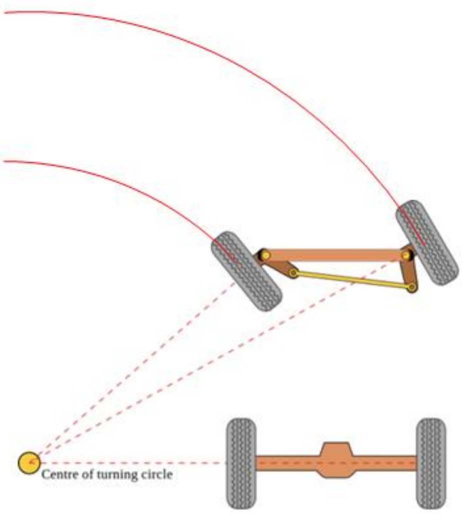


En ligne droite : les axes des roues sont parallèles

Les vecteurs en rouge sont les vecteurs vitesses des centres des roues par rapport au sol

La conception des trains avant de nos voitures assure des angles de braquage différents. La roue intérieure au virage braque plus que la roue extérieure au virage.

Sur un laps de temps donné, le centre de la roue intérieure suit une trajectoire circulaire de rayon inférieur au cercle décrit par le centre de la roue extérieure. La roue intérieure doit donc tourner moins vite que la roue extérieure puisqu'elles roulent sans glisser sur le sol (cela explique également le décalage sur la ligne de départ des coureurs sur stade lorsqu'ils effectuent des courses > 100 m). Si ces roues sont motrices, il faut donc que la vitesse de rotation imposée par le moteur de la voiture soit répartie différemment entre les deux roues avant (véhicule dit à traction) ou arrière (véhicule dit à propulsion). C'est à cela que sert un différentiel (lien : https://www.qwant.com/?q=différentiel&t=videos&o=0:8c90b6730dd26957212bba49a347f8d6)

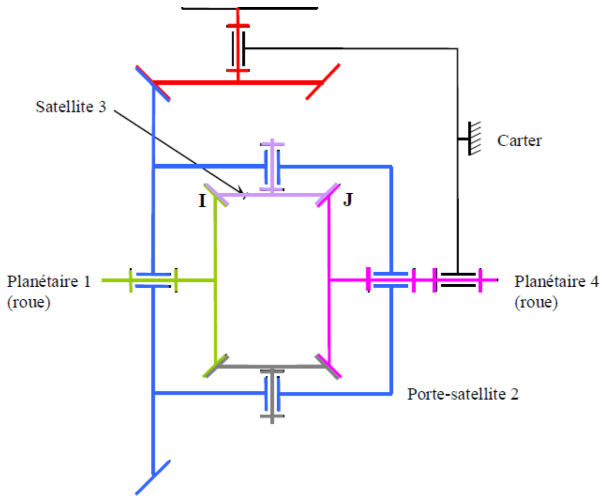


Trajectoires circulaires des centres des roues dans un virage

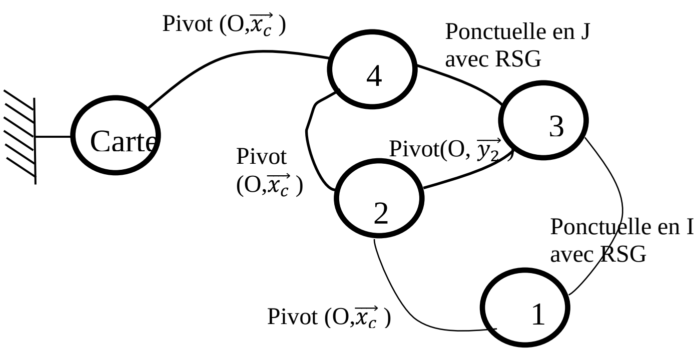
La problématique de l'exercice : j'ai volontairement réduit l'énoncé à son strict minimum. Le schéma cinématique non paramétré.
La loi entrée/sortie recherchée ne fait intervenir aucune caractéristique géométrique.

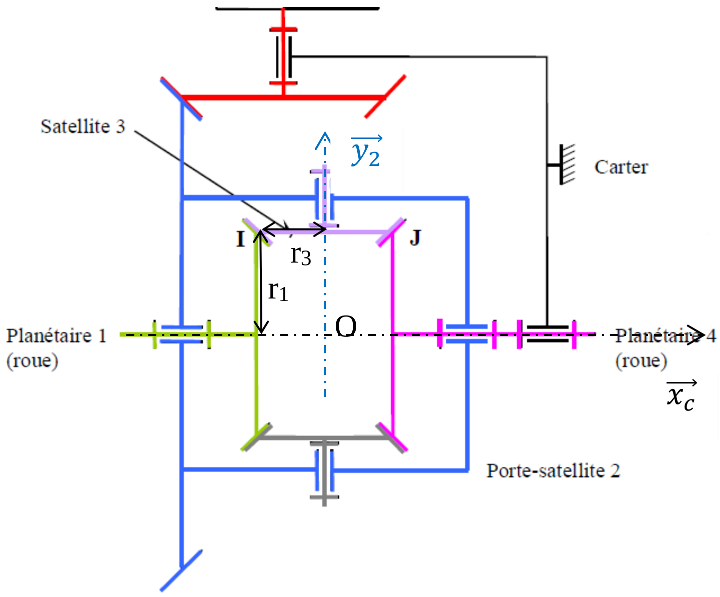
C'est un système d'engrenages. On va donc utiliser les conditions de roulement sans glissement au point de contact I et J des engrenages coniques 1/3 et 4/3.

On va au préalable définir un peu la géométrie (points centres de liaison et dimensions permettant de les positionner) pour pouvoir faire du calcul.



Graphe des liaisons sans les solides rouge et gris :





Bilan des mouvements :

- 1,2,4 tournent autour de l'axe fixe (O,$\vec{x_c}$)
  $\Rightarrow \overrightarrow{V_{(O\in 1/C)}} = \overrightarrow{V_{(O\in 2/C)}} = \overrightarrow{V_{(O\in 4/C)}} = \vec{0}$
- 3 (et son homologue gris) tourne autour de l'axe lié au solide 2 (O, $\vec{y_2}$) $\Rightarrow \overrightarrow{V_{(O\in 2/3)}} = \vec{0}$

RSG en I : $\overrightarrow{V_{(I\in 1/3)}} = \vec{0} = \overrightarrow{V_{(I\in 1/C)}} + \overrightarrow{V_{(I\in C/2)}} + \overrightarrow{V_{(I\in 2/3)}} = \overrightarrow{IO} \wedge \overrightarrow{\Omega_{1/C}} - \overrightarrow{IO} \wedge \overrightarrow{\Omega_{2/C}} - \overrightarrow{IO} \wedge \overrightarrow{\Omega_{3/2}}$

D'où : $(r_3\vec{x_c} - r_1\vec{y_2}) \wedge (\omega_{1/C}\vec{x_c} - \omega_{2/C}\vec{x_c} - \omega_{3/2}\vec{y_2}) = \vec{0} \Rightarrow \big(-r_3\omega_{3/2} + r_1(\omega_{1/C} - \omega_{2/C})\big)\vec{z_2} = \vec{0}$

D'où : $r_3\omega_{3/2} = r_1(\omega_{1/C} - \omega_{2/C})$

On recommence en J : $\overrightarrow{V_{(J\in 4/3)}} = \vec{0} = \overrightarrow{V_{(J\in 4/C)}} + \overrightarrow{V_{(J\in C/2)}} + \overrightarrow{V_{(J\in 2/3)}} = \overrightarrow{JO} \wedge \overrightarrow{\Omega_{4/C}} - \overrightarrow{JO} \wedge \overrightarrow{\Omega_{2/C}} - \overrightarrow{JO} \wedge \overrightarrow{\Omega_{3/2}}$

D'où : $(-r_3\vec{x_c} - r_1\vec{y_2}) \wedge (\omega_{4/C}\vec{x_c} - \omega_{2/C}\vec{x_c} - \omega_{3/2}\vec{y_2}) = \vec{0} \Rightarrow \big(r_3\omega_{3/2} + r_1(\omega_{4/C} - \omega_{2/C})\big)\vec{z_2} = \vec{0}$

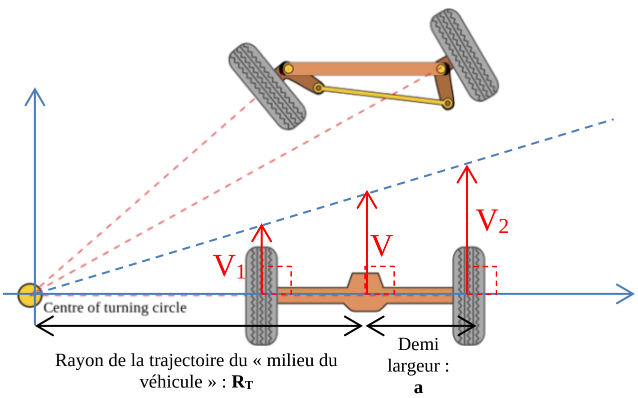
D'où : $r_3\omega_{3/2} = r_1(-\omega_{4/C} + \omega_{2/C})$

En éliminant $\omega_{3/2}$ (mouvement interne) : $r_1(\omega_{1/C} - \omega_{2/C}) = r_1(-\omega_{4/C} + \omega_{2/C})$

Ce qui donne : $2.\,\omega_{2/C} = \omega_{1/C} + \omega_{4/C}$

Interprétation :

- en ligne droite, la vitesse du moteur est répartie de manière égale sur chacune des roues
- en virage, la diminution de vitesse de la roue intérieure est l'augmentation de vitesse de la roue extérieure au virage



Véhicule à propulsion : le moteur entraîne les roues arrière pour générer V

La loi de distribution des vitesses est triangulaire : mouvement de rotation autour du C.I.R.

$V_1 = (R_T - a)\omega_{voiture/sol}$: vitesse centre roue gauche
$V_2 = (R_T + a)\omega_{voiture/sol}$: vitesse centre roue droite
$V = R_T\,\omega_{voiture/sol}$: vitesse du point milieu

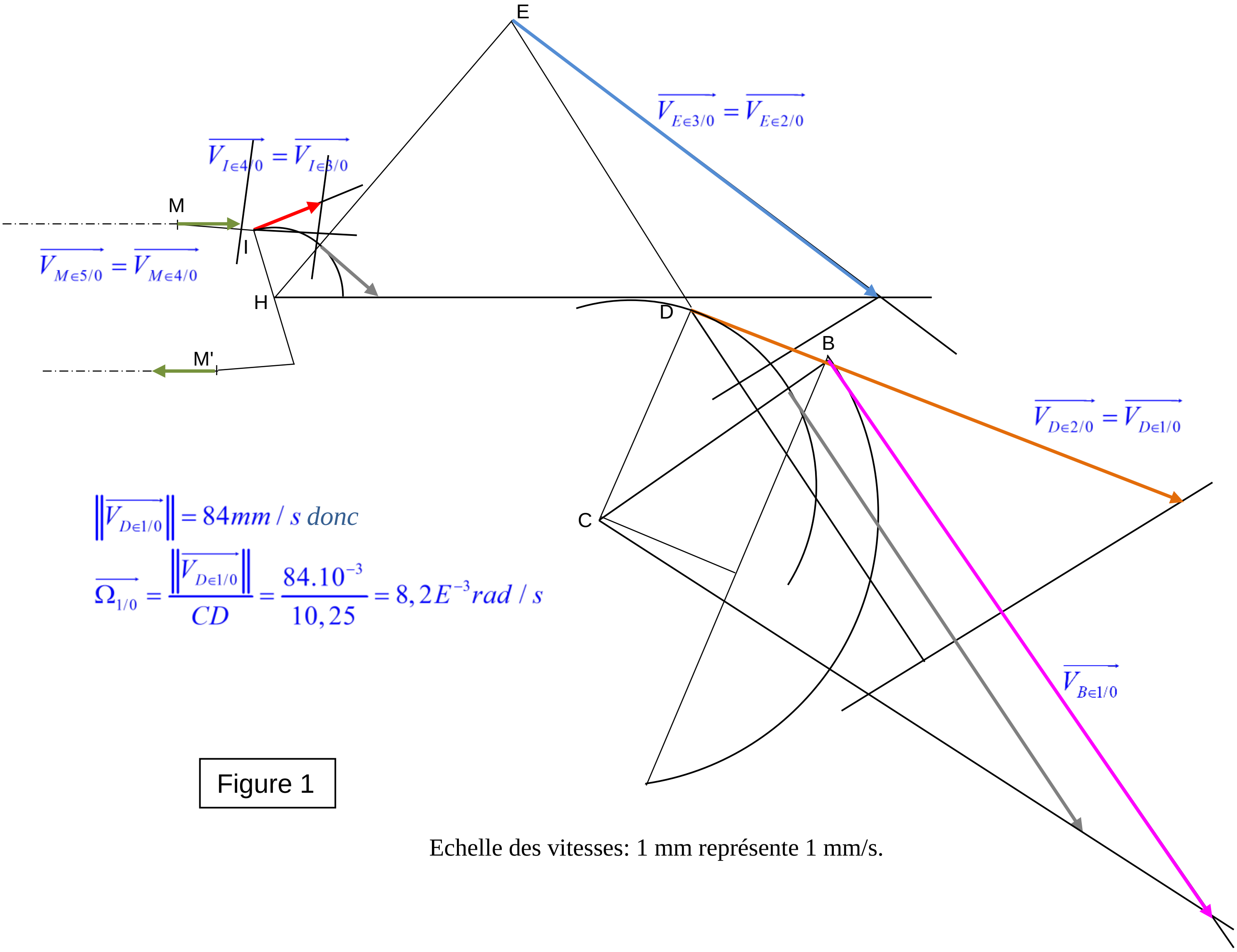
RSG des roues sur le sol :
$V_1 = R\,\omega_{roue\ gauche/voiture}$: avec R, rayon de la roue
$V_2 = R\,\omega_{roue\ droite/voiture}$

D'où : $V = V_1 + V_2 = R(\omega_{roue\ gauche/voiture} + \omega_{roue\ droite/voiture})$

La somme des vitesses angulaires des roues motrices est la même qu'on soit en ligne droite ou en courbe. C'est ce que permet le différentiel en courbe

Exercice 15 :

On se place en début d'ouverture de la porte et la vitesse de **sortie** du piston **5** (et donc de rentrée du piston **5'**) est de 10 mm/s. On



Echelle des vitesses: 1 mm représente 1 mm/s.

Course = MM_1 en prenant en compte l'échelle (CD = 10,5 m)

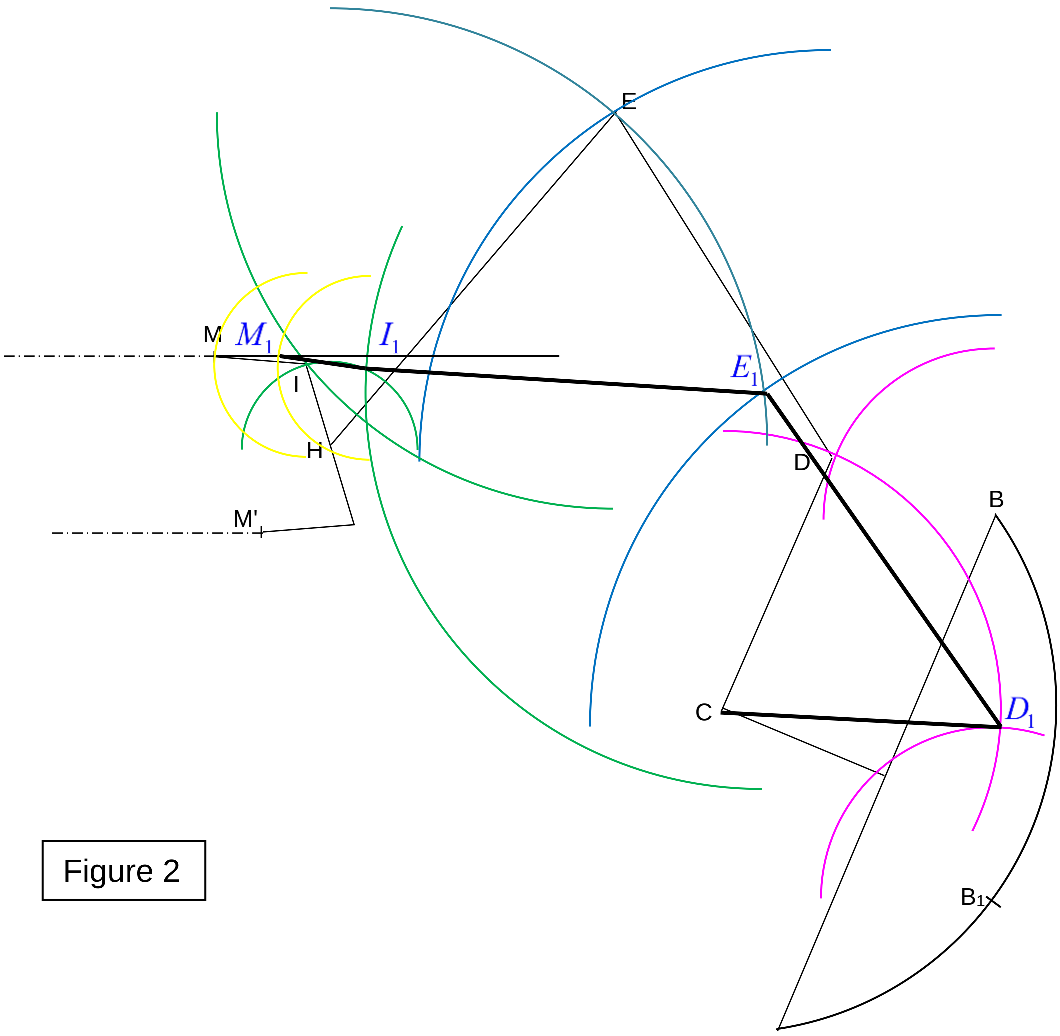


Figure 2