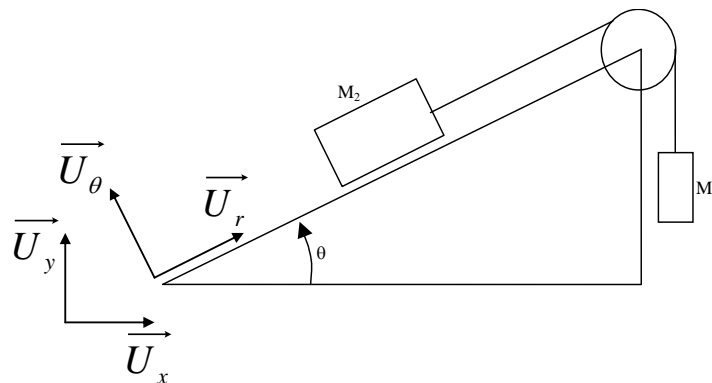


La partie « Préparation » est à faire à la maison avant le TP (1 par personne).
Vous disposez de 3h pour effectuer ce TP. Cela comprend une série de manipulations et le dépôt des mesures sur un fichier partagé. Un compte rendu par binôme sera remis à l'enseignant de TD de la deuxième semaine suivant le TP.
Ce compte rendu doit être propre, structuré (introduction / dispositif expérimental / analyse des signaux mesurés / Schémas des manipulations / Résultats / conclusion), complet (la lecture de votre compte rendu doit suffire à la compréhension du travail réalisé et permettre au lecteur de refaire les expérimentations de façon autonome) et faire preuve d'un esprit critique et d'analyse (intercomparaison des résultats, calculs d'erreurs relatives, explication des erreurs). Ce dernier devra être limité à 6 pages manuscrites ou 4 pages dactylographiées.
Ce travail est noté et contribue à la note de contrôle continu de l'EC.

Contexte

L'objectif de ce TP est de vérifier expérimentalement l'exactitude du principe fondamental de la dynamique. On étudie le déplacement d'un mobile sur un banc inclinable (angle θ). Le mobile M_1 de masse m_1 est relié par un fil à un second mobile M_2 de masse m_2 . La réaction du banc sur le mobile M_2 est constituée d'une composante normale R_n et d'une composante tangentielle R_t qui s'oppose au déplacement du mobile. On considérera que $R_t = f R_n$, avec f le coefficient de frottement solide. Le banc est constitué d'une soufflerie et d'un tube percé d'une multitude de petits trous. Cela permet de former une fine couche d'air entre le tube et le mobile M_2 posé dessus. Il se forme alors un coussin d'air sous le mobile qui réduit considérablement les forces de frottement ($f \rightarrow 0$).



Préparation (à faire à la maison)

Théorie

On considère que le mobile M_1 entraîne le mobile M_2 .

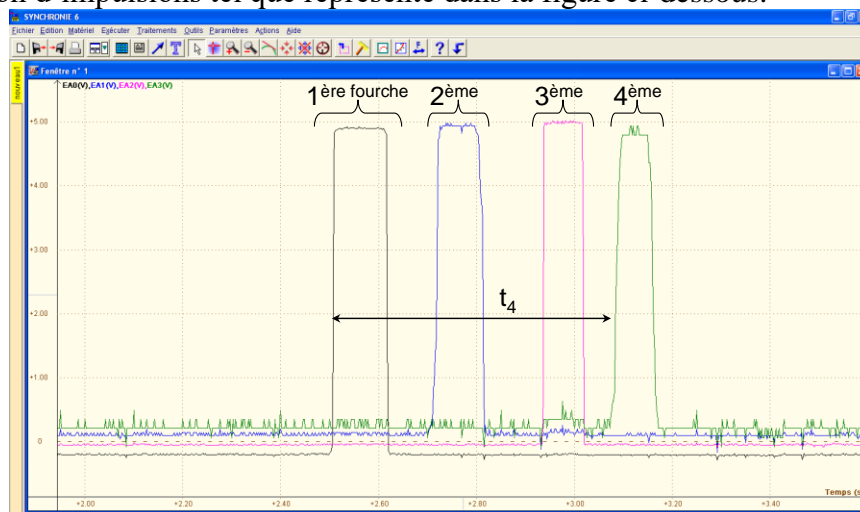
1. Faire le bilan des forces s'appliquant aux deux mobiles. On utilisera la base la plus adaptée à l'expression de ces forces. Compléter la figure ci-dessus, qui sera reportée dans votre compte rendu, en indiquant les différentes forces recensées.
2. Appliquer le principe fondamental de la dynamique aux deux mobiles.
3. En faisant l'hypothèse que le fil reliant les deux masses est tendu, inextensible et de masse négligeable, déduire de la question précédente l'expression de l'accélération du mobile M_2 en fonction de l'angle θ , du coefficient de frottement f , des masses m_1 et m_2 et de g , l'accélération de la pesanteur.

Méthode de mesure expérimentale de l'accélération

D'après votre préparation, lorsque le mobile est libéré, ce dernier se déplace le long du banc avec une accélération constante (translation rectiligne uniforme).

4. Montrer que, de manière générale, la position du mobile peut s'écrire : $x(t) = \frac{a_0}{2}(t^2 - t_0^2) + (v_0 - a_0 t_0)(t - t_0) + x_0$. Que sont alors les paramètres a_0 , v_0 et t_0 ?

Le banc est constitué de 4 fourches optiques elles-mêmes constituées de diodes émettrices et réceptrices infrarouges. Ces dernières sont à raccorder à la rosace d'acquisition de l'ordinateur. Il faut pour cela vérifier que les diodes sont bien alimentées (+5V de la rosace sur le connecteur +5V des cartes) et que les signaux délivrés par ces dernières sont bien mesurés à l'aide du connecteur S sur les différentes voies d'acquisition de la rosace (EA0, EA1, EA2 et EA3). Enfin, chaque fourche doit être reliée à la prise de masse de la rosace. Le passage du mobile devant une fourche se traduit, dans la fenêtre du logiciel synchronie après acquisition (F10), par une impulsion de 5V. Le passage du mobile devant une série de fourches se traduit donc par une succession d'impulsions tel que représenté dans la figure ci-dessous.



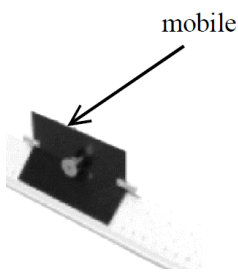
5. On note x_i la position de la $i^{\text{ème}}$ fourche (on peut, par exemple, associer la position d'une fourche à un de ses bords) et t_i le temps associé sur le chronogramme. Expliquer comment, à partir de la question précédente, la relation suivante peut être obtenue et donner la signification des paramètres Δx_i et Δt_i :

$$\Delta x_i = v_0 \Delta t_i + \frac{a_0}{2} (\Delta t_i)^2$$

6. En déduire alors que la représentation de $2 \Delta x_i / \Delta t_i$ en fonction de Δt_i est supposée représenter une droite dont la pente est directement l'accélération du mobile et dont l'ordonnée à l'origine correspond à la vitesse du mobile au passage de la première fourche (cette valeur est donc susceptible de changer d'une mesure à l'autre).

Manipulations

Partie 1 : Alignement du banc, mesure de l'accélération

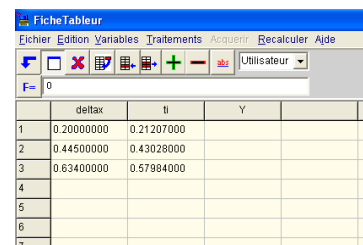


Le mobile M_2 est représenté dans la figure ci-contre. Il est possible d'en modifier la masse en vissant un poids dessus. Dans cette partie le mobile M_2 n'est pas relié au mobile M_1 et aucune masse n'est ajoutée au mobile M_2 . Positionner le banc à l'horizontale puis mettre en marche la soufflerie. Normalement le mobile devrait rester à l'immobile ! Dans le cas contraire, adapter l'horizontalité du banc.

Relever les positions x_i des fourches (au niveau des diodes) et calculer une fois pour toutes les valeurs Δx_i associées aux fourches 2, 3 et 4. Exécuter l'application Synchronie et ouvrir le fichier de ce TP (si ce dernier est disponible sur le bureau de l'ordinateur).

Enclenchez l'acquisition (touche F10) et donner une impulsion au mobile. Relever les instants t_i associés sur le chronogramme. Déterminer pour cette expérimentation les temps Δt_i pour les fourches 2 à 4.

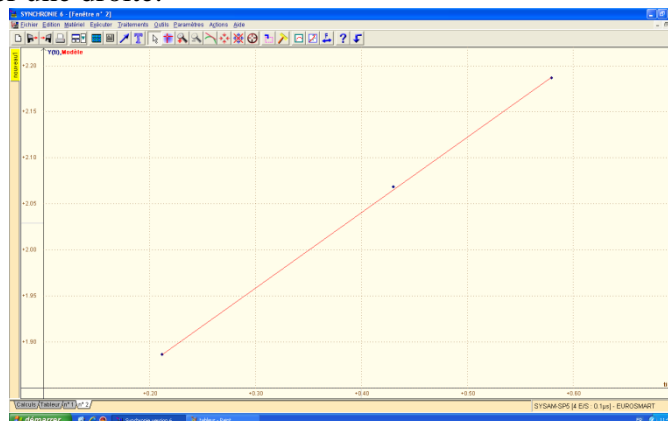
Dans l'onglet Tableur, en mode utilisateur, créer un tableau avec pour colonnes Δx_i (noté « deltax ») et Δt_i (noté « deltat i »). Remplir les colonnes pour les fourches 2, 3 et 4. Attention de remplir les valeurs avec les unités internationales.



	deltax	ti	Y		
1	0.20000000	0.21207000			
2	0.44500000	0.43028000			
3	0.63400000	0.57984000			
4					
5					
6					
7					

Dans l'onglet « Calculs » entrer la formule $Y=2*\text{deltaxi}/\text{deltati}$ puis enfoncer la touche F2 (exécution du calcul de Y pour chaque valeur du tableau). Retourner dans la fenêtre d'acquisition des signaux.

Dans « Paramètres/Courbes », choisir la courbe Y (calcul précédent), cocher fenêtre n°2 et adopter une abscisse spéciale (deltati). Adapter le style de façon à distinguer clairement les points de mesure. Basculer dans l'onglet « Fenêtre » et sélectionner la fenêtre n°2. Choisir la variable deltaxi en abscisse, adapter les unités puis calibrer en automatique. Visualiser la courbe, normalement les 3 points doivent former une droite.



Pour déterminer la pente de cette droite, appuyer sur F4 (modéliser), sélectionner la variable à modéliser Y, cliquer sur « Calculer » puis relever le coefficient directeur a , normalement égal à l'accélération du mobile.

1. Imprimer la courbe constituée des trois points ainsi que la modélisation. Cette courbe, comme les suivantes, doit-être lisible, complète (titre, légende, noms des axes et unités, équation de la modélisation).

2. Commenter la valeur obtenue de l'accélération du mobile et comparer la à sa valeur théorique.
3. L'évaluation de l'incertitude liée à cette mesure unique n'est pas simple puisque faisant appel à la précision de positionnement des fourches, des curseurs sous synchronie et à la régression linéaire. Nous appréhendons donc cette incertitude par une approche de répétabilité de la mesure. Reproduire l'expérience N fois ($N \geq 4$), reporter les accélérations dans un tableau sur votre compte rendu (sans imprimer les feuilles synchronie) et calculer la valeur moyenne ainsi que l'écart type. A l'aide du document général sur les incertitudes distribué en P3, en déduire l'incertitude de répétabilité de votre mesure d'accélération moyenne. Commenter cette incertitude. Avec cette précision de mesure, peut-on dire que le principe d'inertie est vérifié?

Partie 2 : Configurations diverses du dispositif expérimental

Dans cette partie, vous effectuerez le plus de mesures possibles afin de confronter les mesures expérimentales d'accélération aux valeurs théoriques associées. Vous serez donc amenés à changer l'angle du banc, connecter le mobile M_2 au mobile M_1 à l'aide du fil et de la poulie et de changer les masses des deux mobiles.

Pour chaque mesure, imprimer les courbes et reporter sur ces dernières, les valeurs des accélérations ainsi déterminées. Reporter également la valeur théorique de l'accélération associée et les informations concernant l'angle du banc, la masse des mobiles.

Au fur et à mesure, reporter vos résultats sur une feuille de papier que vous conserverez (par sécurité) et dans le fichier accessible en ligne :

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1nTmBLKOWX0MM-4GEI_mX-L0OPtGMECP8oxfQ401t_xw/edit?usp=sharing



Synthèse des résultats

Dans votre compte rendu, vous expliquerez la façon dont les mesures ont été effectuées. Vous devrez également synthétiser et exploiter les résultats obtenus par l'ensemble du groupe sur la base des résultats reportés sur le lien internet ci-avant.

Afin de conclure sur la validation expérimentale de l'expression théorique de l'accélération du mobile, il convient de mener une analyse sur l'incertitude des mesures expérimentales et sur l'impact de ces dernières sur l'évaluation théorique. **Ces deux calculs vous permettront d'ajouter des barres d'erreurs horizontales et verticales sur la figure de synthèse.**

Pour chaque configuration du banc et choix de masses, la mesure est unique et l'incertitude expérimentale associée n'est pas ici déterminée de façon statistique, comme dans la partie 1 des manipulations. Nous ferons donc l'hypothèse que l'incertitude relative expérimentale ($\Delta \ddot{x} / \ddot{x}$) est de 5%.

Par contre, il est possible, à l'aide de la formule suivante, d'évaluer l'incertitude de la valeur théorique de l'accélération associée à la propagation des erreurs de détermination des masses utilisées (voir document sur les incertitudes) :

$$\Delta \ddot{x} = \sqrt{\left(\frac{gm_2(1 + \sin\theta)}{(m_1 + m_2)^2}\right)^2 \Delta m_1^2 + \left(\frac{gm_1(1 + \sin\theta)}{(m_1 + m_2)^2}\right)^2 \Delta m_2^2 + \left(\frac{gm_2 \cos\theta}{(m_1 + m_2)}\right)^2 \Delta \theta^2}$$

Il conviendra d'évaluer les incertitudes des mesures de masses et d'angles d'inclinaison du banc. Vous discuterez de la méthodologie adoptée dans votre compte rendu.

A l'issue de ces calculs, imprimer (ou dessiner sur papier gradué) une figure de synthèse présentant a_{the} en fonction de a_{exp} pour l'ensemble des essais menés par votre groupe. Les incertitudes devront encadrer chaque point de mesure. Vous ferez ressortir vos propres mesures en utilisant des symboles ou des couleurs différentes.

Discuter la dépendance des incertitudes au choix des masses et angles d'inclinaison du banc.

Tracer une droite modélisant la tendance ainsi obtenue et comparer sa pente à celle attendue (bissectrice), conclure.

Est-ce que cette droite est incluse dans les encadrements de points (incertitudes) ? Discuter, conclure.

Encadrer le nuage de points par deux droites passant par (0,0). Calculer les pentes associées et évaluer l'erreur globale de cette technique de mesure $((p_{max} - p_{min})/2)$. La technique mise en place dans ce TP pour vérifier les lois de Newton est-elle précise ?

Conclusion générale (succès de la validation expérimentale, ce que vous a appris ce TP).