

PHY-335
PHYSIQUE DES ONDES
LABORATOIRE 1
ANALYSE DU MHS VERTICAL

préparé par

André Bordeleau
Paul Paradis

révisé en juillet 2013

A - INTRODUCTION

Cette manipulation propose à l'étudiant l'analyse d'un système masse-ressort oscillant selon la verticale. L'étudiant devra déterminer les valeurs numériques des paramètres physiques (ω , A et φ) qui caractérisent l'expression du MHS de la masse oscillante.

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$$

À chaque équipe sera assignée la tâche d'analyser un fichier de données spécifiant les position $x(t)$ et vitesse $v(t)$ de la masse; informations acquises lors de manipulations employant le montage expérimental décrit ci-dessous.

B - MONTAGE EXPÉRIMENTAL

Les éléments principaux du montage expérimental utilisé sont représentés à la figure 1.

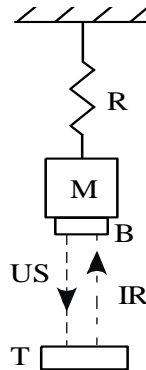


Figure 1

La tour T contient un émetteur infrarouge et un détecteur ultrason. Le signal infrarouge émis par la tour T est capté par le bouton B, fixé au bloc M ; ce dernier génère un signal ultrason en direction de la tour T. La position du bloc M est déduite du délai entre les temps d'émission et de réception du signal ultrason.

C - SUPPLÉMENT THÉORIQUE

La théorie présentée en classe suppose que la masse du ressort est nulle. Cette hypothèse se justifie dans la mesure où la masse du ressort est négligeable vis-à-vis celle du bloc. Si tel n'est pas le cas, le système constitué d'un ressort de masse M_R et d'un bloc de masse m_B peut être modélisé par un ressort de masse nulle fixé à une masse oscillante de masse $m_O = m_B + M_R/3$. La fréquence angulaire du système oscillant sera alors :

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m_O}}$$

D - LOGICIEL D'ANALYSE : MHS

La figure 2 illustre une capture d'écran du logiciel une fois qu'un fichier de données a été ouvert. L'utilisation du logiciel est particulièrement simple et nous ne croyons pas nécessaire d'en faire une description complète. Nous allons toutefois présenter deux des fonctionnalités principales du logiciel.

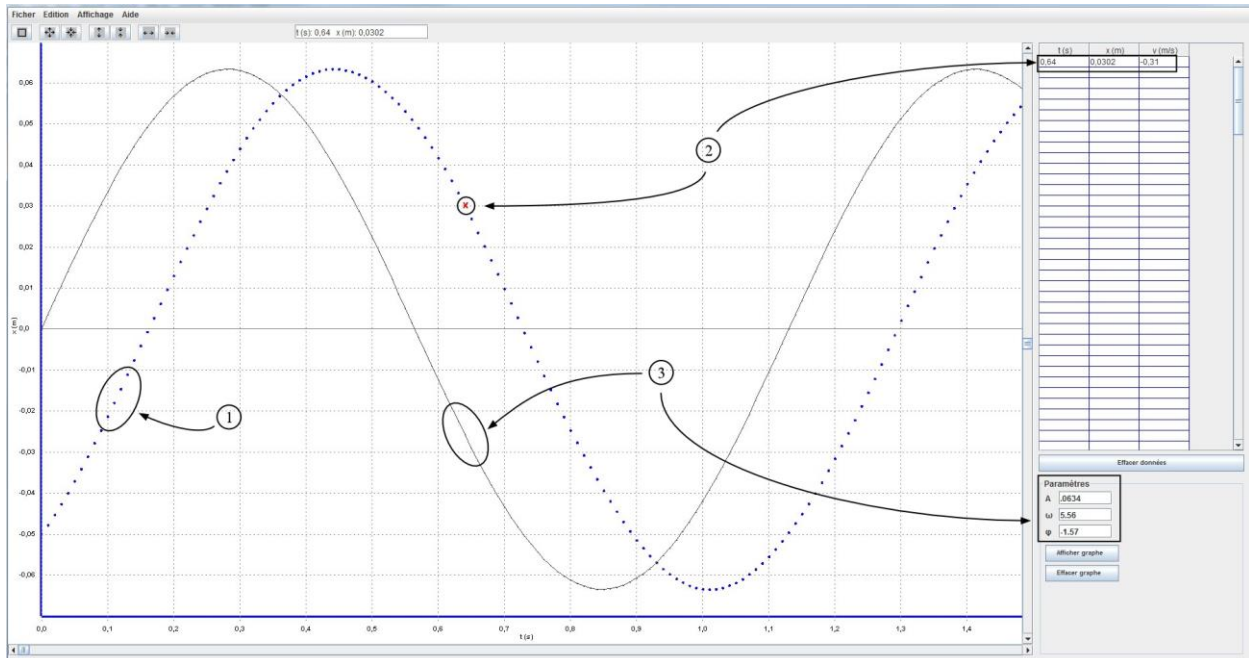


Figure 2

À l'ouverture du fichier de données apparaît la courbe représentant la position de la masse en fonction du temps telle qu'elle a été mesurée en laboratoire (item 1 sur la figure ci-dessus). En cliquant sur un des points de la courbe on fait afficher dans la portion de droite de la fenêtre les paramètres suivants : l'instant correspondant à la mesure, la position et la vitesse de la masse à cet instant (item 2 sur la figure). Finalement, on peut en spécifiant des valeurs de A , ω et φ , faire afficher une courbe théorique dont on peut se servir pour des fins de validation (item 3 sur la figure).

E - ANALYSE DES RÉSULTATS

Vous devrez évaluer la valeur numérique des paramètres A et φ de l'équation du MHS

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$$

dans le cas du mouvement que vous étudiez. Deux méthodes vous sont proposées :

Méthode 1 : en utilisant les conditions initiales à trois instants distincts.

Méthode 2 : en analysant directement le graphique $x(t)$.

1 - Détermination expérimentale de la fréquence angulaire ω :

Pour appliquer l'une ou l'autre des méthodes, la connaissance préalable de la fréquence angulaire est nécessaire. Choisissez un intervalle de temps comprenant cinq cycles au moins et de celui-ci, déduisez la période T . Calculez ensuite la fréquence angulaire ω (rad/sec) et la constante de rappel du ressort k (N/m).

Inscrivez vos résultats au tableau III.

2 - Détermination des paramètres A et φ :

NB : Pour ce qui suit, l'analyse devrait être effectuée à l'intérieur de l'intervalle de temps qui a servi à la détermination de la période

Méthode 1 :

Choisissez trois instants (t_1, t_2, t_3) à l'intérieur d'un cycle.
(Évitez les points pour lesquels la position $x(t)$ est nulle ou passe par un maximum)

Pour chacun de ces instants ($t_i : i = 1, 2, 3$), notez la valeur des position et vitesse : x_i et v_i et inscrivez-les au tableau IV. Utilisant la théorie vue en classe, évaluez les amplitude et phase initiale (A_i, φ_i) associées à chaque couple ($x_i, v_i : i = 1, 2, 3$).

Évaluez ensuite A_I , valeur moyenne de (A_1, A_2, A_3) et φ_I , valeur moyenne de ($\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$). Notez que la valeur moyenne de 0 et de 2π (le même point sur le cercle trigonométrique) est π !!

Reportez vos résultats au tableau IV et écrivez l'expression de la fonction :

$x_I(t) = A_I \cos(\omega t + \varphi_I)$ au tableau VI.

Méthode 2 :

Établissez par inspection du graphe la valeur de l'amplitude (A_{II}) et reportez-la au tableau V.

Pour déterminer la valeur de la phase initiale φ , choisissez trois pics ou trois "zéro" consécutifs sur le graphique $x(t)$ (voir la figure 7). Puisque ce sont des points « stratégiques » de la sinusoïde, on connaît a priori la valeur de la phase à ces instants. Par exemple, se référant à la figure 7, on aurait pour le point A : $(\omega t_A + \varphi_A) = 0$ (ou 2π). Ayant déterminé φ_A , φ_B et φ_C , calculez la valeur moyenne φ_{II} .

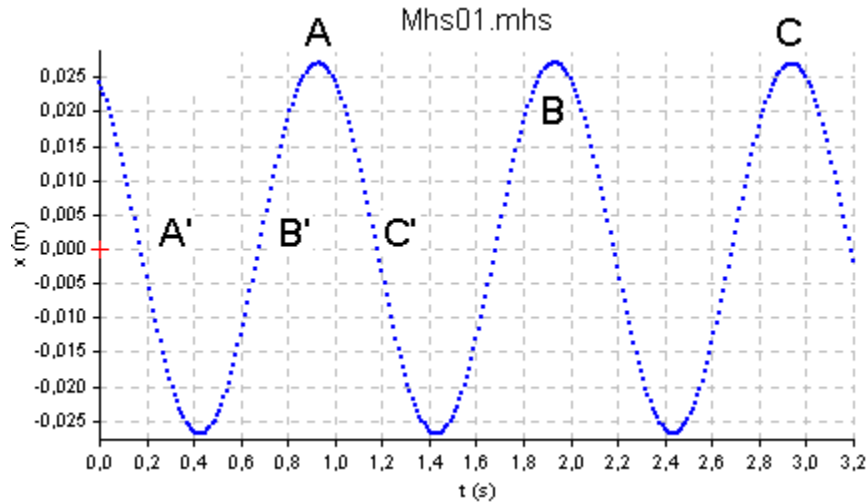


Figure 7

Inscrivez vos résultats au tableau V. Écrivez enfin l'expression de la fonction : $x_{II}(t) = A_{II} \cos(\omega t + \varphi_{II})$ au tableau VI.

3 - Comparaison des valeurs calculées à l'aide de x_I et x_{II} et de la valeur expérimentale x_E

Choisissez un instant t_0 compris dans l'intervalle déjà choisi et calculez les positions $x_I(t_0)$ et $x_{II}(t_0)$. Établissez la valeur *expérimentale* de la position à cet instant $x_E(t_0)$

Évaluez l'écart relatif entre les valeurs calculées $x_I(t_0)$ et $x_{II}(t_0)$ et la valeur expérimentale $x_E(t_0)$.

Inscrivez vos résultats au tableau VII.

F - RAPPORT DE LABORATOIRE

Le rapport de laboratoire doit contenir les éléments suivants :

les tableaux I à VII remplis ;

un calcul type détaillé pour chacune des quantités suivantes :

fréquence angulaire ω et constante de rappel k ;

valeurs numériques des couples $(A_i, \varphi_i : i = 1, 2, 3)$ obtenues par la méthode 1 ;

valeurs numériques des phases φ_A, φ_B et φ_C obtenues par la méthode 2 ;

valeurs numériques de $x_I(t_o)$ et $x_{II}(t_o)$

brève discussion sur la grandeur des écarts relatifs ;

graphiques suivants :

graphique $x(t)$ avec identification des deux points servant à déterminer la période T ;

graphique $x(t)$ avec les points 1, 2 et 3 utilisés pour la détermination de A et φ par la méthode 1 ;

graphique $x(t)$ avec les points A, B et C utilisés pour la détermination de la phase φ par la méthode 2 ;

graphique $x(t)$ avec le point choisi à l'instant $t = t_o$.

NB : Assurez-vous de *nommer* vos graphiques et de faire ressortir les points qu'on vous demande d'identifier.

G - TABLEAUX DES RÉSULTATS

TABLEAU I

Nom du fichier	
----------------	--

TABLEAU II

Masse du bloc (avec bouton) : m_B (grammes)	Masse du ressort : M_R (grammes)

TABLEAU III

Période du MHS : T (secondes)	Fréquence angulaire : ω (rad/sec)	Constante de rappel : k (N/m)

TABLEAU IV

temps : t (sec)	x(t) (m)	v(t) (m/s)	A (m)	φ (rad)
$t_1 =$				
$t_2 =$				
$t_3 =$				

A_I (m)	φ_I (rad)

TABLEAU V

temps : t (sec)	pic ou zéro	phase : $\omega t + \varphi$ (rad)	φ (rad)
$t_A =$			
$t_B =$			
$t_C =$			

A_{II} (m)	φ_{II} (rad)

TABLEAU VI

$x_I(t) =$	$x_{II}(t) =$
------------	---------------

TABLEAU VII

temps : t_0 (sec)	$x_I(t)$ (m)	$x_{II}(t)$ (m)	$x_E(t)$ (m)	Écart relatif % cas I	Écart relatif % cas II

Laboratoire 1 : Données numériques

Nom du fichier	Masse du Bloc : M_B (g)	Masse du Ressort : M_R (g)
MHS1	213,6	159,65
MHS2	213,6	159,65
MHS3	213,6	159,65
MHS4	213,6	159,65
MHS5	213,6	159,65
MHS6	213,6	161,6
MHS7	213,6	161,6
MHS8	213,6	161,6
MHS9	213,6	161,6
MHS10	213,6	161,6
MHS11	163,7	159,65
MHS12	163,7	159,65
MHS13	163,7	159,65
MHS14	163,7	159,65
MHS15	163,7	159,65