

CLEVER Véhicule pendulé

Un consortium européen a lancé un projet visant à développer un nouveau concept de véhicule adapté à la circulation en ville : le projet CLEVER. Ce véhicule urbain pour deux personnes offre le confort et la sécurité de voitures traditionnelles (carrosserie intégrale) tout en procurant les sensations de conduite d'une moto. Un prototype est aujourd'hui opérationnel. BMW étudie les possibilités d'industrialisation



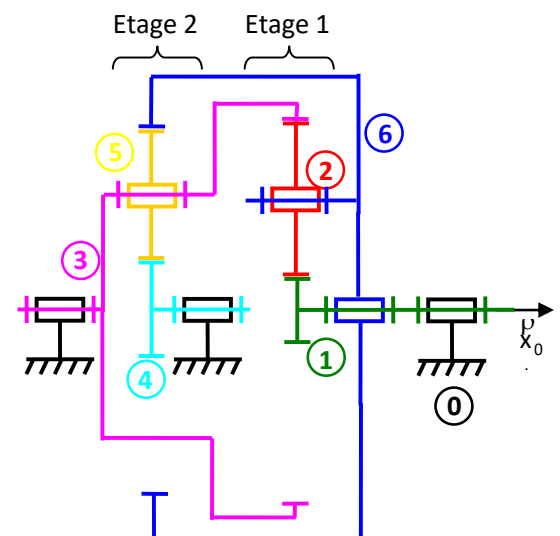
On s'intéresse dans ce sujet au système de pendulation. L'objectif de sa conception est d'atteindre un angle optimal en régime établi de manière à respecter le cahier des charges (éviter le basculement et limiter l'accélération centripète ressentie par le conducteur).



Le cahier des charges partiel relatif au projet est le suivant :

Exigences	Critères	Niveaux
Le système doit permettre le transport	Vitesse de pointe	100 km/h
	Nombre d'occupants	2
	Nombre de roues	3
	Dimensions	Longueur : 3086 mm Largeur : 938 mm Hauteur 1388 mm Distance entre roues avant et arrière : 2450 mm Ecartement des roues arrière : 835 mm Diamètre des roues : 71 cm
	Temps d'accélération de 0 à 60 km/h	< 7s
Le système doit assurer la sécurité	Inclinaison de la cabine	$\pm 45^\circ$
	Vitesse limite en virage serré avant basculement	50 km/h pour un virage de rayon 30 m

La transmission du Clever est composée d'une boîte automatique de vitesse représentée sur le schéma cinématique suivant. La boîte est composée de 2 étages de trains épicycloïdaux dont la sortie et l'entrée peut varier en fonction des rapports de réduction désirés. Les différents rapports de réduction dépendent des solides qui sont bloqués dans la les trains épicycloïdaux. Les embrayages, qui permettent notamment d'automatiser le comportement de la boîte en bloquant les différentes pièces ne sont pas représentés ici.



L'arbre de sortie (relié aux roues) est toujours 3

Il y a 4 configurations possibles :

- 1- Le pignon 1 est bloqué, 6 est alors l'entrée
- 2- Les pièces 1 et 6 sont liées ($\omega_{1/0} = \omega_{6/0}$), 1 est l'entrée
- 3- Le pignon 4 est bloqué, 1 est l'entrée
- 4- La couronne 6 est bloquée, 1 est l'entrée

Q1. Compléter le tableau 1 du document réponse en utilisant notamment les contraintes géométriques données par les diamètres des roues.

Q2. En déduire la raison basique des deux étages de train épicycloïdaux : λ_1 et λ_2 puis écrire les 2 relations liant $\lambda_1, \lambda_2, \omega_{1/0}, \omega_{3/0}, \omega_{4/0}$ et $\omega_{6/0}$.

Q3. Compléter le tableau 2 **en justifiant sur votre copie** les valeurs des rapports de réduction de la boîte de vitesse dans les 4 configurations possibles.

Ecrire la formule analytique, puis avec l'application numérique, déterminer s'il s'agit d'un cas de réduction ou de multiplication ainsi que le numéro de la vitesse de boîte correspondant.

Q4. Le Clever possède un réducteur supplémentaire de rapport 0.14 positionné entre le moteur et la boîte de vitesse.

En prenant comme hypothèse que la vitesse maximale de Clever est atteinte en ligne droite (c'est à dire pour un rapport de réduction entre la boîte de vitesse et les roues égal à 1) et pour le plus grand rapport de la boîte de vitesse, déterminer la vitesse maximale du moteur correspondant au cahier des charges.

Donner la vitesse moteur en tr/min

Tableau 1 :

	Nb de dents Z	Module (mm)	Diamètre primitif (mm)
Pignon 1	16	2	
Roue 2			
Couronne 3	106		
Pignon 4		3	72
Roue 5			
Couronne 6	92		

<https://www.youtube.com/watch?v=6apFs3IMNCg> (automatique)

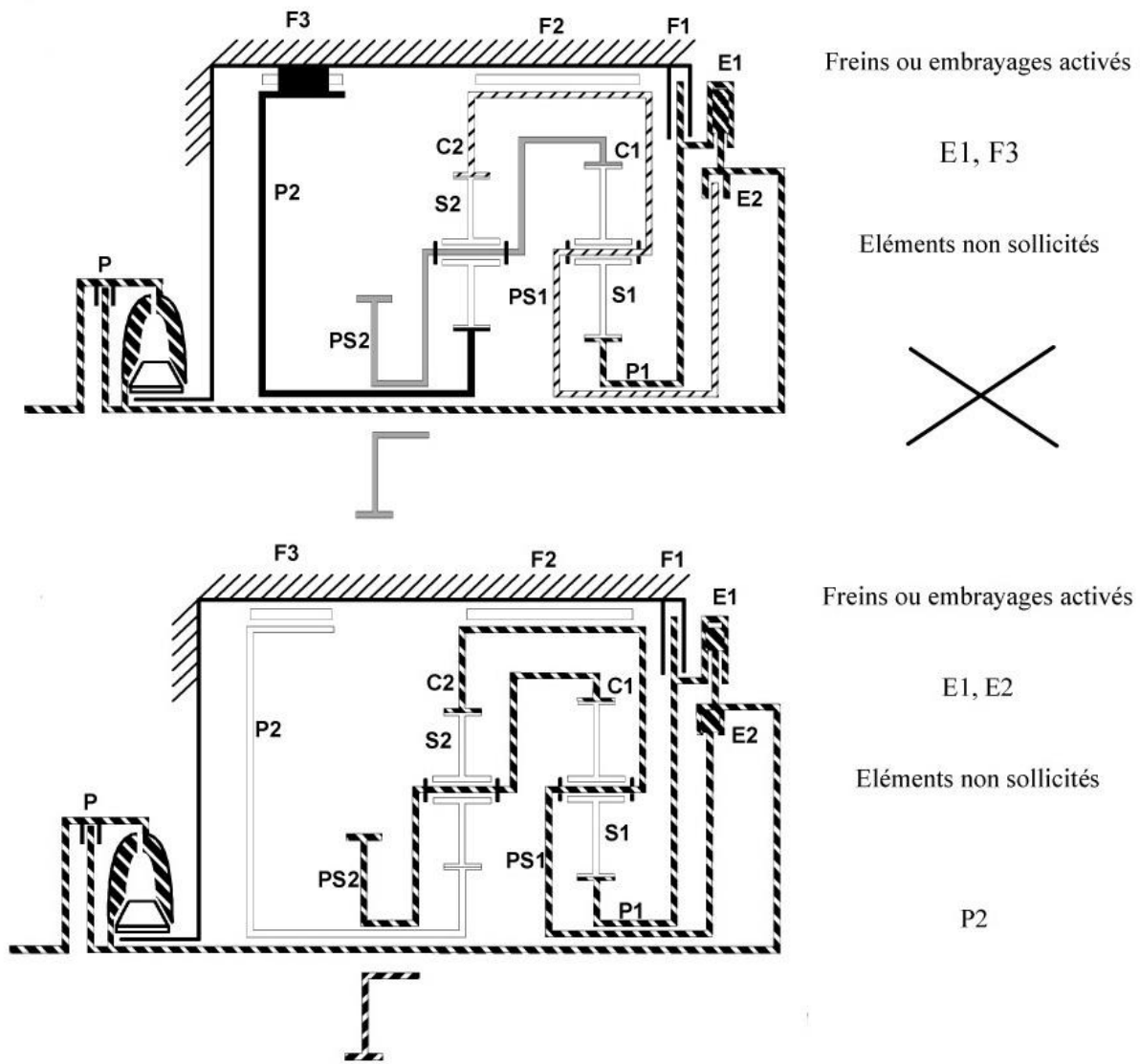
<https://www.youtube.com/watch?v=Usx6bIKElb4> (manuelle)

Pièces bloquées	Rapport de réduction Expression	Application numérique	Réducteur ou multiplicateur	Vitesse
1 bloqué Entrée 6	$\frac{\omega_{3/0}}{\omega_{6/0}} =$	$\frac{\omega_{3/0}}{\omega_{6/0}} =$		
1 et 6 liées Entrée 1	$\frac{\omega_{3/0}}{\omega_{1/0}} =$	$\frac{\omega_{3/0}}{\omega_{1/0}} =$		
4 bloqué Entrée 1	$\frac{\omega_{3/0}}{\omega_{1/0}} =$	$\frac{\omega_{3/0}}{\omega_{1/0}} =$		
6 bloqué Entrée 1	$\frac{\omega_{3/0}}{\omega_{1/0}} =$	$\frac{\omega_{3/0}}{\omega_{1/0}} =$		

Exemples de boîte de vitesse

Voici 2 montages d'une boîte de vitesse, calculez dans chacun des cas le rapport correspondant $\frac{\omega_{PS2}}{\omega_p}$.

$Z_{P1} = 30 ; Z_{S1} = 43 ; Z_{C1} = 116 ; Z_{P2} = 35 ; Z_{S2} = 33 ; Z_{C2} = 101$



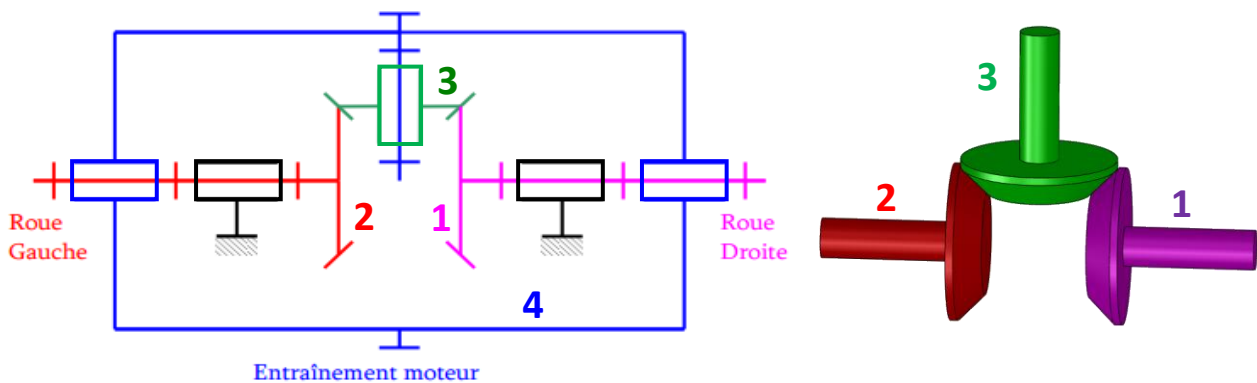
Différentiel de voiture

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.

Comme la plupart des voitures la Formule 1 dispose d'un différentiel.



La puissance développée par le moteur est transmise et adaptée par une boîte de vitesse et par un différentiel qui répartit la puissance sur les roues avants. On donne ci-dessous une modélisation de ce différentiel qui est un train épicycloïdal sphérique.



Sur un train épicycloïdal sphérique, la raison basique du train est toujours calculée à partir des roues menantes et des roues menées mais il faut d'abord déterminer le sens de rotation des roues pour connaître le signe de la raison basique.

- Q1. Déterminer, en indiquant des flèches sur le dessin du document réponse 2, le sens de rotation des roues 1, 2 et 3, dans le cas où 4 est le référentiel (fixe). En déduire le signe de la raison basique λ .
- Q2. A partir du nombre de dents Z_1, Z_2, Z_3 , déterminer la valeur numérique de λ .
- Q3. Ecrire alors la relation de Willis en fonction de la raison basique λ .
- Q4. Sachant que la roue gauche est bloquée, donner le rapport de réduction entre la vitesse de rotation de la roue droite et celle de l'entraînement moteur.
- Q5. La roue droite tournant à 300tr/min, en déduire la vitesse de rotation de l'entraînement moteur.

Moyeu Shimano Nexus Inter 7

Attentive aux usages multiples du vélo, la société Shimano développe depuis plusieurs années déjà le composant Nexus (Figure 1), destiné à un usage citadin. Cette gamme d'équipement s'inscrit dans cette continuité d'évolution du système de changement de vitesses pour répondre à une clientèle plus préoccupée par le confort d'utilisation du vélo que par la performance sportive.

Sur ce type de composants, le système de changement de vitesses est intégré au moyeu arrière, ce qui offre un grand confort d'utilisation par rapport au système traditionnel (pignons/plateaux/dérailleur). En effet, les points mis en avant par la société Shimano pour son système Nexus sont :

- la suppression du saut de chaîne, celle-ci s'enroulant sur un seul couple de plateau et pignon ;
- la possibilité d'enfermer la chaîne dans un carter ;
- la possibilité de passer les vitesses à l'arrêt ;
- la réalisation d'une transmission robuste et de faible entretien.



Fig. 1 Photo du moyeu arrière Shimano Nexus Inter 7 avec frein.

L'entretien est fortement diminué puisque le graissage est assuré à vie et qu'aucun organe sensible n'est exposé aux corps étrangers (poussières, eau...) ou aux chocs. La robustesse des trains à planétaires réalisant la transmission du pignon à la roue arrière assure la longévité du mécanisme. La possibilité d'enfermer dans un carter l'ensemble plateau – chaîne – pignon d'entrée du système Nexus, permet de diminuer encore l'entretien et d'apporter une protection pour l'utilisateur.

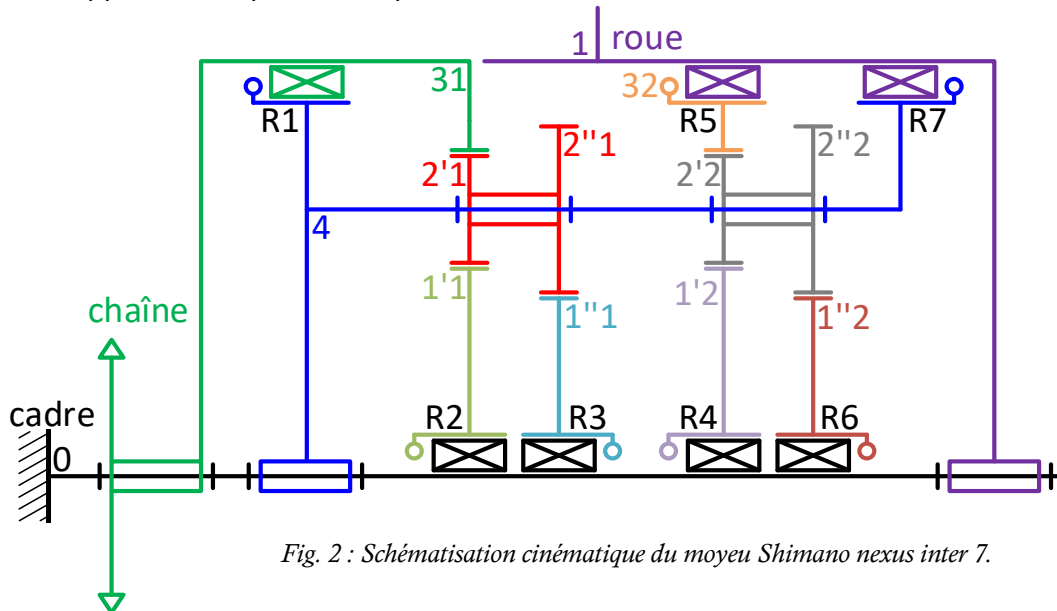


Fig. 2 : Schématisation cinématique du moyeu Shimano nexus inter 7.

Les trains sont plans : tous les taux de rotation sont portés par l'axe principal du système, noté \vec{x} . Ainsi, on introduit les vitesses ω_{ij} telles que : $\overline{\Omega}(ij/0) = \omega_{ij} \cdot \vec{x}$, où :

- i est le numéro de la pièce, planétaire ou porte-satellites d'un train (tous les planétaires sont en liaison pivot d'axe $(0, \vec{x})$ avec le cadre 0).
- j est le numéro du train : 1 ou 2
- 0 est le repère associé au cadre du vélo

Par exemple, $\omega_{1'1}$ représente la vitesse du planétaire intérieur (1'1) situé dans le premier train.

- Q1. Pour chacun des 7 embrayages du système, indiquez l'équation découlant de la situation d'embrayage fermé.
- Q2. En considérant la première partie du train 1 volontairement isolé sur la Fig. 3, donner l'équation (1) découlant de la relation de Willis. On l'exprimera sous la forme ci-dessous en introduisant le paramètre $\lambda_{1'}$ appelé raison de base du train 1'.

$$\omega_{1'1} - \lambda_{1'} \omega_{31} + (\lambda_{1'} - 1)\omega_4 = 0 \tag{1}$$

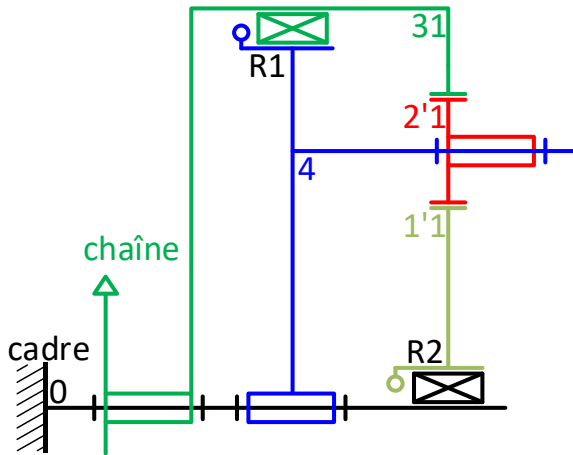


Fig. 4 : premier partie du train 1.

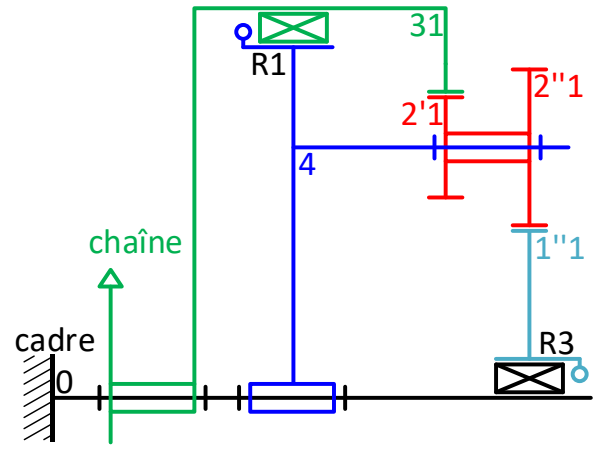


Fig. 5 : deuxième partie du train 1.

Q3. En considérant le deuxième partie du train 1 volontairement isolé ci-dessus, donner l'équation (2) découlant de la relation de Willis. On l'exprimera sous la forme ci-dessus en introduisant le paramètre $\lambda_{1''}$ appelé raison de base du train 1''.

$$\omega_{1''1} - \lambda_{1''} \omega_{31} + (\lambda_{1''} - 1)\omega_4 = 0 \tag{2}$$

Q4. De la même manière, en considérant successivement les deux parties du train 2, donner les équations (3) et (4) découlant de la relation de Willis. On les exprimera sous la forme ci-dessus en introduisant les paramètres $\lambda_{2'}$ et $\lambda_{2''}$.

$$\omega_{1'2} - \lambda_{2'} \omega_{32} + (\lambda_{2'} - 1)\omega_4 = 0 \tag{3}$$

$$\omega_{1''2} - \lambda_{2''} \omega_{32} + (\lambda_{2''} - 1)\omega_4 = 0 \tag{4}$$

Nous cherchons à exprimer le rapport de réduction du moyeu : $r = \omega_1 / \omega_{31}$. Pour le bon fonctionnement du moyeu, il est nécessaire de fixer 3 des 7 embrayages. Les 9 combinaisons possibles, de A à I, sont données dans le tableau ci-dessous.

Q5. Pour chaque combinaison, déterminer le rapport de réduction du moyeu r . Pour cela, on s'appuiera sur les équations (1) à (4) et les relations de la Q1. On fera les applications numériques avec les nombres de dents suivants :

$$Z_{1'1} = 41 ; Z_{1''1} = 36 ; Z_{2'1} = 14 ; Z_{2''1} = 20 ; Z_{31} = 72$$

$$Z_{1'2} = 36 ; Z_{1''2} = 30 ; Z_{2'2} = 14 ; Z_{2''2} = 19 ; Z_{32} = 66$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Embrayage serré	2	3	2	2	3	1	3	1	1
	6	6	5	4	5	6	4	5	4
	7	7	6	5	6	7	5	6	5
Rapport									
A.N.									

Q6. A votre avis, quels sont les rapports de réduction ayant pu être retenus par le constructeur.