

## *TD Mécanique*

### *Simulation Multiphysique*

#### Objectif de la séquence :

- Valider la compatibilité entre les modèles théoriques et les résultats de simulation,
- Simuler, analyser les résultats associés et modifier le cas échéant le modèle.

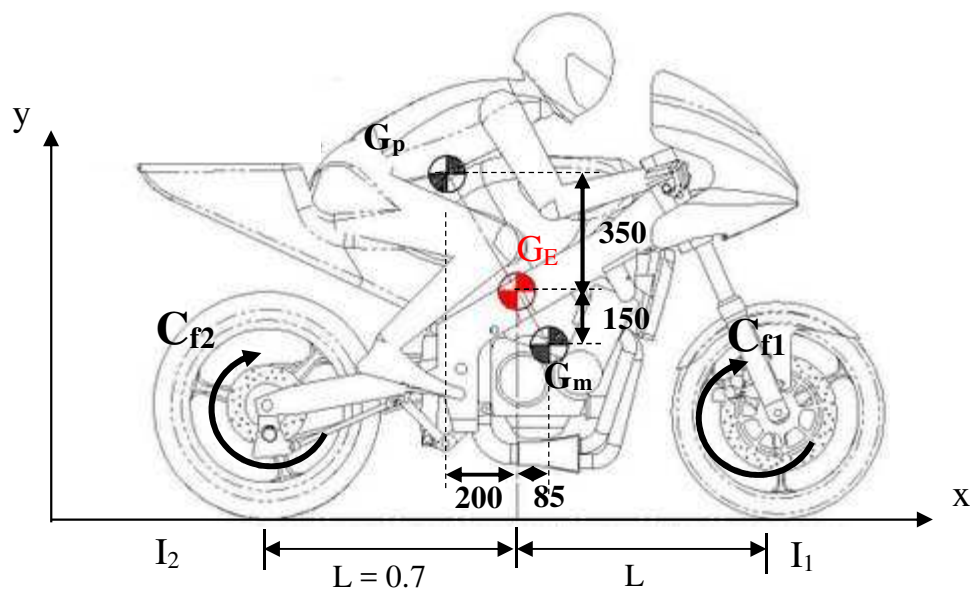


On étudie le comportement d'une moto lors d'un freinage. Dans un premier temps on étudiera le modèle 1D d'une suspension soumise à différentes sollicitations.

Ensuite, à l'aide d'un modèle 2D, on étudiera les apports d'un système d'aide au freinage: le transfert de charge.

#### Données :

- Masse du pilote :  $m=90$  kg
- Masse de la moto :  $M=210$  kg
- Masse d'une roue :  $m_R = 12$  kg
- Pour le calcul des inerties, on assimile la moto à un parallélépipède de dimension  $h \times L \times l = 50 \times 150 \times 40$  cm de centre de gravité  $G_m$  et le pilote à un autre parallélépipède de dimension  $130 \times 40 \times 30$  cm de centre de gravité  $G_p$ .
- Diamètre de la roue :  $D = 50$  cm
- Raideur des ressorts de chaque suspension :  $20\,000$  N/m



**PARTIE 1 : Modèle 1D**

Le modèle ci-contre (fichier « suspension\_simple.mo ») représente une suspension soumise à un échelon en position de 5 cm (passage d'un trottoir)

**Question 1 : Simuler le modèle** pour différentes valeurs de raideur et d'amortissement et relever la fréquence des oscillations, l'amplitude du déplacement, le nombre d'oscillations avant le retour à l'équilibre.

**Conclure** sur leur influence sur le comportement de la masse.

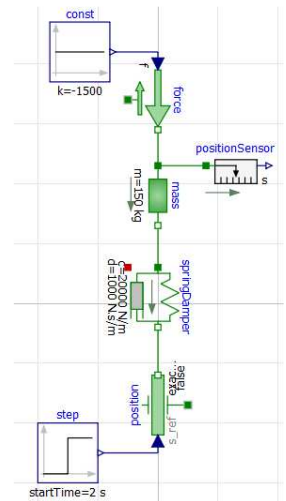
*On souhaite maintenant analyser le comportement de la suspension à une source d'oscillation sinusoïdale (déformation de la route par exemple).*

**Application : Remplacer la source de type échelon par une source sinusoïdale** (Blocks/sine) de demi amplitude 2.5 cm et de fréquence 0.55 Hz.

**Question 2 : Simuler** le modèle et **interpréter** les résultats.

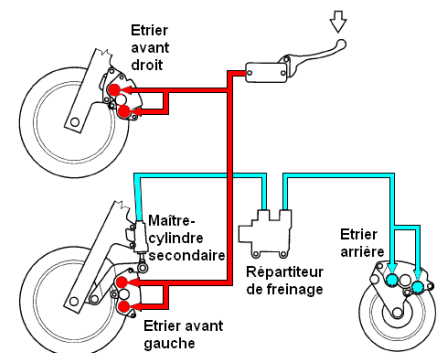
**Question 3 : Simuler** à nouveau le modèle en modifiant la fréquence de la source avec une fréquence de 1.1 Hz puis de 2Hz.

**Question 4 : Argumenter** vos résultats de simulation en comparant vos résultats avec la fréquence propre de la suspension :  $\sqrt{k/m}$ .

**PARTIE 2 : Modèle 2D – Répartiteur de freinage**

*On souhaite maintenant étudier le système de répartition de l'effort de freinage d'une moto (il existe l'équivalent pour les voitures) nécessaire pour compenser le transfert de charge lors de la décélération plus ou moins violente de la moto.*

*Image ci-contre du système "Dual CBS" incluant le répartiteur de freinage*

**Paramètres du modèle :**

**Application : Ouvrir** le modèle "suspension\_moto". **Ajouter les paramètres manquants** (inerties et masses de l'ensemble {moto+pilote}) issus des TDs de préparation (partie moment d'inertie)

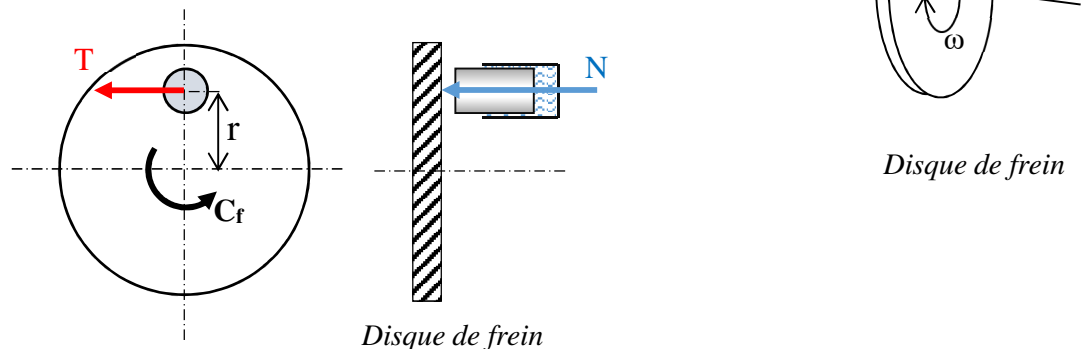
**Simuler** le modèle avec un temps de simulation de 5s sur 5000 points de mesure.

*On simule un freinage appuyé (effort maxi obtenu en 0.1s)*

**Vérification du modèle :**

**Question 5 :** Vérifier le résultat numérique obtenu sur les TDs de préparation (partie PFS – compression des ressorts)

La pression dans le circuit de freinage est de 14 bar. L'étrier de frein de la roue avant est composé de 4 pistons de diamètre 28 mm. Ils entrent en contact avec le disque sur un rayon moyen de  $r = 120$  mm. Le coefficient de frottement plaquette / disque est de 0.5.



**Question 6 :** Calculer l'effort normal  $N$  sur un disque puis, à l'aide de la loi de coulomb, calculer l'effort tangentiel  $T$  et le couple de freinage  $C_f$  correspondants.

Vérifier le résultat numérique sur la simulation

**Question 7 :** En traçant différentes courbes, relever les différentes informations suivantes :

- ✓ Distance d'arrêt de la moto
- ✓ Inclinaison maximale de la moto lors du freinage
- ✓ Décélération de la moto en régime établi

*On souhaite vérifier cette dernière valeur.*

Par application du théorème de l'énergie cinétique sur un modèle simple sans suspension, vous avez montré lors des TDs précédents que la décélération de la moto est fonction des couples de freinage appliqués sur les roues par la relation :

$$\ddot{x} = - \frac{C_{f1} + C_{f2}}{(M + m + 4 \cdot m_R) \cdot R}$$

**Question 8 :** Calculer la décélération correspondante pour cet effort de freinage (couple identique sur les deux roues) et comparer à la valeur obtenue par simulation. **Commenter**

**Question 9 :** Tracer sur un premier graphique les vitesses de rotation des deux roues (dans les blocks « revolute ») et sur un second graphique la résultante normale de l'effort de contact roue/sol (dans les blocks « dryFrictionBasedRolling »). **Détailler** le comportement de la moto lors du freinage (distance d'arrêt, rotation/blocage des roues, ...)

A l'aide des paramètres de la moto, on montre que les couples de freinage limites à appliquer pour éviter la perte d'adhérence suivent les lois suivantes :

$$C_{f1,lim} = -13.\ddot{x} + 245 \quad \text{et} \quad C_{f2,lim} = 7.\ddot{x} + 153$$

**Question 10 :** A l'aide du graphe en bas de page :

- Déterminer pour quelles valeurs de décélération le couple de freinage est trop important sur la roue arrière,
- Justifier que les répartiteurs de freinage appliquent en moyenne 70% du couple du freinage sur la roue avant et 30% sur la roue arrière,
- Choisir des couples de freinage optimaux à appliquer sur les deux roues en vous basant sur la décélération obtenue lors de la première simulation.

**Simuler votre modèle.**

**Question 11 :** Relever les mêmes résultats que précédemment et **conclure** sur l'action de ce répartiteur de freinage.

