MECANIQUE
Unité spécifique M7
VIBRATIONS

CORRIGÉ DES ACTIVITÉS EXPÉRIMENTALES

Activité 1 : La suspension de voiture

Matériel : Salle informatique avec connexion INTERNET

Site : http://archi7.ouvaton.org/phys/dossiers/objets/amortisseurs.html

Comment fonctionnent les amortisseurs de voiture ?

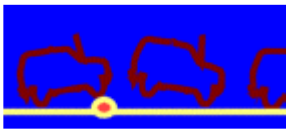
Les amortisseurs de voiture ne sont qu'une partie d'un dispositif important : la suspension. En route pour l'explication de cet organe primordial !

La suspension
La suspension est donc un ensemble de pièces mécaniques composée de ressorts, d'amortisseurs, de roues et de pneus.
Tout d'abord, la suspension est là pour absorber au maximum les inégalités du sol pour que le véhicule soit confortable. Ensuite, et c'est le plus important, elle sert à maintenir une liaison constante entre le sol et les roues. C'est très important parce que l'efficacité du freinage, la précision de la direction et la puissance transmise dépendent directement de ce couplage entre les roues et le sol, l'adhérence. En un mot : il faut que le véhicule "tienne la route".
Une voiture ayant une bonne tenue de route aura donc une grande adhérence moyenne (moyenne entre les adhérences maximale et minimale lors des secousses verticales). Elle sera donc d'autant meilleure que la roue subira rapidement le poids de la voiture après le choc.

Tenue de route d'une voiture sans suspension
Imaginons qu'une roue rencontre un obstacle, une bosse sur la route, par exemple, dans une voiture sans suspension.

La roue subit une poussée très rapide vers le haut. En fait, à ce moment-là, sa trajectoire si elle était seule, serait de redescendre selon une trajectoire parabolique, comme un objet que l'on lance. Elle met donc du temps à redescendre. Cependant, la roue étant fixée à la voiture, son mouvement ascendant est freiné par le poids de la voiture.

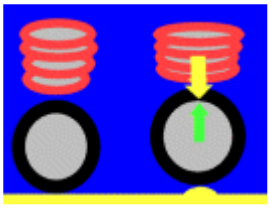
Lorsque l'obstacle est franchi, la roue et la voiture redescendent et se trouve à nouveau en contact avec le sol.
Bilan : la voiture s'est "envolée", a mis du temps à redescendre puis est retombée sur le sol.



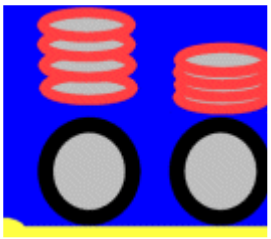
Ceci a un inconvénient majeur : pendant que la voiture ne touche plus le sol, on ne peut pas la diriger (ni tourner, ni freiner). Et un autre inconvénient : le retour sur le sol est totalement subi par l'ensemble du véhicule (ce qui la ferait vieillir plus vite à force de chocs) ... et ses passagers (qui trouveraient donc le véhicule très peu confortable).

Les ressorts
Voici donc l'intérêt des ressorts : ils atténuent les chocs provoqués par les aspérités de la route et empêchent chaque petit cahot de se traduire par une perte d'adhérence.
Reprenons notre passage d'obstacle, mais avec un véhicule muni de ressorts, placés entre la roue

et le reste du véhicule. A présent, on n'a donc plus affaire à un bloc (roues+voiture) avec une même trajectoire, mais à des éléments qui sont un peu plus libres : ils sont rattachés par des ressorts qui leur permettent de s'éloigner ou s'approcher les uns des autres.



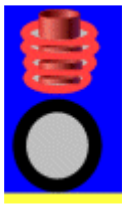
La roue subit une poussée très rapide vers le haut. Elle comprime donc le ressort, qui réagit en exerçant la même force dans le sens opposé : vers le sol. Le mouvement ascendant de la roue est donc, à présent, aussi "transformé" en mouvement descendant par la réaction du ressort de la suspension.



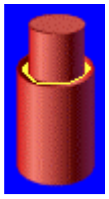
La roue redescend donc plus vite. Le reste de la voiture (qui est plus lourd et n'est pas attaché aussi fixement qu'avant à la roue redescend aussi, mais, plus lentement. Le ressort de la suspension reste un peu étendu jusqu'à ce que la voiture soit totalement redescendue.
Le système n'est donc pas parfait : pendant que le ressort est en légère extension, il agit moins vigoureusement pour maintenir le contact entre la roue et le sol. Donc l'adhérence de la voiture est diminuée.

Autre problème, les ressorts produisent des oscillations périodiques. En effet, quand la voiture "retombe" sur ses roues, elle comprime le ressort qui va donc réagir en exerçant une force vers le haut ... Et c'est reparti pour un envol !

Les amortisseurs



Bien que ces oscillations s'atténuent naturellement au fur et à mesure des rebonds, elles augmentent la durée de perte d'adhérence. On ajoute donc un amortisseur qui a le rôle de freiner ce mouvement oscillatoire et permet donc de rétablir plus rapidement la stabilité du véhicule.
Les amortisseurs les plus utilisés sont les amortisseurs hydrauliques qui freinent les oscillations dans les deux sens, quand le ressort se comprime et quand il s'allonge.



Ces amortisseurs hydrauliques sont (schématiquement) deux cylindres l'un dans l'autre. Ils peuvent coulisser l'un par rapport à l'autre mais ce mouvement est assez difficile car l'espace très étroit entre les deux cylindres est rempli d'un liquide visqueux.
Lorsque l'amortisseur est usé, l'espace entre les deux cylindres s'est agrandi ou le liquide visqueux n'est plus là. Le mouvement de va-et-vient des cylindres redevient alors plus facile et les oscillations ne sont plus assez amorties. Une voiture dont les amortisseurs sont usés se reconnaît bien : elle se met de plus en plus à sauter sur les bosses et ne se contrôle plus très bien.

Voici donc pourquoi, une voiture n'a pas seulement besoin de bons freins pour bien freiner, il lui faut aussi une suspension bien réglée !

Réponses aux questions :

a) Une suspension de voiture est composée d'un ressort et d'un amortisseur à chaque roue.
b) La suspension d'une voiture a pour but d'assurer une liaison des roues au sol, une excellente adhérence quels que soient l'état de la route, la vitesse et la puissance de freinage.
c) L'amortisseur permet de freiner les oscillations du véhicule et permet donc de rétablir plus rapidement la stabilité du véhicule.
d) Lorsqu'un amortisseur est usé, il se produit une fuite du liquide visqueux situé dans l'espace qui s'est agrandi. Le mouvement de va-et-vient des cylindres redevient alors plus facile et les oscillations ne sont plus assez amorties. La suspension d'une automobile doit être contrôler régulièrement .

Activité 2 : Etudier les oscillations libres non amorties d'un oscillateur masse-ressort

Expérience 1 : Déterminer la raideur *k* d'un ressort

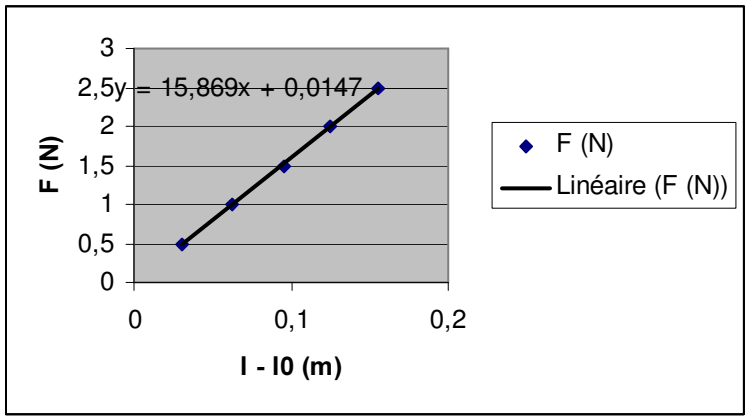
Matériel par groupe :
- un support équipé de deux pinces de serrage ;
- un ressort ;
- une règle graduée ;
- une boîte de masses marquées.

Groupe 1

• Mesure de la longueur au repos : l_0 = 9,3 cm .

• Tableau de mesures :

m (kg)	$\Delta l = l - l_0$ (m)	$F = m.g$ (N)
0,050	0,030	0,5
0,100	0,062	1
0,150	0,095	1,5
0,200	0,125	2
0,250	0,156	2,5



a) Equation de la droite : $F = 15{,}9.\Delta l$

b) Raideur du ressort : k = 15,9 N/m. La raideur s'exprime en N/m.

Expérience 2 : Etudier des oscillations libres non amorties

Matériel par groupe :
- un support équipé d'une pince de serrage ;
- le ressort utilisé dans l'expérience 1 de raideur connue ;
- un chronomètre ;
- une masse.

Groupe 1 : m = 100 g = 0,1 kg.

• Mesure de la durée de 10 oscillations : t_{moy} = 5 s.

• Période propre des oscillations : $T_0 = \frac{t_{moy}}{10} = \frac{5}{10} = 0{,}5$ s.

• Tableau des mesures des groupes de la classe :

	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4
Raideur k	15,9 N/m	15,9 N/m	11,5 N/m	11,5 N/m
Masse m	0,1 kg	0,2 kg	0,1 kg	0,2 kg
Période T_0	0,5 s	0,7 s	0,65 s	0,8 s

a) La masse oscille librement dans l'air, aucun dispositif la fait osciller et l'amplitude des oscillations varie très peu : les oscillations sont donc libres non amorties.

b) La période propre T_0 dépend à la fois de la masse m et de la raideur k du ressort : T_0 augmente lorsque la masse m croît ; T_0 diminue lorsque la raideur k augmente.

c) Calculs des périodes propres :

	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4
Raideur k	15,9 N/m	15,9 N/m	11,5 N/m	11,5 N/m
Masse m	0,1 kg	0,2 kg	0,1 kg	0,2 kg
Période T_0	0,5 s	0,7 s	0,6 s	0,8 s
Période: $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	0,5 s	0,7 s	0,58 s	0,8 s

La période propre mesurée vérifie la formule $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ (voir les résultats dans le tableau)

d) Calcul des fréquences propres f_0 :

	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4
Raideur k	15,9 N/m	15,9 N/m	11,5 N/m	11,5 N/m
Masse m	0,1 kg	0,2 kg	0,1 kg	0,2 kg
Période T_0	0,5 s	0,7 s	0,65 s	0,8 s
Fréquence : $f_0 = \frac{1}{T_0}$	2 Hz	1,4 Hz	1,5 Hz	1,25 Hz

Activité 3 : Etudier les oscillations libres amorties

Matériel par groupe :
- le même matériel que dans l'expérience 2 de l'activité 2 ;
- un grand bécher rempli d'eau.

Groupe 1 : m = 100 g ; ressort de raideur k = 15,9 N/m.

• Mesure de la pseudo-période : T = 4,5 s.

a) L'amplitude des oscillations diminue progressivement.

b) Les oscillations sont qualifiées de « libres et amorties » car la masse oscille librement dans l'eau et l'amplitude des oscillations décroît.

c) La pseudo-période T est légèrement inférieure à la période propre T_0 de l'oscillateur.

Activité 4 : Etudier les oscillations forcées

Matériel :
- un GBF ;
- 2 fils de connexion ;
- 2 pinces crocodile ;
- le ressort et la masse utilisés dans les activités 2 et 3 ;
- un grand bécher rempli d'eau.

Groupe 1 : m = 100 g ; ressort de raideur k = 15,9 N/m ; fréquence propre : f_0 = 2 Hz.

• Mesure de la fréquence correspondant à l'amplitude maximale : f = 2 Hz.

a) A de très basses fréquences, la membrane du haut-parleur met l'oscillateur ressort-masse en mouvement oscillatoire, les oscillations de l'oscillateur sont qualifiées de forcées.

b) Pour des fréquences inférieures à 1,7 Hz, l'amplitude des oscillations sont très faibles (3 à 5 mm), au-delà de cette fréquence, l'amplitude augmente sensiblement et devient maximale (3 à 4 cm d'amplitude) à la fréquence f = 1,9 Hz.

c) La fréquence mesurée est pratiquement égale à la fréquence propre de l'oscillateur.

d) Lorsque l'oscillateur plonge dans l'eau, l'amplitude des oscillations forcées diminue à cause des frottement du liquide sur l'oscillateur.

Activité 5 : Test des amortisseurs

a) Les oscillations imposées à la carrosserie au niveau des roues avants cessent rapidement, au bout de 0,6 s, alors que pour les roues arrières il faut 1,4 s pour que les oscillations cessent. Les amortisseurs des roues avant sont donc plus performants que les amortisseurs des roues arrières.

b) L'amortissement est plus faible pour les roues arrières.