

Étude d'un système de suspension dans le cadre d'une application à une aire urbaine

Rémi Valognes

N° 19946

Sommaire

Introduction

Étude expérimentale

Analyse des résultats

Conclusion

Annexes

Sommaire

Introduction

Étude expérimentale

Analyse des résultats

Conclusion

Annexes

Présentation du sujet

Suspension : Supporte la voiture, amortit les chocs et aide à maintenir un contact maximal des roues avec la route.

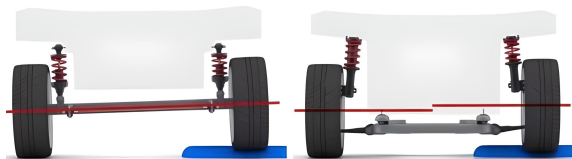
↔ Essentiel à la sécurité et au confort

Présentation du sujet

Suspension : Supporte la voiture, amortit les chocs et aide à maintenir un contact maximal des roues avec la route.

↔ Essentiel à la sécurité et au confort

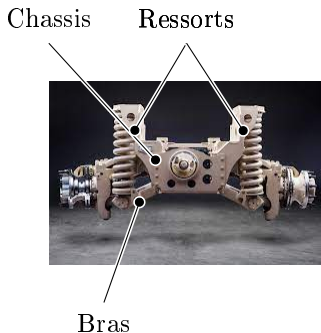
Il existe différents systèmes :



- À gauche : système de suspensions dépendantes
- À droite : système de suspensions indépendantes

Présentation du sujet

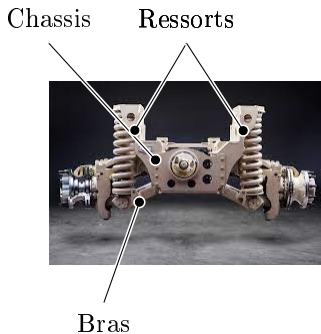
Suspensions indépendantes :



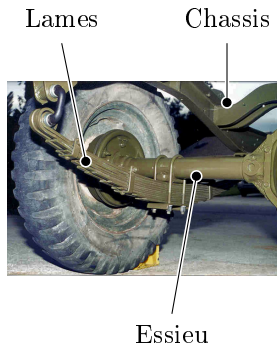
Ressorts et amortisseurs

Présentation du sujet

Suspensions indépendantes :



Ressorts et amortisseurs



Amortisseurs à lames

Problématique

Comment optimiser une suspension pour une application urbaine ?

Sommaire

Introduction

Étude expérimentale

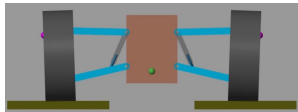
Analyse des résultats

Conclusion

Annexes

Modèles expérimentaux

Matlab Simulink

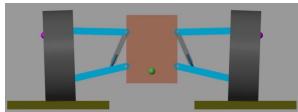


Modèle Matlab

- Mesures précises
- Plus de possibilités expérimentales

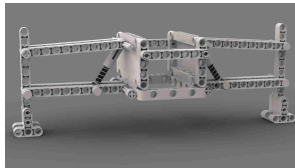
Modèles expérimentaux

Matlab Simulink



Modèle Matlab

LEGO



Maquette Lego

- Mesures précises
- Plus de possibilités expérimentales
- Expérience physique
- Modifications aisées

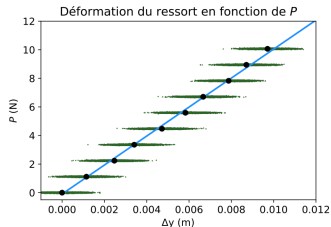
Mesure de la constante de raideur d'un ressort LEGO

- Ajouts de $114 \pm 2g$
- Série de 10 mesures sur un ressort LEGO
- Mesure de la compression sur Regressi ($u(\Delta y) = 0.5mm$)



Image 6 & 7

Mesure de la constante de raideur d'un ressort LEGO



À l'équilibre :

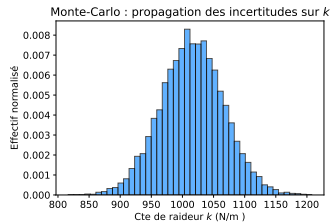
$$\vec{F}_{el} + \vec{P} = \vec{0}$$

Donc :

$$mg = k\Delta y$$

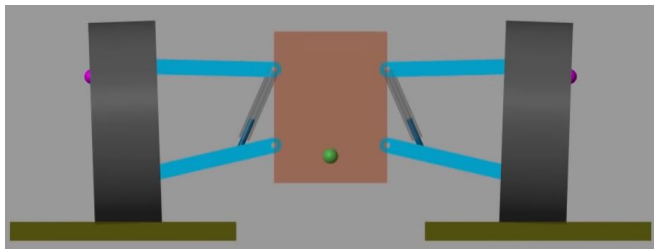
On obtient une mesure de la constante de raideur :

$$k = 1010 \pm 50 \text{ N.m}^{-1}$$



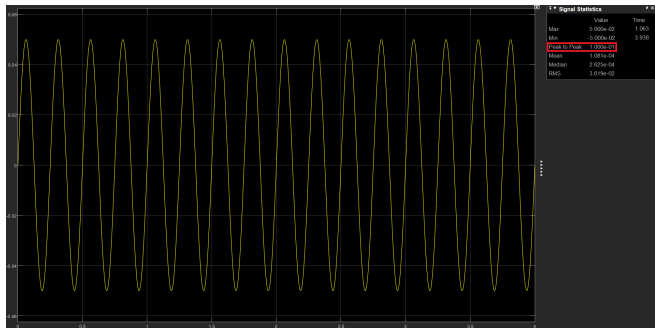
Étude du modèle Matlab

Utilisation du modèle **Matlab-Simulink** :



- Suspension soumise à une stimulation sinusoïdale
- Variation de la fréquence f pour une même amplitude
- Étude du mouvement du châssis

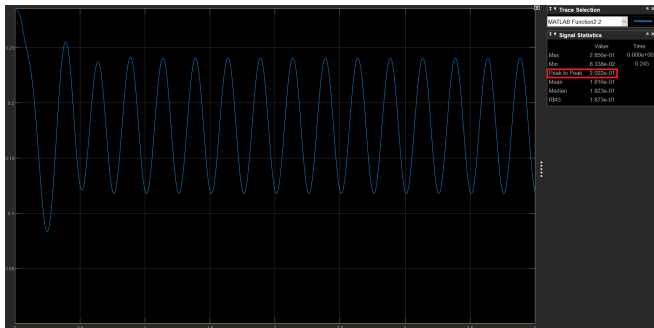
Relevé des mesures



Mouvement plateforme $f = 4Hz$

- Valeur pic-à-pic de $10^{-1}m$

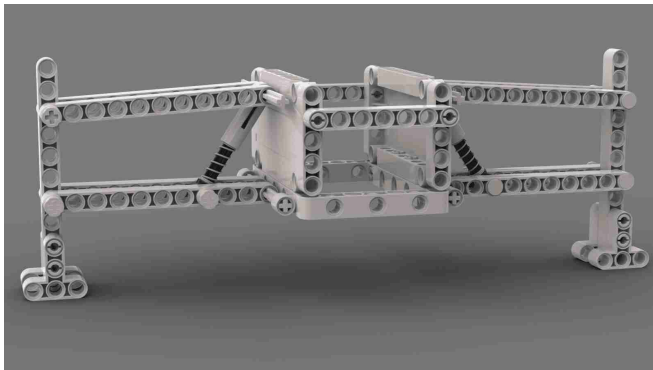
Relevé des mesures



Réponse du châssis pour $f = 4Hz$

- Valeur pic-à-pic de $2.10^{-1}m$

Étude de la maquette LEGO



Modèle 3D de la maquette

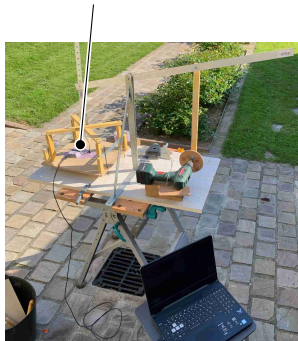
Plateforme de mesures

Montage :

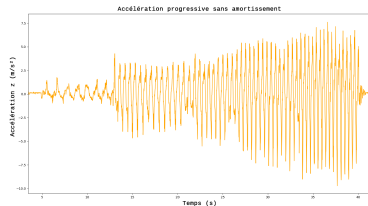


Mesure de l'accélération sans amortissement

Accéléromètre

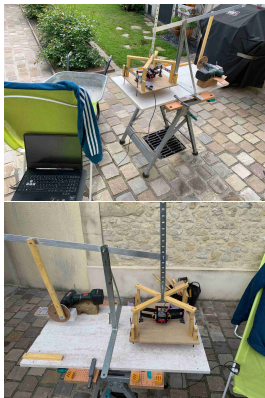


Montage

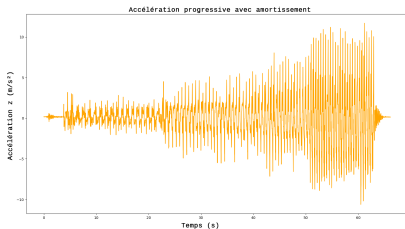


- Accélération progressive de la vitesse de rotation
- Mesure de l'accélération verticale

Mesure de l'accélération avec amortissement



Montage



Accélération du châssis

- Mesure de l'accélération verticale du châssis

Sommaire

Introduction

Étude expérimentale

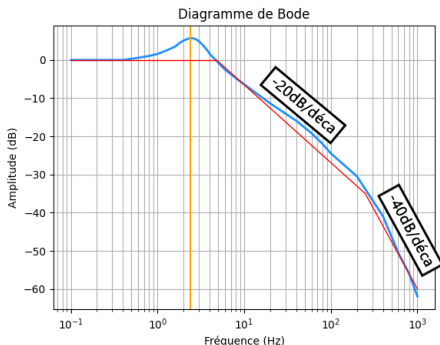
Analyse des résultats

Conclusion

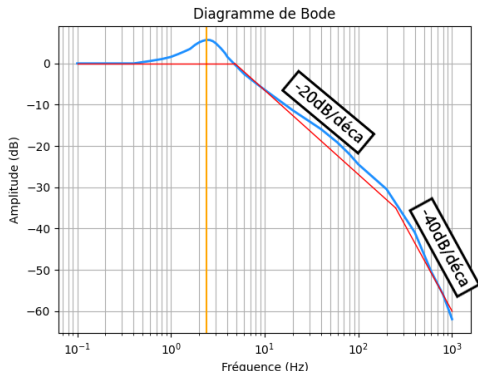
Annexes

Matlab : tracé du diagramme de Bode de la suspension

On obtient $e(f)$ et $s(f)$ et $|H(f)| = \frac{s(f)}{e(f)}$ la fonction de transfert.
On obtient donc en traçant $G_{dB} = 20 \cdot \log(|H|)$ en fonction de f :



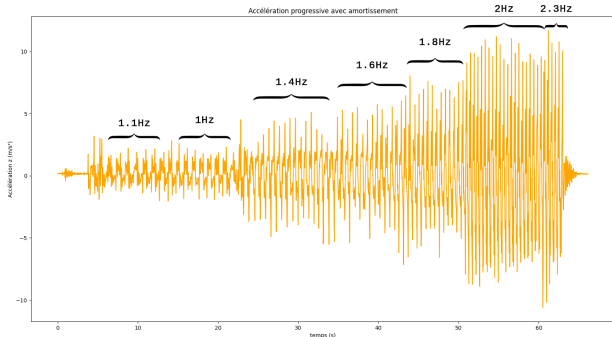
Matlab : analyse des résultats



Observations :

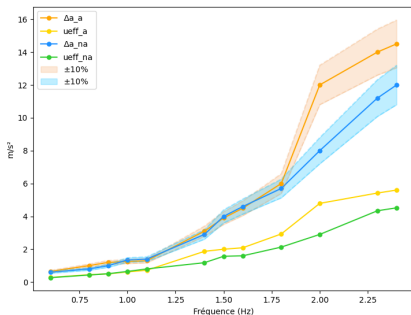
- Filtre passe-bas
- Résonance pour $f = 2.5Hz$
- Présence de deux fréquences de coupures

LEGO : Relevé des données



- Mesure de Δa (incertitude évaluée à $\pm 10\%$) pour chaque fréquence
- Calcul de $a_{eff} = \frac{1}{n-i} \sum_{k=i}^n a_k^2$ pour chaque fréquence

LEGO : Étude des données



- Phénomène de résonance pour $f \simeq 2Hz$
- Filtre passe-bas

Évolution des grandeurs

Sommaire

Introduction

Étude expérimentale

Analyse des résultats

Conclusion

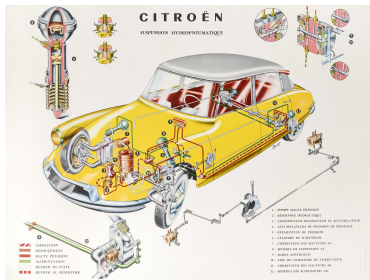
Annexes

Bilan des expériences

- Mise en évidence de phénomène de résonance sur les deux modèles
- Fréquence de résonance d'environ $2Hz$
- Suspension indépendante peu efficace pour amortir les oscillations de faible fréquence
- Effets sur le corps humain :
 - Inconfort
 - Cinétose (mal des transports) puisque $f_{humain} \approx 5Hz$

Une solution : suspension active

Un exemple :



Suspension hydro-pneumatique de la Citroën DS

Première apparition sur la Williams FW14 en 1992.

Plusieurs avantages :

- Mouvement du châssis contrôlé par un système embarqué
- Basée sur des actionneurs qui modifient la garde au sol

Sommaire

Introduction

Étude expérimentale

Analyse des résultats

Conclusion

Annexes

[1] Fabrication de la plateforme



Assemblage à l'aide de guides

Fabrication de la plateforme



Découpe des pièces en aluminium



Assemblage des pièces



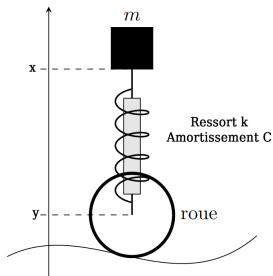
Montage final



[2] Schéma bloc - Définition

- Permet de représenter un système linéaire
- À chaque bloc est associé une fonction de transfert
- Un arc porte les informations d'entrée et de sortie

[2] Schéma bloc - Exemple



Équation différentielle vérifiée
par x :

$$\ddot{x} = \frac{1}{m}(k(y - x) + C(\dot{y} - \dot{x}))$$

Système masse ressort
amorti

[2] Schéma bloc - Exemple

De l'équation $\ddot{x} = \frac{1}{m}(k(y-x) + C(\dot{y}-\dot{x}))$ on déduit :

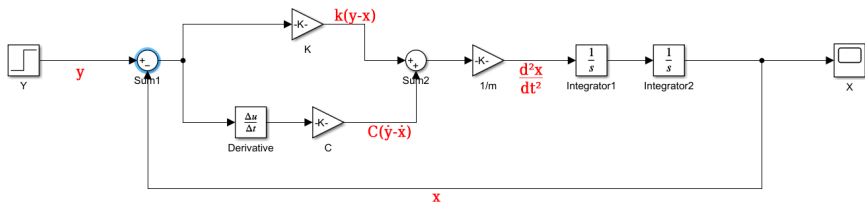


Schéma bloc du système masse ressort amorti