

# SUSPENSION DE MOTO

Tous documents autorisés.

Il y a deux parties graphiques, une partie analytique et une partie dimensionnement.

Chaque partie est indépendante.

Soit la suspension de moto représentée figure 1.

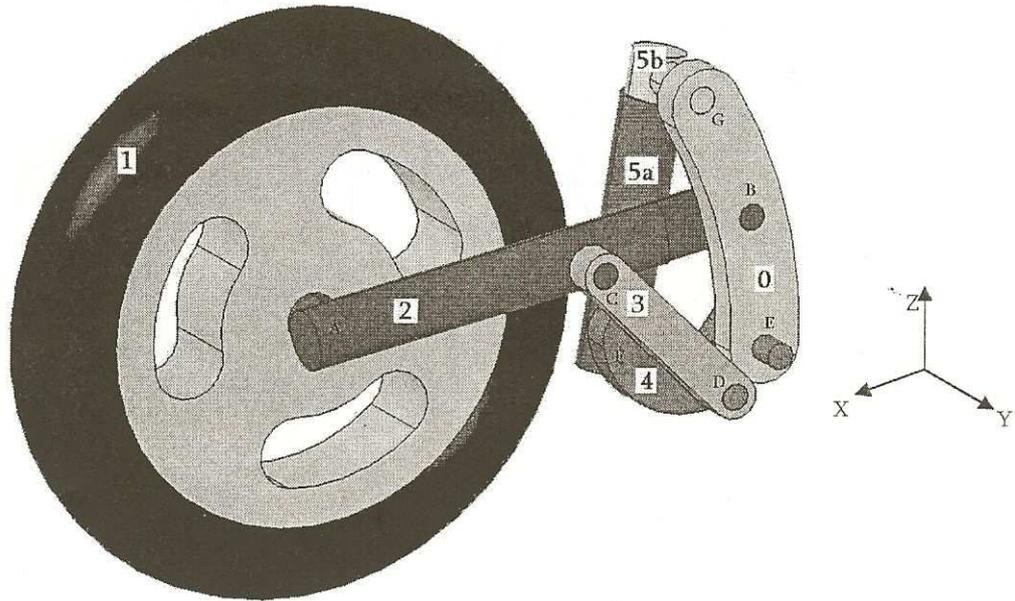


Figure 1

La roue arrière 1 est articulée en A sur le bras 2, lui même articulé en B sur le cadre 0 de la moto. Le mouvement est transmis en C à une bielle 3, puis en D à un renvoi 4 articulé en E sur le cadre. L'amortissement est effectué en F par l'amortisseur (Figure 2) 5a et 5b articulé en G sur le cadre 0.

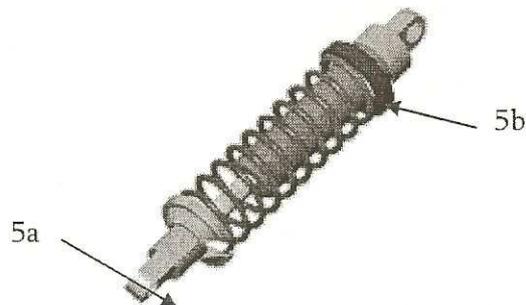


Figure 2

Les liaisons A, B, C, D, E, F et G sont des liaisons pivots de centre respectivement A, B, C, D, E, F et G et d'axe  $\vec{y}$ . L'amortisseur est une liaison pivot glissant d'axe (FG). On considère que l'étude est plane comme configurée sur la figure 3.

# I. CINEMATIQUE GRAPHIQUE (35 min)

La moto est à l'arrêt de telle sorte qu'il n'y a pas de mouvement relatif entre la roue 1 et le bras 2.

1 / On considère le problème plan ( $\vec{x}, \vec{y}$ ) comme configuré sur la figure 3. Déterminer les trajectoires suivantes :

- $T_{A \in 2/0}$  = Cercle de centre B de rayon  $[AB]$
- $T_{C \in 2/0}$  = Cercle de centre B de rayon  $[CB]$
- $T_{D \in 4/0}$  = Cercle de centre E de rayon  $[DE]$
- $T_{F \in 4/0}$  = Cercle de centre E de rayon  $[FE]$
- $T_{F \in 5b/0}$  = Cercle de centre G de rayon  $[FG]$
- $T_{F \in 5a/5b}$  = Droite  $(FG)$

2 / Tracer sur la figure 3 le support des vitesses  $\vec{V}_{A,2/0}$ ,  $\vec{V}_{C,2/0}$  et  $\vec{V}_{D,4/0}$ .

3 / Le module (norme) de la vitesse  $\vec{V}_{A,2/0}$  étant égal à 1m/s, tracez cette vitesse dans le cas d'une compression de l'amortisseur. (Echelle des vitesses : 1m/s : 50 mm)

4 / Montrez que :

•  $\vec{V}_{C,3/0} = \vec{V}_{C,2/0}$  :

$$\vec{V}_{C,3/0} = \vec{V}_{C,3/2} + \vec{V}_{C,2/0}$$

$\vec{0}$  (C appartient à 3 et 2 → Pas de mot relatif)

•  $\vec{V}_{D,4/0} = \vec{V}_{D,3/0}$  :

$$\vec{V}_{D,4/0} = \vec{V}_{D,4/3} + \vec{V}_{D,3/0}$$

•  $\vec{V}_{F,5a/0} = \vec{V}_{F,4/0}$  :

$$\vec{V}_{F,5a/0} = \vec{V}_{F,5a/4} + \vec{V}_{F,4/0}$$

5 / A partir du tracé de  $\vec{V}_{A,2/0}$ , déterminez graphiquement dans l'ordre les vitesses  $\vec{V}_{C,3/0}$ ,  $\vec{V}_{D,4/0}$ ,

$\vec{V}_{F,5a/0}$ .

↑ Champ des vitesses  
(ou équiprojectivité)

↑ Champ des vitesses  
↑ Equiprojectivité

6 / La relation de composition des vitesses permet d'écrire :  $\vec{V}_{F,5a/0} = \vec{V}_{F,5a/5b} + \vec{V}_{F,5b/0}$ . Connaissant  $\vec{V}_{F,5a/0}$ , déterminez graphiquement  $\vec{V}_{F,5a/5b}$  et  $\vec{V}_{F,5b/0}$ .

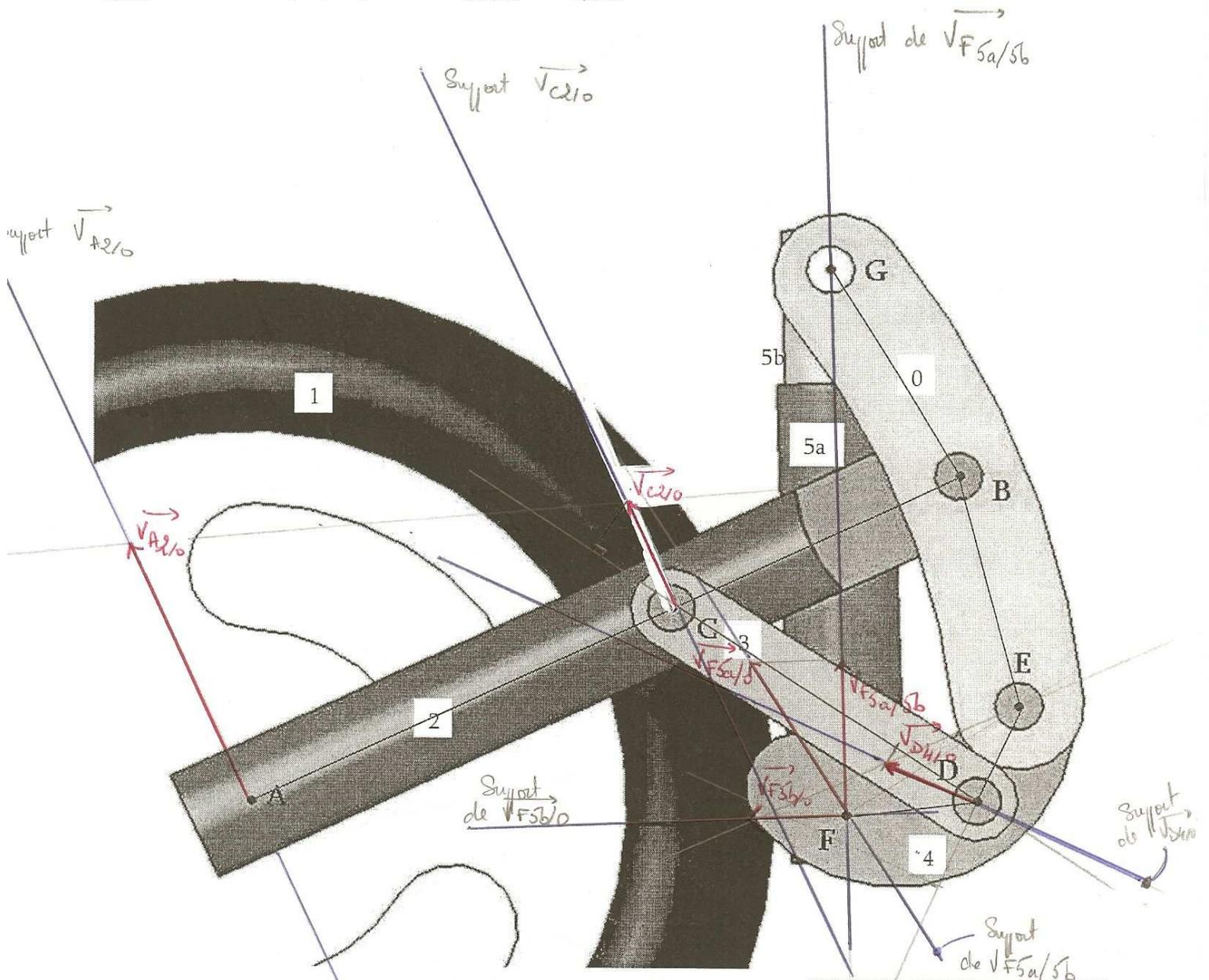
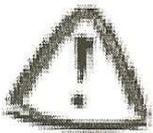


Figure 3 - Etude Cinématique

Afin de faciliter la lecture du schéma, représenter :

- au crayon gris les traits de construction
- en bleu les directions des vecteurs vitesses
- en rouge les vecteurs vitesses



$$\|\vec{V}_{C3/0}\| = 0,4 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\|\vec{V}_{D4/0}\| = 0,34 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\|\vec{V}_{F5a/0}\| = 0,62 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\|\vec{V}_{F5a/5b}\| = 0,54 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\|\vec{V}_{F5b/0}\| = 0,34 \text{ m.s}^{-1}$$

## II. STATIQUE GRAPHIQUE (30min)

On suppose maintenant inconnue l'effort de compression du ressort de l'amortisseur. On se propose de faire une étude graphique pour le déterminer. On néglige l'action du poids des pièces devant l'importance des efforts en présence.

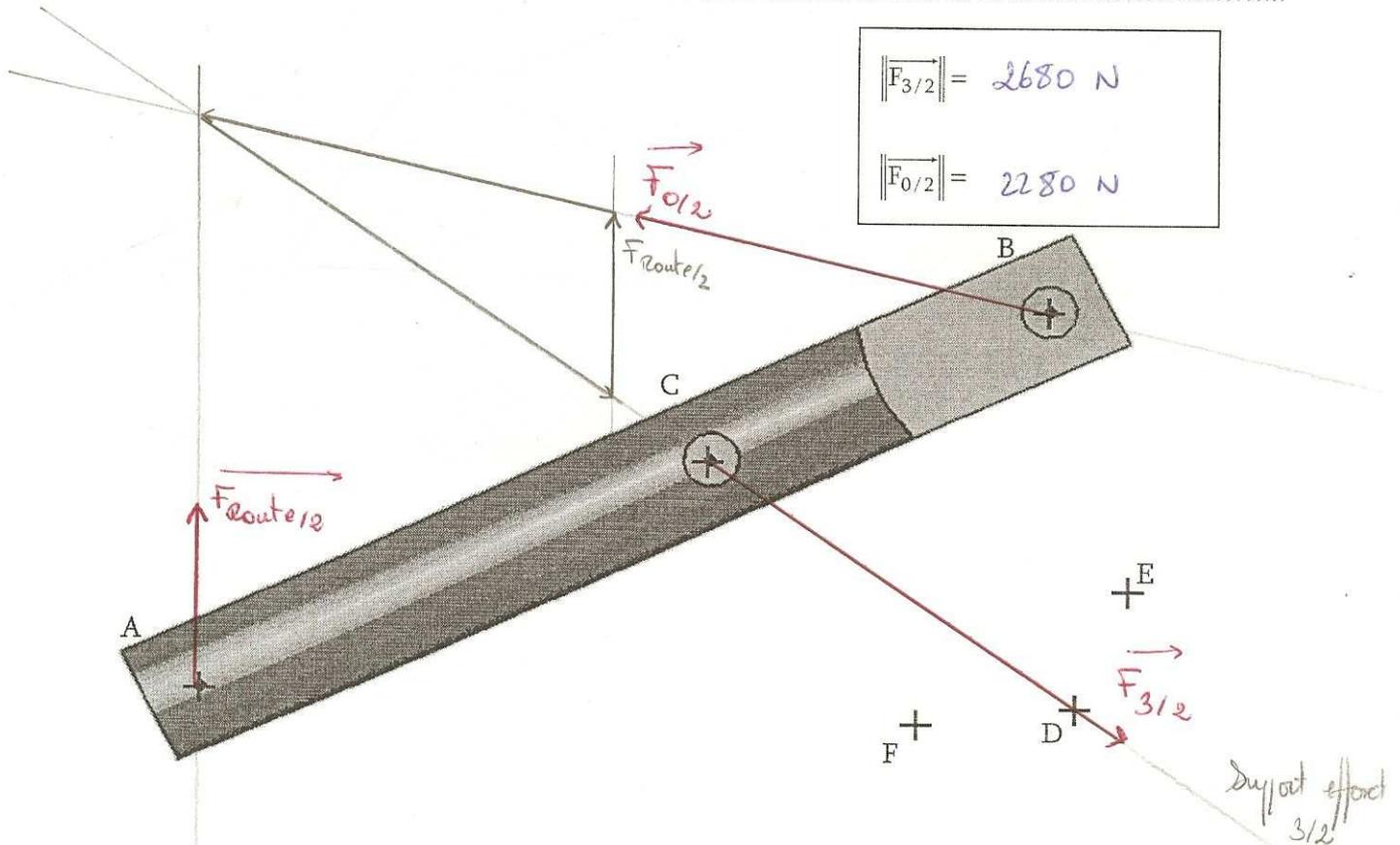
La moto est à l'arrêt (Aucun mouvement relatif entre 1 et 2). On connaît l'action de la route sur la roue que l'on considère vertical (Pas de frottement) et d'intensité 1000 N (Echelle 400N : 10mm). Elle se modélise par un effort appliqué au point A noté  $\vec{F}_{\text{route}/2}$ . On suppose que toutes les actions sont situées dans le plan défini figure 3.

8 / Isoler la pièce {3} et déterminer la direction de l'action  $\vec{F}_{2/3}$ .

..... Systeme soumis à l'action de 2 forces  $\rightarrow$  Direction des efforts = (CD) .....

9 / Isoler la pièce {2} et faire le Bilan des Actions Mécaniques Extérieures. Déterminer la direction, le sens et l'intensité des actions  $\vec{F}_{3/2}$  et  $\vec{F}_{0/2}$ .

..... Systeme soumis à l'action de 3 forces  $\rightarrow$  Directions concourantes .....

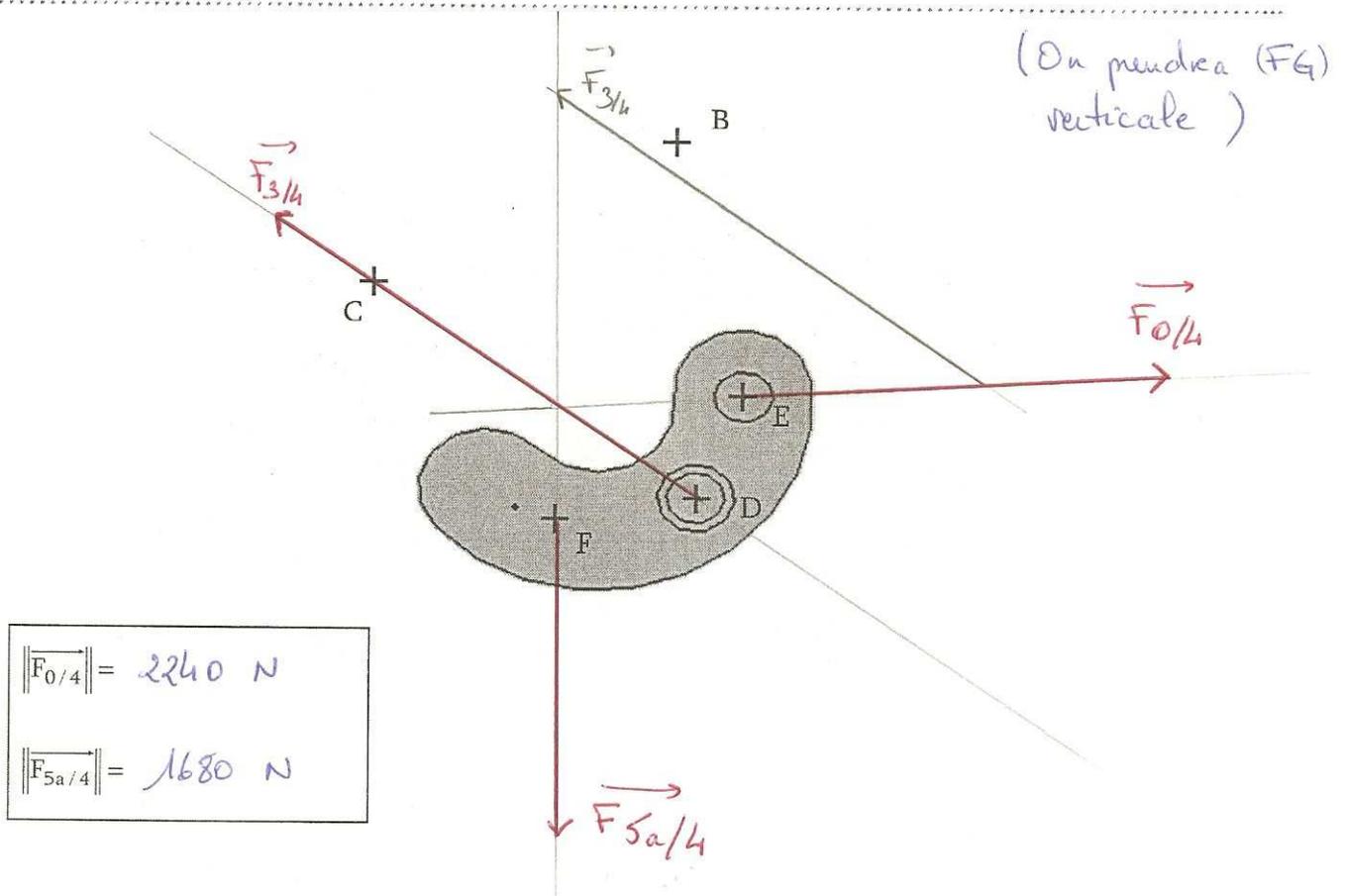


10 / Isoler les pièces {5a+5b} et déterminer la direction de l'action  $\vec{F}_{4/5a}$ .

2 efforts  $\Rightarrow$  Direction des efforts suivant (FG)

11 / Isoler la pièce {4} et faire le Bilan des Actions Mécaniques Extérieures. Déterminer la direction, le sens et l'intensité des actions  $\vec{F}_{0/4}$ ,  $\vec{F}_{3/4}$  et  $\vec{F}_{5a/4}$ .

3 efforts  $\Rightarrow$  Directions concurrentes



12 / Que vaut l'intensité de l'effort de compression  $\vec{F}_{5a/5b}$  du ressort de l'amortisseur.

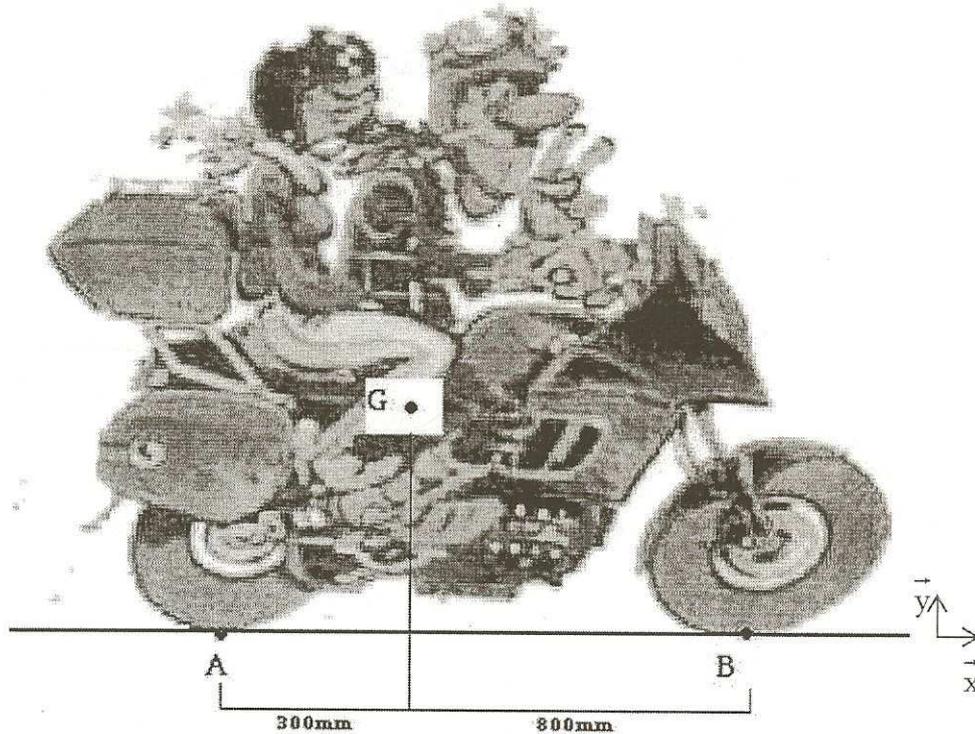
Si on isole {5a}  $\rightarrow$  On trouve directement

$$\|\vec{F}_{5a/5b}\| = \|\vec{F}_{5a/4}\| = 1680 \text{ N}$$

### III. STATIQUE ANALYTIQUE (40 min)

On souhaite maintenant déterminer la réaction normale (liaison parfaite) au point A et B. La moto est animée d'un mouvement de translation uniforme, ce qui nous autorise à utiliser le Principe Fondamental de la Statique.

On considère le problème plan comme défini sur la figure ci-dessous. Le poids total de la moto et des passagers est modélisable par un effort situé au point G d'intensité 2500N



14 / Isoler la moto et faire le Bilan des Actions Mécaniques Extérieures.

$\vec{F}_G$  (verticale, bas, 2500 N, G)  
 $\vec{F}_A$  (verticale, opposé haut, ?, A)  
 $\vec{F}_B$  (....., ....., ....., B)

15 / Calculer les réactions aux points A et B :  $\vec{F}_{A,sol/moto}$ , noté  $\vec{F}_A$ , et  $\vec{F}_{B,sol/moto}$ , noté  $\vec{F}_B$ , d'une manière littérale puis numériquement

$$\sum \vec{F}_{ext} \cdot \vec{y} = 0 \quad \dots \quad F_A + F_B - F_G = 0$$

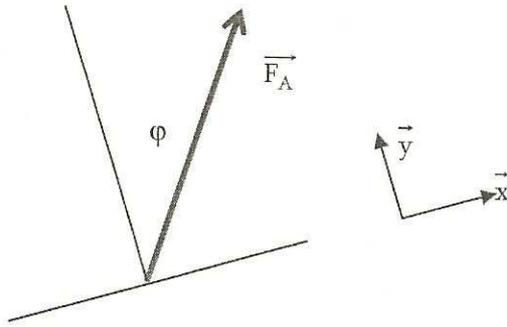
$$\sum \vec{M}_{ext,A} \cdot \vec{z} = 0 \quad \dots \quad -300 \cdot F_G + 1100 \cdot F_B = 0 \quad \rightarrow \quad F_B = 681,8 \text{ N}$$

$$\rightarrow \quad F_A = 1818,2 \text{ N}$$

16 / Isoler à nouveau la moto et faire le Bilan des Actions Mécaniques Extérieures.

$\vec{F}_G$  (Verticale / bas / 2500 N / G.)  $\vec{F}_A$  (Incliné de  $\varphi$  /  $\vec{y}$ , suppose haut ? , A.)  
 $\vec{F}_B$  ( $\perp \vec{y}$ , suppose haut, ? , B.)

Remarque : Au niveau de la roue arrière, le modèle de Coulomb donne le paramétrage du contact en A de la manière suivante :



17 / Ecrire la projection de la résultante du PFS suivant les axes  $\vec{x}$  et  $\vec{y}$  ainsi que la projection du moment au point A du PFS par rapport à l'axe  $\vec{z}$ .

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} \cdot \vec{x} = 0 \quad F_A \sin \varphi - F_G \sin \alpha = 0 \quad (1)$$

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} \cdot \vec{y} = 0 \quad F_A \cos \varphi - F_G \cos \alpha + F_B = 0 \quad (2)$$

$$\sum \vec{M}_{\text{ext}, A} = \vec{0} = \overline{AG} \wedge \vec{F}_G + \overline{AB} \wedge \vec{F}_B$$

$$= \begin{vmatrix} 300 & +F_G \sin \alpha \\ 600 & -F_G \cos \alpha \\ 0 & 0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 1100 & 0 \\ 0 & F_B \\ 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Exprimer dans la base  $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$

$$\sum \vec{M}_{\text{ext}, A} \cdot \vec{z} = 0 \quad -300 F_G \cos \alpha + F_G \sin \alpha \cdot 600 + 1100 F_B = 0 \quad (3)$$

18 / Déterminer l'effort  $\vec{F}_B$  puis  $\varphi$  et enfin  $\vec{F}_A$ . (Indication :  $\frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \tan \theta$ )

$$(3) \rightarrow F_B = \frac{F_G (300 \cos \alpha - 600 \sin \alpha)}{1100} = 305,7 \text{ N}$$

$$(2) \text{ et } (1) \rightarrow \varphi = \tan^{-1} \left( \frac{F_G \sin \alpha}{F_G \cos \alpha - F_B} \right) = 17,1^\circ$$

$$(1) \rightarrow F_A = \frac{\sin \alpha}{\sin \varphi} F_G = 2206,1 \text{ N}$$