

T.P. 4 - DYNAMIQUE DU POINT

FROTTEMENT ET FORCE DE CONTACT

I) But du T.P. : Détermination du coefficient de frottement dynamique caractérisant le contact entre les roues d'un chariot, en mouvement rectiligne, et une table horizontale. Ce coefficient sera déduit des études cinématique et dynamique du mouvement, à savoir :

- graphe donnant l'évolution en fonction du temps de la vitesse du mobile,
- accélération du mobile dans une des phases du mouvement,
- inventaire des forces appliquées au mobile et application de la deuxième loi de Newton,
- détermination des forces.

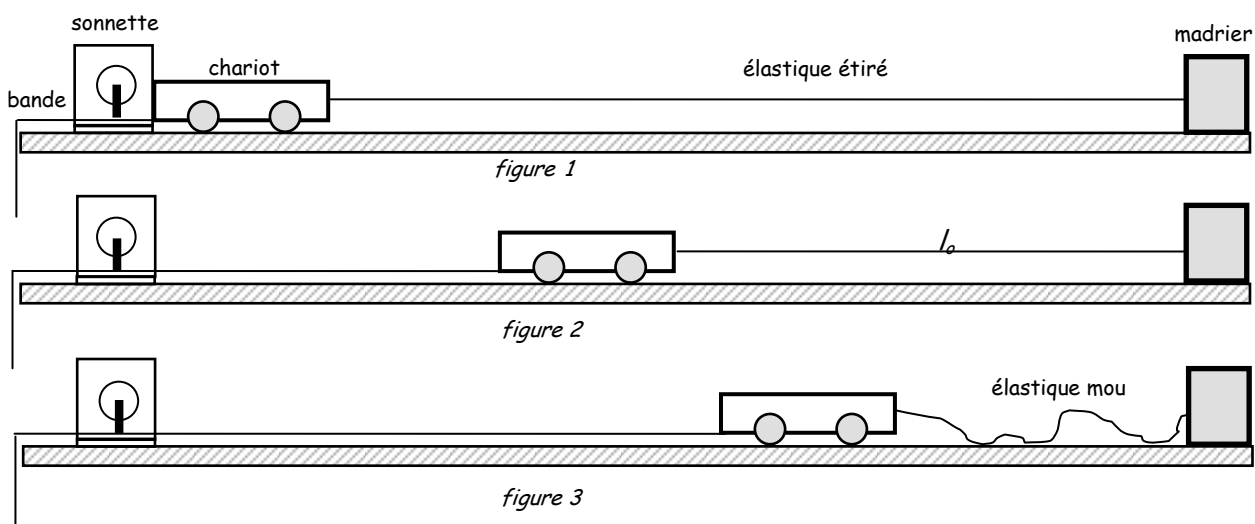
Le même travail sera refait en surchargeant le chariot pour voir l'influence ou non de la masse du mobile sur le coefficient de frottement dynamique.

II) Dispositif expérimental :

On utilise dans l'expérience un chariot de masse $M=1,6 \text{ Kg}$, un élastique de longueur à vide l_0 , une sonnette électrique à marteau dont la fréquence de frappe est de $0,01 \text{ s}$, une bande de papier pour l'enregistrement et une table horizontale.

III) Description de l'expérience :

Dans une première manipulation schématisée ci-dessous, une des extrémités de l'élastique est attachée à un madrier fixe. L'autre extrémité est reliée au chariot. A l'instant $t=0 \text{ s}$, l'élastique est étiré et le chariot est immobilisé contre le support de la sonnette (*figure 1*). On libère le chariot et il se met en mouvement sous l'action de l'élastique. A un instant t_e l'élastique retrouve sa longueur à vide l_0 (*figure 2*) et par la suite il n'agit plus (*figure 3*). Le chariot poursuit son mouvement et butte contre le madrier.

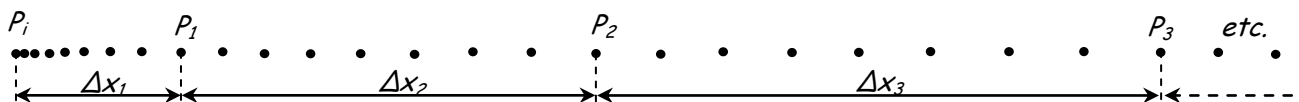


La totalité du mouvement du chariot est rectiligne et celui-ci est enregistré à l'aide de la sonnette et d'une bande de papier fixée au chariot. L'enregistrement du mouvement du chariot donné au verso, à l'échelle 1, est présenté, à cause de sa longueur, en plusieurs parties. Chaque partie se raccorde à la précédente aux points marqués par la même lettre. P_i est le point initial ($t=0\text{ s}$) et P_f le point final ($t=t_f$) du mouvement.

IV) Travail demandé : La partie 1 (cinématique) est à faire par chaque étudiant avant la séance de T.P. (elle sera ramassée en début de séance).

1) Etude cinématique : On prendra pour l'étude du mouvement un intervalle de temps $\Delta t_e = 0,08\text{ s}$.

1.1) Repérer sur l'enregistrement, comme sur l'exemple ci-dessous, les points P_i marqués tous les huit centièmes de seconde ($0,08\text{ s}$) et mesurer les déplacements successifs Δx_i . Calculer les vitesses moyennes ($V_{mi} = \Delta x_i / \Delta t_e$) que l'on assimilera aux vitesses instantanées V_i aux instants t_i milieux des intervalles de temps.



1.2) Tracer le graphe $V_i(t)$ donnant la vitesse instantanée du chariot en fonction du temps.

Echelles : 1 cm pour 0,05 s et 1 cm pour 0,1 m/s

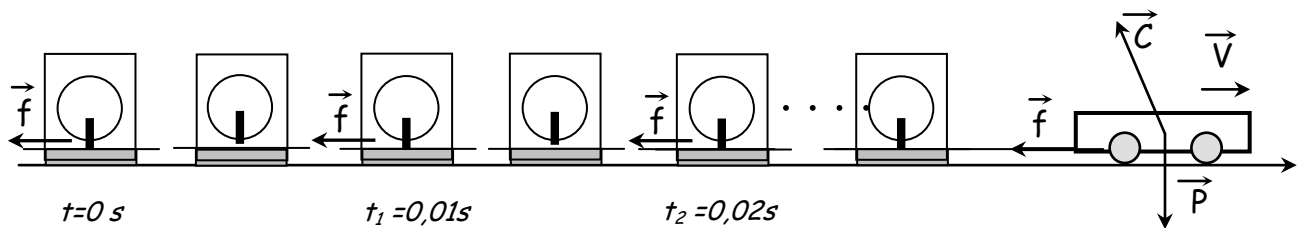
1.3) En déduire :

- les différentes phases du mouvement et leur nature (préciser les intervalles de temps),
- l'instant t_e où l'élastique cesse d'agir,
- le module de l'accélération \vec{a}_1 du mobile dans la dernière phase du mouvement,
- la vitesse du chariot à l'instant t_f ,
- la longueur à vide l_0 de l'élastique. Comparez avec celle que vous pouvez mesurer sur l'enregistrement.

2) Etude dynamique :

Dans l'étude dynamique, on va expliquer comment s'exerce l'action \vec{C} de la table sur le chariot et l'action \vec{f} du marteau de la sonnette sur la bande de papier au cours du mouvement. Pour cela, on fait l'inventaire des forces agissant sur le chariot dans la dernière phase du mouvement:

- Le poids \vec{P} .
- Les actions de la table sur les roues du chariot, ramenées à une seule force \vec{C} .
- L'action du marteau de la sonnette sur la bande de papier \vec{f} .



Tous les $1/100$ de seconde le marteau de la sonnette percute la bande de papier glissant sur le support. Cette action régulière a pour effet de freiner le mouvement du chariot durant toute l'expérience. On a montré expérimentalement que cette force de frottement \vec{f} est constante et son module est de l'ordre de $0,3 \text{ N}$.

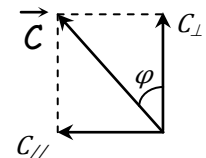
2.1) La relation fondamentale de la dynamique nous permet d'écrire :

$$\vec{P} + \vec{C} + \vec{f} = M \vec{a}_1.$$

D'après l'allure du graphe $V_1(t)$ dans la dernière phase du mouvement, et en tenant compte de ce qui précède, la force \vec{C} varie t-elle en fonction de la vitesse ?

2.2) On définit à présent le coefficient de frottement dynamique par $\mu_d = \tan \varphi = |C_{//}| / |C_{\perp}|$.

$C_{//}$ et C_{\perp} sont respectivement les composantes parallèle et perpendiculaire, par rapport au mouvement, de la force de contact \vec{C} . Etablir l'expression de μ_d . Dépend-il de la vitesse ? Déterminer sa valeur.



2.3) A l'instant où la vitesse est maximale, faire un inventaire des forces appliquées au chariot. En déduire le module de la tension \vec{T}_e de l'élastique.

3) Dans une deuxième manipulation, on a placé sur le chariot une surcharge de masse $m=1 \text{ Kg}$. Après mesure des déplacements successifs tous les $0,08 \text{ s}$, on a obtenu les vitesses instantanées du mobile en fonction du temps que l'on a consignées dans le tableau suivant :

$t(s)$	0.04	0.12	0.20	0.28	0.36	0.44	0.52	0.60	0.68
$V_2 (ms^{-1})$	0.08	0.23	0.37	0.50	0.60	0.70	0.77	0.82	0.85
$t(s)$	0.76	0.84	0.92	1.00	1.08	1.16	1.24	1.32	
$V_2 (ms^{-1})$	0.87	0.86	0.84	0.80	0.76	0.71	0.67	0.63	

3.1) Tracer sur la même feuille de papier millimétré et avec les mêmes échelles le graphe $V_2(t)$.

3.2) Déduire du graphe le module de l'accélération \vec{a}_2 du mobile.

3.3) En utilisant l'expression littérale de μ_{d1} , calculer le coefficient de frottement dynamique μ_{d2} .

3.4) Comparer μ_{d1} et μ_{d2} . Le coefficient de frottement dynamique dépend-il de la masse du mobile? Expliquer.

TP4 - Enregistrement, à l'échelle 1, du mouvement du chariot

