

Equilibre d'un véhicule au freinage

Fiche technologique

Récapitulatif des relevés de mesure sur la maquette présentée dans le film

Des mesures sont relevées dans trois cas différents :

- Cas A : plaque seule suspendue
- Cas B : plaque suspendue avec voiture posée dessus -> cas équivalent à une voiture à l'arrêt ou à vitesse constante
- Cas C : Plaque suspendue avec voiture tirée vers l'avant -> cas équivalent à une voiture en freinage

Tensions dans les fils : valeurs relevées aux dynamomètres (voir les repères sur la plaque)

	Cas A	Cas B	Cas C
T1	0,4 N	1,25 N	1,8 N
T2	0,4 N	1,25 N	1,8 N
T3	0,4 N	1,6 N	1,2 N
T4	0,4 N	1,6 N	1,2 N

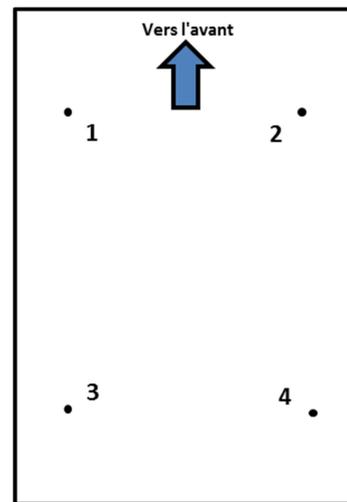


Fig. 1 : La plaque vue de dessus avec les repères des fils

Poids de la voiture : 4,25 N

Poids de la plaque : 1,6 N

Dans le cas C, l'inclinaison des fils par rapport à la verticale est de 18°

Constats et petits calculs à partir des grandeurs mesurées

La force de contact du sol sur une roue peut être approximée par la force de tension du fil proche de la roue : l'orientation est donnée par l'orientation du fil, l'intensité par la valeur mesurée au dynamomètre à laquelle on retire la valeur à vide (Cas A), soit 0,4 N.

Calcul des valeurs approchées de l'intensité des forces de contact sol/roue, à partir des mesures

	Cas B	Cas C
F1	$1,25 - 0,4 = 0,85$ N	$1,8 - 0,4 = 1,4$ N
F2	$1,25 - 0,4 = 0,85$ N	$1,8 - 0,4 = 1,4$ N
F3	$1,6 - 0,4 = 1,2$ N	$1,2 - 0,4 = 0,8$ N
F4	$1,6 - 0,4 = 1,2$ N	$1,2 - 0,4 = 0,8$ N

Constat 1 :

Dans le cas B, $F1 + F2 + F3 + F4 = 4,1$ N, valeur proche du poids mesuré de la voiture 4,25 N

Les fils sont verticaux, le poids aussi.

On vérifie là l'équation aux résultantes du principe fondamental de la statique, appliqué au véhicule isolé.

Constat 2 :

Entre le cas B et C, le train avant se charge en passant de 0,85 à 1,4 N par roue, alors que le train arrière se décharge en passant de 1,2 à 0,8 N par roue.

Intérêt de la maquette pour la modélisation mécanique d'un véhicule en phase de freinage

L'utilisation conjointe de la maquette avec les valeurs mesurées, et d'une modélisation mécanique et mathématique peut présenter plusieurs intérêts didactiques :

- Donner du sens concret à la mise en relation mathématique des forces appliquées au véhicule, en fonction de caractéristiques d'accélération, de masse, de dimensions du véhicule, et de coefficient de frottement pneumatique/sol. On peut par exemple proposer une activité de résolution d'un problème de statique graphique en partant des données mesurées sur la maquette.
- Faire constater aux élèves-apprentis-étudiants des écarts entre modèle (valeurs calculées) et expérience (valeurs mesurées) pour aborder avec eux les erreurs possibles de mesure et d'approximation et les hypothèses de modélisation.

Erreurs d'approximation

On l'a écrit plus haut, le film propose d'approximer la force de contact de la plaque sur une roue par la force de tension du fil proche de la roue. Cela permet des activités concrètes et visuelles avec les apprentis-élèves décrites dans le film. Toutefois il faut prendre les valeurs mesurées avec précaution car des erreurs liées à cette approximation peuvent être importantes.

Ces erreurs d'approximation, c'est-à-dire les écarts entre valeurs mesurées dans les fils et valeurs réelles des forces de contact plaque/roue, sont notamment dues :

- Au poids de la plaque utilisée.
- A la distance entre les points d'attache des fils à la plaque et les points de contact des roues sur la plaque.
- Aux erreurs de mesure du/des dynamomètres utilisés.
- A la géométrie parallélépipédique des 8 points d'accroche des fils, liée à l'hypothèse de coefficient de frottement identique aux 4 contacts roue/plaque et l'hypothèse de cas limite du glissement.

Estimation de l'erreur d'approximation due uniquement au poids de la plaque :

Nous souhaitons identifier, par un calcul de statique graphique simple, les écarts entre les forces plaque/roue et les forces de tension dans les fils que nous avons mesurées.

Appliquons le principe fondamental de la statique à la plaque immobile, dans le cas C, considérée isolément.

Inventaire des actions mécaniques appliquées à la plaque (voir fig. 2) :

- Poids de la plaque \vec{P} , ramené au centre de gravité G, d'intensité 1,6 N (après la mesure), d'orientation verticale, sens vers le bas.
- Les forces de tension des fils $\vec{T}_1, \vec{T}_2, \vec{T}_3, \vec{T}_4$, appliquées aux points d'accroche. Les valeurs mesurées de leurs intensités respectives sont 1,8 N ; 1,8 N ; 1,2 N ; 1,2 N. Elles sont toutes orientées selon les fils, inclinés de 18° par rapport à la verticale (valeur mesurée), de sens vers le haut.

- Les forces de contact de chacune des quatre roues sur la plaque, $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4$, appliquées aux points de contact roue/plaque. Dans notre problème, nous considérons qu'elles sont inconnues en intensité et orientation. Leur sens est vers le bas.

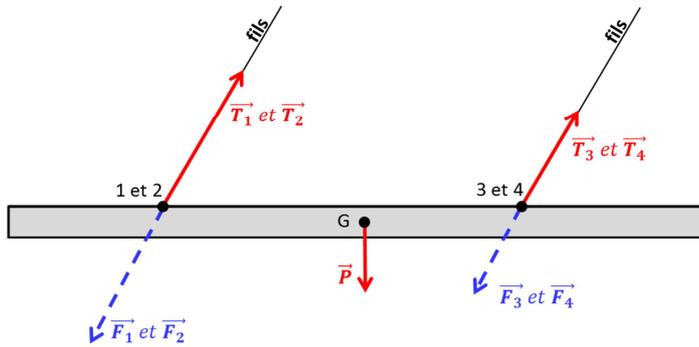


Fig. 2 : Plaque isolée vue de côté, forces extérieures appliquées à la plaque (proportions non respectées)

Hypothèses :

- L'ensemble des forces et la géométrie de la plaque et des points d'attache fil/plaque présentent une symétrie par rapport au plan médian vertical de la plaque.
- $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4$ sont parallèles entre elles.

Application du principe fondamental de la statique :

L'équation aux résultantes peut se représenter graphiquement par une chaîne vectorielle fermée des forces extérieures appliquées à la plaque (ou polygone des forces, fig. 3) :

1. On trace $\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{T}_3 + \vec{T}_4$ (intensité totale 1,8 + 1,8 + 1,2 + 1,2 = 6 N)
2. On trace \vec{P}
3. On en déduit $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$ en fermant la chaîne vectorielle
4. On mesure $\alpha = 24^\circ$ et $\|\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4\| = 4,5$ N (environ)

On en déduit l'écart angulaire $24 - 18 = 6^\circ$ en valeur absolue (environ) et l'écart en intensité $6 - 4,5 = 1,5$ N en valeur absolue (environ), soit $1,5 / 6 = 25\%$. Cette erreur se répartit sur les 4 relevés effectués sur les 4 fils.

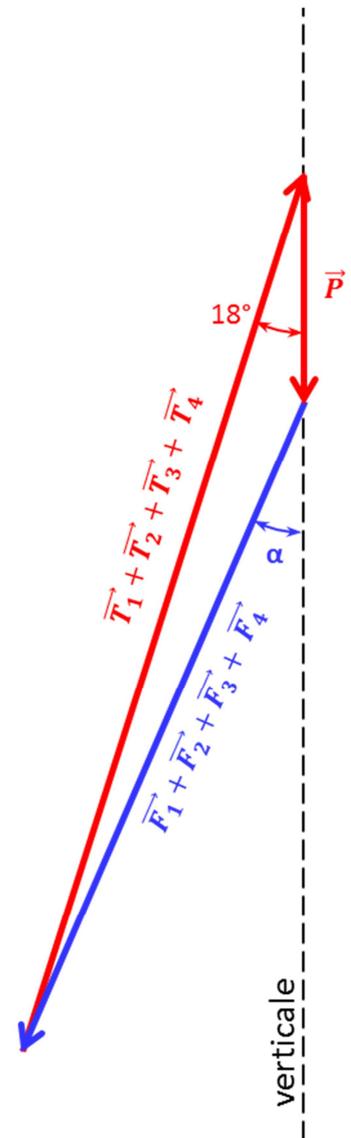


Fig. 3 : Polygone des forces (Echelle : 1 N est représenté par 2 cm)

Conclusion :

Avec la maquette présentée dans le film, dans le cas C, lorsque l'on approxime les forces de contact aux roues par les forces de tension dans les fils, **le poids de la plaque cause une erreur d'approximation d'environ 6° en orientation et d'environ 25% de la valeur relevée, en intensité.**

Nota : En refaisant le polygone des forces avec P diminué de moitié, on s'aperçoit que si le poids de la plaque est diminué de moitié, l'erreur d'approximation vaudrait alors environ 2,5° et 12,5% en intensité. Une plaque plus petite fabriquée dans un matériau moins dense donnerait une meilleure approximation.