

TD 3

Suspension de VTT

Mise en situation

Contexte

Le *free ride*, de quelque nature qu'il soit, est un sport ayant généralement une connotation extrême (d'où l'usage du mot *free*, qui signifie libre et donc sans limite), et demandant un effort physique intensif. D'après certains, il est l'esprit même du VTT. Cette discipline fait référence à la liberté totale qu'a le *free rider*.



Le *free ride* est aussi une façon de dire que l'on est polyvalent dans certaines disciplines du VTT. C'est un mélange de randonnée sportive. Le *free ride* consiste à rouler sur des pistes qui mettent à l'épreuve à la fois la technique et l'endurance cardiovasculaire et musculaire.

Les vélos conçus pour cette discipline sont généralement composés de suspensions arrière et avant, de freins à disques hydrauliques, ainsi que de nombreux renforcements au niveau du cadre et des composants. Ils sont également conçus pour rouler longtemps et à grande vitesse sur terrains difficiles, techniques et ardu.

On s'intéressera dans ce TD au VTT Giant Warp.



Performances et cahier des charges

Lors de la descente, le vélo doit avoir une bonne tenue de route. Le mécanisme de suspension doit absorber les irrégularités du terrain afin de maintenir au maximum le contact entre les roues et le sol.

C'est la réactivité qui caractérise cela : c'est l'effort vertical minimum exercé sur la roue arrière par le sol, pour "vaincre" l'effort du ressort de suspension arrière et actionner l'amortisseur. Un effort de réactivité faible permettra de mettre en action l'amortisseur sur de petits obstacles. Au contraire, si l'effort de réactivité est important, le vélo se comportera comme un vélo à cadre rigide sur des petits défauts du sol, ce qui diminue la tenue de route du vélo.

Exigence	Critères	Niveaux
Maintenir le contact des roues avec le sol	Débattement	> 100 mm
	Effort minimal de réactivité	< 800 N
	Effort maximal de non talonnage	> 2200 N
	Vitesse maximale de rentrée de tige	< 15 m/s

Figure 1 : Extrait du cahier des charges

Présentation, modélisation et fonctionnement du mécanisme de suspension

Le mécanisme de suspension est modélisé sur la figure ci-dessous. On peut distinguer 4 classes d'équivalence cinématique : le cadre S_1 , le bras oscillant S_2 , la partie tige S_3 de l'amortisseur et la partie corps S_4 de l'amortisseur. Le ressort étant un solide déformable, il n'est pas répertorié dans ce bilan.

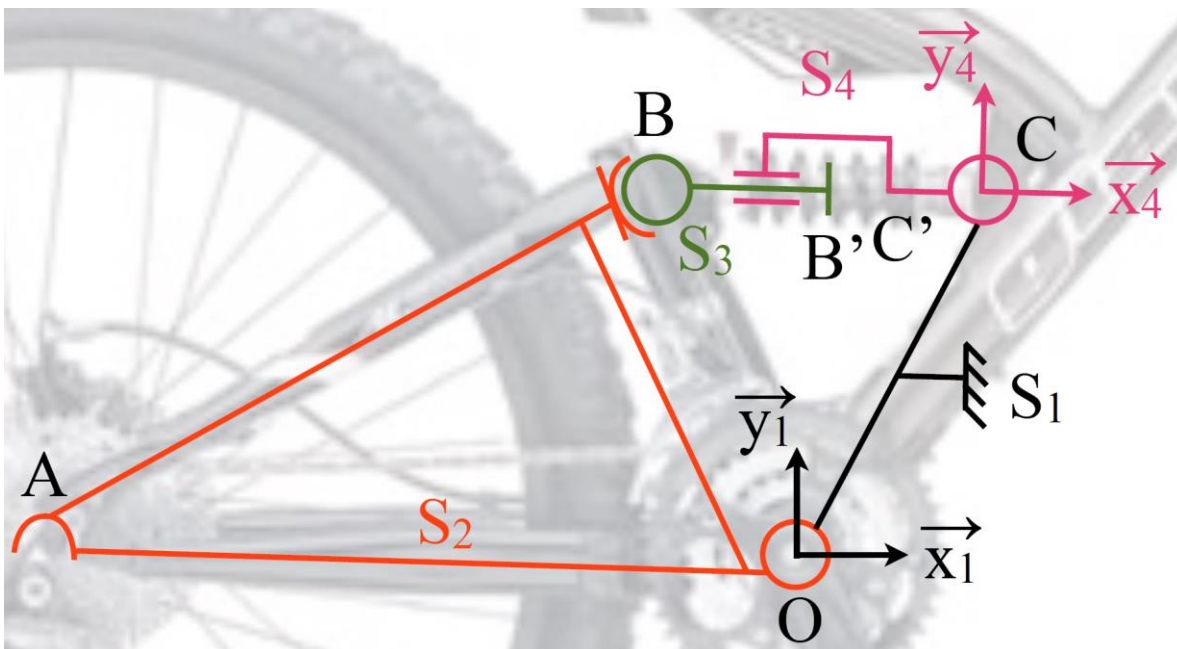


Figure 2 : Schéma cinématique minimal du mécanisme

Lorsqu'un obstacle percute la roue arrière, celle-ci est projetée vers le haut. Le bras oscillant S_2 pivote autour de l'axe (O, \vec{z}_1) de la liaison pivot, réalisée par 2 roulements à contact radial, avec le cadre S_1 .

La partie tige S_3 de l'amortisseur, en liaison linéaire annulaire d'axe (B, \vec{z}_1) avec le bras oscillant S_2 , est poussée par celui-ci et rentre dans la partie corps S_4 de l'amortisseur. S_3 et S_4 sont en liaison pivot glissant d'axe (B, \vec{x}_4) .

Le déplacement de la tige S_3 de l'amortisseur par rapport au corps S_4 de l'amortisseur, lors de sa rentrée, comprime le ressort, ce qui va permettre d'emmagasiner l'énergie mécanique et donc de freiner la montée de la roue pour assurer le contact roue/sol.

Validation du ressort

Pour assurer le respect du critère sur l'effort minimal de réactivité, il faut notamment dimensionner le ressort de compression. Le constructeur a choisi un ressort de longueur à vide $L_0 = 105$ mm et de raideur $k = 42$ N/mm.

L'objectif est de valider le choix du ressort au regard du critère de réactivité du cahier des charges.

Hypothèses et données du problème

- Les solides sont considérés comme indéformables, excepté le ressort ;
- Les liaisons sont considérées parfaites ;
- Le poids propre des pièces est négligeable devant les autres actions mécaniques mises en jeu dans le mécanisme ;
- Au niveau de la suspension, seule l'action du ressort est prise en compte ;
- L'effort de réactivité est transmis via la roue au bras oscillant S_2 ; sa direction est considérée verticale et son intensité est notée \mathbf{R} ;
- Dans la position étudiée, les directions \vec{x}_1 et \vec{x}_4 sont colinéaires et, par conséquent, les bases $B_1 = (B, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ et $B_4 = (B, \vec{x}_4, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ sont confondues.

Les dimensions géométriques du mécanisme permettent d'écrire (en mm) :

$$\vec{OA} = -a\vec{x}_1 = -450\vec{x}_1 \text{ et } \vec{OB} = -b\vec{x}_1 + c\vec{y}_1 = -65\vec{x}_1 + 220\vec{y}_1$$

La course de l'amortisseur étant de 38 mm, la longueur sous charge du ressort en position limite est donc $L = 67$ mm.

Validation du critère de réactivité

Q1 : Établir le graphe de liaisons du mécanisme. Y faire apparaître les actions mécaniques.

Q2 : Quel est le système à isoler pour écrire une équation entre l'effort de réactivité et l'action du ressort ?

Q3 : Faire alors le bilan des actions mécaniques extérieures s'appliquant à cet ensemble. On décrira les torseurs par leurs 6 composantes scalaires. On donne :

$$\{\tau_{roue \rightarrow 2}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ R & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{A, B_1}$$

Q4 : On considère cet ensemble en équilibre. Quelle équation scalaire issue du Principe Fondamental de la Statique permet de répondre à l'objectif ?

Q5 : Écrire cette équation.

Q6 : On isole à présent $\{S_3\}$. Écrire deux équations scalaires : l'une permettant de lier Y_{23} et Y_{43} ; l'autre donnant N_{43} .

Q7 : On isole enfin $\{S_4\}$. Écrire une équation permettant de déterminer Y_{43} .

Q8 : En déduire l'expression de l'effort de réactivité R en fonction de la raideur k du ressort, sa longueur à vide L_0 et sa longueur sous charge L .

Q9 : Faire l'application numérique dans le cas limite. Conclure.