

Voiture Jouet sur un plan incliné



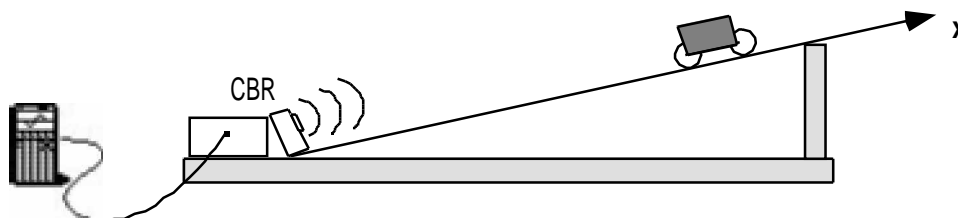
Le but de l'expérience est d'explorer les notions élémentaires pour un corps en mouvement sur un plan incliné.

On enregistrera puis on analysera les données relative à la position, la vitesse et l'accélération comme fonction du temps d'une voiture de jouet allant le long d'une pente.

INSTALLATION ET PROCÉDÉ EXPÉRIMENTAUX

Afin de réaliser cette expérience les matériels suivants sont nécessaires :

- Pente (composée, par exemple, par une étagère d'une bibliothèque ou d'un avion ou le plan incliné du laboratoire de physique)
- Voiture jouet (ou petit chariot avec les roues légères)
- Calculatrice graphique TI-83plus
- Capteur de distance Ranger (situé à l'extrémité inférieure de la pente)
- Câble noir pour relier graphiquement la calculatrice au capteur Câble noir pour relier représenter graphiquement la calculatrice à la garde forestière



Avant de commencer l'expérience vous devez vérifier que le programme Ranger a été installé dans la calculatrice en faisant défiler la liste de programmes. Au besoin le programme peut être téléchargé du capteur lui même

Procédez maintenant par les étapes suivantes

- Connecter le CBR à la calculatrice en utilisant le câble noir (assurez-vous que le câble est fermement relié)
- Paramétrer la calculatrice pour réaliser une acquisition de données et l'affichage de la position en fonction du temps (voir la prochaine section)
- Poussez la voiture vers le haut de la pente et commencez l'acquisition

REGLAGES DE LA CALCULATRICE POUR UNE ACQUISITION DE DONNÉES

Du MAIN MENU choisir 1:SETUP/SAMPLE.

Choisissez l'installation comme suit :

REALTIME:NO

TIME(S):2

DISPLAY: DIST

BEGIN ON: ENTER

SMOOTHING: NONE

UNITS: METERS

Avec ces réglages des données seront rassemblées pendant 2 secondes et le représentation graphique en fonction du temps sera affichée. Après une première expérience, nous pourrions affiner le réglages des paramètres expérimentaux à notre cas particulier en allant directement dans le SETUP/SAMPLE Menu.

Maintenant choisir START NOW et appuyer sur ENTER pour commencer l'acquisition. A la fin les données seront transférées du CBR à la calculatrice et la position en fonction du temps de temps apparaîtra sur l'écran de la calculatrice graphique.

GUIDE D'ANALYSE DE DONNÉES

Les étapes suivantes sont suggérées afin d'analyser les données rassemblées.

1) Explorez les représentations graphiques de la position, de la vitesse et de l'accélération

- Examiner les représentations graphiques de la distance, de la vitesse et de l'accélération en fonction du temps, les comparer entre elles et essayer de répondre aux questions suivantes.
- Pouvez-vous détecter l'intervalle correspondant au mouvement ascendant et descendant sur la représentation graphique de la distance en fonction du temps ? et sur celui de la vitesse?
- Dans la représentation graphique de la vitesse, pouvez vous identifier une partie quasi linéaire? Quelle est la signification de sa pente? Pourquoi la pente est-elle négative ?

2) Déterminez la valeur de l'accélération

- Calculez la valeur de l'accélération pendant le mouvement ascendant et incliné par linéarisation sur des données de la vitesse

Afin de déterminer la valeur de l'accélération vous devez choisir la partie correspondante de la représentation en fonction du temps de la vitesse (la ligne approximativement droite avec la pente négative) et appliquer une régression linéaire aux données choisies.

Une analyse plus fine de la représentation graphique de la vitesse en fonction du temps permet de suggérer que l'accélération ait une valeur différente quand la voiture se déplace vers le haut de quand elle descend. Dans ce cas les deux parties différentes de la représentation graphique devraient être choisies séparément et deux régressions séparées devraient être exécutées. La valeur moyenne des deux résultats devrait correspondre à la composante de l'accélération de pesanteur parallèle à la direction du mouvement (voir « le modèle théorique »).

3) Comparer des valeurs théoriques et expérimentales de l'accélération

En supposant que le corps se comporte comme une masse ponctuelle sur le plan incliné, nous pouvons calculer la valeur théorique de l'accélération et la comparer à la valeur expérimentale.

Les deux valeurs sont-elles compatibles ? Sinon, qu'a pu être la raison de cette différence ?

Dans ce guide nous avons suggéré de calculer l'accélération en réalisant une régression linéaire sur la représentation graphique de la vitesse. Ce choix est habituellement commode parce que la partie du graphique à choisir est plus facilement identifiée.

Vous pouvez également essayer de calculer la valeur de l'accélération de la représentation graphique de la distance (régression quadratique) ou de l'accélération une (valeur moyenne sur le même intervalle de temps).

Les valeurs devraient être conforme entre elles.

Un exemple « de l'analyse complète » exécutée sur les « données d'échantillon » téléchargeable est inclus dans la section de professeur.

MODÈLE THÉORIQUE

1) MOUVEMENT SANS FROTTEMENT

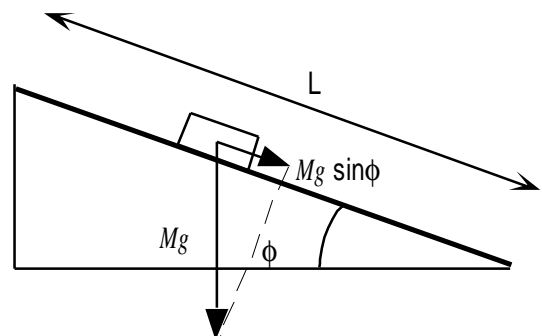
En considérant le solide comme une masse ponctuelle en mouvement le long du plan incliné, toute la force agissant dessus est $Mg \sin \phi$ et la valeur attendue de

l'accélération $a_t = g \sin \phi$ où ϕ est l'angle d'inclinaison qui peut être calculé lorsque la longueur L et la hauteur h sont données

$$\sin \phi = h / L$$

L'incertitude prévue dépend de l'exactitude dans les mesures de L et h

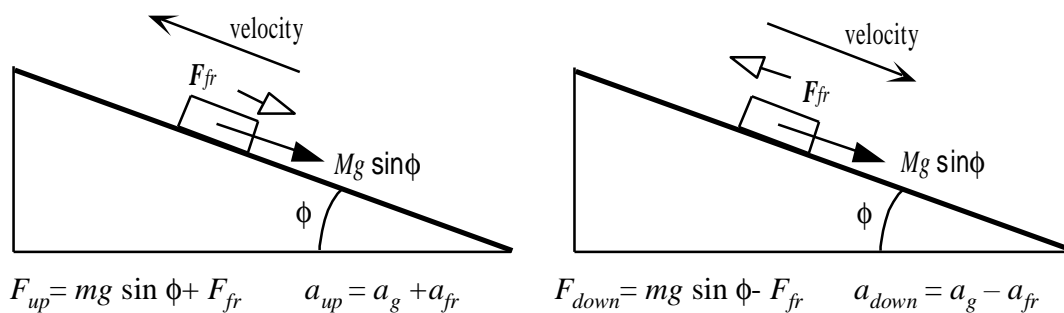
$$\frac{\Delta a_t}{a_t} = \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta L}{L}$$



Une attention particulière devrait être donnée à la mesure de h . Une erreur systématique peut en résulter - sans vérification que le plan de référence est horizontal (voir la note à la fin du document).

2) MOUVEMENT AVEC FROTTEMENT

Si le frottement n'est pas négligeable l'accélération sera différente pendant le mouvement ascendant et descendant. La force de frottement est toujours dirigée de façon opposée à la vitesse du chariot, donc elle s'ajoute à la composante de pesanteur quand le chariot se déplace vers le haut et se soustrait quand il descend.



Par conséquent: $g \sin \phi = (a_s + a_d)/2$

$$a_{fr} = (a_s - a_d)/2$$

L'ANALYSE COMPLETE DES DONNÉES

On s'attend à ce que les étudiants obtiennent représentations graphiques comme celles montrés ci-dessous.



Une personne expérimentée identifierait immédiatement que la partie centrale de la représentation graphique de la distance n'est pas symétrique de ce fait indiquant que l'accélération n'a pas la même valeur lorsque que la voiture jouet va vers le haut ou vers le bas. Il peut encore être important d'exécuter une régression linéaire en choisissant toutes données à la fois puis soumettre une contrainte en première approximation indiquant que la valeur d'accélération devrait être identique.

Ci-dessous de sont les étapes pour choisir les données:

```

MAIN MENU
1:SETUP/SAMPLE
2:SET DEFAULTS
3:APPLICATIONS
4:PLOT MENU
5:TOOLS
6:QUIT

```

```

PLOT MENU
1:DIST-TIME
2:VEL-TIME
3:ACCEL-TIME
4:PLOT TOOLS
5:REPEAT SAMPLE
6:MAIN MENU
7:QUIT

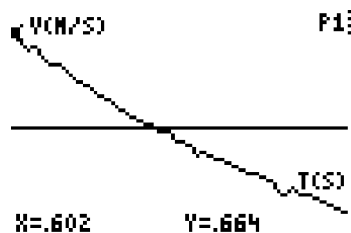
```

```

PLOT TOOLS
1:SELECT DOMAIN
2:SMOOTH DATA
3:PLOT MENU

```

Sur l'écran vous alors êtes invité à choisir d'abord la limite inférieure et puis supérieure ceci donnera une représentation graphique comme celle ci-dessous :



Afin d'exécuter une régression linéaire il faut sortir du programme RANGER et utilisez les outils de régression de la TI-83.

En pressant la touche STAT et en choisissant CALC un menu apparaît contenant ce que vous pouvez choisir

4:LinReg(ax+b). insérer L1 pour x et L3 pour y vous obtenez pour les données:

```

LinReg
y=ax+b
a=-1.260331277
b=1.315036181
a = - 1.26 m/s²

```

Cette valeur doit être comparée à celle théoriquement prévue. Dans le cas de cette expérience nous avons eu: $\sin\alpha \approx h/L = 0.133$ avec un incertitude d'environ 1%. Par conséquent la valeur prévue est

$$a_t = g \sin\alpha \approx (1.30 \pm 0.01) \text{ m/s}^2$$

Ce qui n'est pas dans l'accord complet avec l'expérimental.

Une inspection plus minutieuse de la représentation graphique de la vitesse peut indiquer, comme mentionné avant, qu'il y a deux lignes différentes jointives à l'instant où le corps a une vitesse nulle.

Les deux pentes différentes peuvent être calculées en choisissant les intervalles deux fois séparément. Afin de répéter le choix deux fois vous devriez rechercher les données originales du CBR (ou les listes originales si vous les copiez sous différents noms et les gardez) en suivant ces étapes :

```

MAIN MENU
1: SETUP/SAMPLE
2: SET DEFAULTS
3: APPLICATIONS
4: PLOT MENU
5: TOOLS
6: QUIT

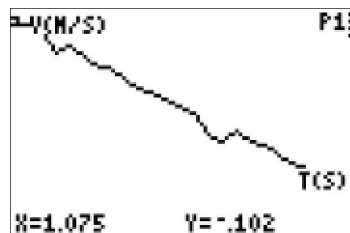
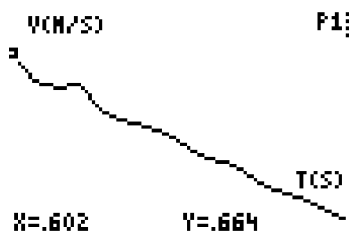
```

```

TOOLS
1: GET CBR DATA
2: GET TI83 DATA
3: CBR STATUS
4: STOP/CLEAR CBR
5: MAIN MENU

```

Avec les données de l'échantillon on choisit deux parties de la représentation graphique de la vitesse et les deux valeurs correspondantes pour l'accélération sont les suivantes :



```

LinReg
y=ax+b
a=-1.625999472
b=1.613177176

```

```

LinReg
y=ax+b
a=-.9953910555
b=.9640031457

```

$$a_{up} = -1.63 \text{ m/s}^2$$

$$a_{down} = -0.99 \text{ m/s}^2$$

La valeur moyenne (i.e. le composant de l'accélération dû à la pesanteur) est donc

$$a_m = (a_{up} + a_{down}) / 2 = (a_g + a_{fr} + a_g - a_{fr}) / 2 = a_g = -1.31 \text{ m/s}^2$$

et une évaluation grossière de la contribution du frottement à l'accélération peut être obtenus

$$a_{fr} = (a_{up} - a_{down}) / 2 = -0.32 \text{ m/s}^2$$

La valeur de l'accélération est en accord avec celle prévue $[-(1.30 \pm 0.01) \text{ m/s}^2]$. Notez que cette valeur coïnciderait avec celle obtenue avec une régression simple des deux ensembles de données seulement si le nombre de données dans les deux ensembles étaient identique. Par conséquent deux régressions séparées sont recommandées en général pour garantir que le même poids est attribué aux contributions ascendantes et descendantes.

Notez que le désaccord entre les valeurs prévues et mesurées de l'accélération peut être dû à :

- 1) Mesures effectuées sur un plan qui n'est pas parfaitement horizontal: même les petites déviations peuvent sensiblement affecter la valeur de l'accélération prévue (voir la note ci-dessous)
- 2) La masse totale des roues est non négligeables si elle est comparée à toute la masse de la voiture de jouet (dans ce cas le mouvement de rotation des roues est pris en considération).

NOTE : Comment obtenir une mesure plus précise de l'angle d'inclinaison

Pour vérifier l'horizontalité de la table on peut employer une sphère (diamètre > 2 centimètres), et vérifier qu'elle ne roule pas sur la table.

Alternativement on peut mesurer l'inclinaison de la pente avec une grande exactitude en employant le procédé suivant.

- placer un rail en "U" (environ 1 mètre long) le long du plan incliné, en le maintenant approximativement dans la position horizontale au moyen d'un coulisseau suivant les indications de la figure
- placez la sphère sur le rail, et ajustez la position jusqu'à ce que la sphère reste en équilibre;
- mesurez la longueur L_r du rail et la distance L_r entre l'extrémité de rail et la pente. L'inclinaison de la pente par rapport au plan horizontal est donnée par l'équation

$$\sin \phi = h_r / L_r.$$

Notez que l'angle mesuré ϕ peut être tout à fait différent de l'angle α entre la pente et le plan de la table le support

