

TP de physique : conservation ou non de l'énergie mécanique

I Objectifs du TP :

- Etude de deux systèmes avec conservation ou non de l'énergie mécanique et utilisation
- Découverte et compréhension d'un logiciel de pointage (aviméca)
- Découverte et compréhension d'un logiciel de traitement de données en physique et en chimie (régressi)
- Allumer l'ordinateur et insérer tout de suite le CDrom Cmovie.

Ne pas oublier d'appeler le professeur à 5 reprises lors du TP au moment des cadres (comme le jour du TP bac)

II Notions fondamentales à connaître avant le TP

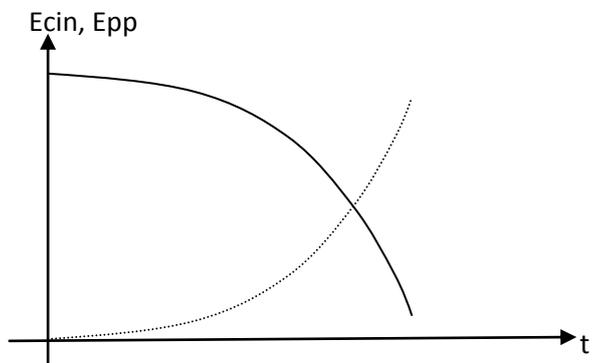
- L'énergie est une grandeur qui peut prendre plusieurs formes. Vous connaissez déjà par exemple l'énergie thermique (plus un corps est chaud, plus il possède de l'énergie thermique). Dans ce TP, l'énergie peut prendre trois formes :
 - L'énergie cinétique : c'est l'énergie que possède un système lorsqu'il est en mouvement et qui est due à sa vitesse. Elle s'exprime de la façon suivante : $E_{\text{cin}} = \frac{1}{2} m v^2$ où m est la masse de l'objet en kg dans le SI, v est sa vitesse en m.s^{-1} dans le SI. Il ne faut pas oublier le carré et le $\frac{1}{2}$. L'énergie est en J (joule).
 - L'énergie potentielle de pesanteur : plus l'altitude d'un objet est élevée, plus il possède d'énergie potentielle de pesanteur. Au sommet d'une montagne, l'énergie potentielle de pesanteur d'un homme est plus Que dans la vallée. Un livre posé par terre a une énergie potentielle plus que s'il est posé sur une table dans la même pièce. L'énergie potentielle de pesanteur s'exprime de la façon suivante : $E_{\text{pp}} = m \cdot g \cdot (z - z_{\text{ref}E_{\text{pp}}})$ où m est la masse du système, g est l'intensité de la pesanteur au lieu considéré ($g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ à Versailles), z est l'altitude de l'objet en ayant soin de prendre un axe des altitudes vers le ciel et une origine des altitudes (le 0 de l'axe vertical) où on le souhaite ais bien le préciser, $z_{\text{ref}E_{\text{pp}}}$ est l'altitude des origines des énergies potentielles. Elle sera prise égale à 0 dans ce TP pour simplifier. On a donc $E_{\text{pp}} = m \cdot g \cdot z$ avec m en kg, g en N.kg^{-1} , z en m et E_{pp} en J.
 - On regroupe l'énergie cinétique et l'énergie potentielle de pesanteur en les sommant. On obtient alors l'énergie mécanique du système : $E_{\text{m}} = E_{\text{cin}} + E_{\text{pp}}$. Ce n'est donc pas une nouvelle énergie à proprement parlé mais il est parfois utile de sommer ces deux énergies (voir dernier point).
 - L'énergie thermique E_{th} directement liée à la température du système.
 - L'énergie lumineuse, le système étant alors les photons qui la possèdent.
- L'énergie est une grandeur qui se conserve : elle n'est jamais créée et n'est jamais perdue : lorsqu'une forme d'énergie d'un système varie, cela signifie que :
 - Soit une autre forme d'énergie du système augmente (de la même quantité) : il s'agit d'une conversion interne d'énergie ;
 - Soit le système échange de l'énergie avec un autre système, l'énergie cédée par l'un étant égale à l'énergie reçue par l'autre ; il s'agit d'un transfert externe d'énergie.
 - Soit les deux cas précédents en même temps.
- Un système est dit « en chute libre » s'il n'est soumis qu'à son propre poids : il y a absence de frottement durant sa chute et il n'utilise aucune énergie interne ni ne reçoit ou ne cède aucune énergie à l'extérieur (il tombe tout seul et sans frottement). Dans ce cas, on montre que son énergie mécanique est constante : cela signifie que $E_{\text{m}} = E_{\text{cin}} + E_{\text{pp}} = \text{cste}$ et donc si son énergie cinétique baisse de 7 J, alors son énergie potentielle augmente de 7 J et vice-versa. Si un objet n'est pas en chute libre mais qu'il est sujet à des frottements, son énergie mécanique diminue au cours du temps.

(*) Surligner toutes les formes d'énergie rencontrées et leur symbole, leur expression mathématique pour trois d'entre elles ainsi que les unités. Faire le travail vu en fiche sur l'apprentissage d'une nouvelle formule en physique ou chimie.. Surligner la phrase « l'énergie se conserve » et les termes « conversion interne d'énergie » et « transfert externe d'énergie ». Puis la définition d'une chute libre. Et ce qu'il advient de l'énergie mécanique en cas de chute libre et en cas de chute avec frottements.

III Préliminaires

On considère une balle qu'on lâche d'une altitude $z > 0$ sans vitesse initiale. La balle est considérée en chute libre dans un premier temps et son énergie mécanique est conservée. On a représenté sur le graphique suivant l'allure de E_{cin} et de E_{pp} en fonction du temps. Identifier les deux courbes en repassant celle représentant E_{cin} en rouge en justifiant.

Point méthode (par cœur) : pour justifier correctement et rapidement, on rappelle les expressions des deux énergies, on indique par exemple une date particulière où on connaît la valeur soit de E_{cin} soit de E_{pp} et on fait la correspondance avec les courbes.

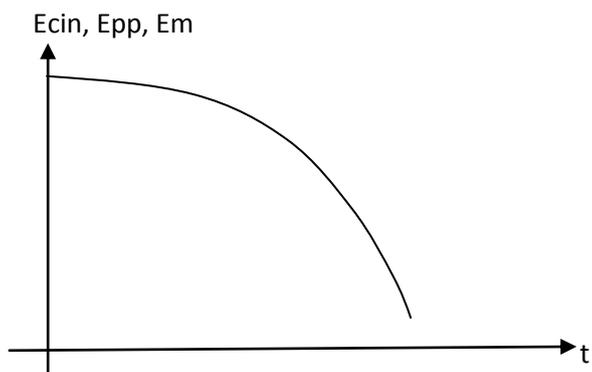


Justification :

Rappeler l'expression de E_m en fonction des énergies précédentes et dessiner en bleu sur le graphique précédent E_m dans ce cas.

Dans le cas où il y a des frottements, que peut-on dire de E_m ?

Dessiner alors l'allure des trois énergies sur le schéma suivant en respectant les couleurs :



Lorsqu'un objet céleste naturel arrive dans l'atmosphère terrestre, il passe d'un milieu qui est quasiment le vide, à un milieu où il va subir des frottements. Si ces frottements sont très intenses, l'énergie mécanique perdue par le corps céleste est en énergie de ce corps qui peut être si intense que le corps peut s'enflammer : c'est le joli spectacle des « étoiles ». Le but du TP est de savoir si une balle de ping-pong ou une balle de golf peuvent devenir une étoile en les lâchant sur Terre !

Données pour le TP (à surligner...) :

Intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$.

Masse balle de ping-pong : 2,3 g

Masse balle de golf : 42 g

Altitude $z=0$ prise au niveau du sol du terrain de tennis

Altitude de référence des E_{pp} $z_{refE_{pp}}$ prise également au niveau du sol (donc $z_{refE_{pp}} = 0$)

Appeler le professeur

IV Etude de la chute d'une balle de ping-pong

On étudie la chute verticale d'une balle de ping-pong. On utilise un enregistrement déjà fourni pour gagner du temps

1) Vidéo à copier

Insérer le CDrom avec les enregistrements, ouvrir le dossier de fichier > CHPING

Copier alors le clip vidéo CHPING (1^{er} fichier) sur le bureau de l'ordinateur.

Laisser le CDrom dans le lecteur, il ressortira dans la deuxième partie du TP.

2) Point méthode aviméca : visualiser le clip vidéo :

Ouvrir Aviméca2 dont un raccourci se trouve soit directement sur le bureau soit dans Meca-Astro sur le bureau.

Fichier/Ouvrir clip vidéo

Sur le bureau : CHPING Ouvrir

L'image apparaît alors. Visualiser le clip : lecture en bas à gauche. Revenir à la première image (boutons en bas). Modifier la taille de l'image à 200% par exemple afin d'avoir un pointage plus précis (barre des icônes, icône avec un % puis bouton « adapter »)

3) Points méthode aviméca : rentrer les paramètres d'étude de l'exercice de mécanique

Il faut, avant toute étude, spécifier à l'ordinateur, comme dans un exercice de mécanique, le référentiel choisi avec le repère des altitudes. Attention ! Les altitudes sont notées y et non z dans Aviméca.

a) Repère d'espace

Cliquer sur étalonnage (onglet à droite).

i) Axes et origine :

Positionner les axes avec l'axe des x vers la droite et l'axe des y vers le haut (1^{er} choix) en mettant l'origine des axes par terre, juste à droite de la chaise d'arbitre. Etre le plus précis possible (voyez à quel niveau la balle atterrirait). $y = 0$ correspond donc au sol.

ii) Echelle des axes : on vous donne toujours une indication pour que l'ordinateur gradue les axes.

L'ordinateur connaît les axes et l'origine choisis mais ne sait pas les graduer tout seul. Il lui faut une indication à rentrer dans sa mémoire. L'information est la suivante : la chaise d'arbitre où la personne pose ses fesses est exactement à 2,00 m d'altitude par rapport au sol. Pour rentrer cette information et afin que l'échelle soit respectée, faire comme suit :

Choisir échelle (ou échelle identique ancienne version) 2,00 m dans le cadre vert

Choisir 1^{er} point précisément en bas de la chaise d'arbitre au sol.

Choisir 2^{ème} point précisément à la verticale du premier, au niveau de la chaise d'arbitre.

Qu'a compris l'ordinateur ?

b) Repère de temps

Cliquer sur mesure. Choisir l'origine des dates de l'expérience par le numéro de l'image du clip : cela se fait en bas à droite. Aujourd'hui, le temps origine $t=0s$ correspond à l'image n°2 (mais on aurait très pu choisir $t=0s$ sur une autre image).

4) Point méthode aviméca : enregistrer le pointage :

Cliquer sur mesure (onglet à droite).

Commencer donc à l'image n°2 aujourd'hui.

Etre très précis lors du pointage (utiliser l'outil loupe très pratique) : à chaque clic, on passe à l'image d'après. A chaque image, cliquer exactement sur le milieu de la balle même si celle-ci apparaît floue et/ou pixellisée. Faire au mieux comme toujours en physique. Attention ! On s'arrêtera à l'image 21 aujourd'hui avant que la balle ne touche terre ($t_f = \dots\dots\dots s$)

Regarder ce qui se passe à chaque clic à droite : le tableau Aviméca se remplit, avec les coordonnées x et y de la balle pour chaque temps (en réalité seule y nous intéresse aujourd'hui mais l'année prochaine, x sera aussi important).

S'arrêter à l'image 21.

Appeler le professeur

Aviméca est un bon logiciel de pointage mais ne permet pas d'analyser les données (faire des graphiques, modéliser etc.) Il faut faire passer les données du tableau Aviméca sous Régressi.

5) Point méthode aviméca : transférer les données du tableau Aviméca vers Régressi:

Nouvelle version : Fichier/regressi/exécuter regressi. Le graphe $y = f(x)$ se trace mais ce n'est pas celui qu'on désire

Ancienne version : enregistrer votre travail dans un fichier temporaire : fichier, mesures, enregistrer dans un fichier, format regressi windows, enregistrer alors sur le bureau, lui donner le nom de vos initiales. Ouvrir alors regressi, fichier, ouvrir et aller chercher votre fichier temporaire.

6) Traitement dans Régressi

a) Point méthode : fonctionnement général de Régressi

Les principales icônes de Régressi sont  . L'icône  représente les données numériques tandis que l'icône  représente les graphiques.

Cliquer sur l'icône , 3 onglets apparaissent, cliquer sur l'onglet « variables ». Apparaît un tableau avec les variables les unes en fonction des autres. Que représente chaque variable ?

On comprend mieux en quoi la variable x ne va pas servir ici.

La deuxième ligne vierge du tableau sert à mettre les unités : double cliquer sur les cases vides et imposer les unités correctes du SI si ce n'est déjà fait. Dans Régressi, **IL FAUT TOUJOURS TRAVAILLER AVEC LES UNITES DU SI.**

Cliquer sur l'icône , apparaît à nouveau le graphique de y en fonction de x .

Comme $y = f(x)$ ne va pas servir, on veut par contre faire apparaître le graphique $y = f(t)$ c'est-à-dire ?

b) Point méthode : modifier et choisir un graphe sous Régressi

Pour cela cliquer sur l'icône 

Choisir de faire figurer y en fonction du temps t et non de x (donc qui est en abscisse et qui est en ordonnée ?)

Faites apparaître $y = f(t)$ sous forme de croix bleues grosseur 3 avec échelle à gauche. Décocher toutes les options dans le cadre « options générales ».

Terminer par « OK »

L'allure $y = f(t)$ correspond-elle à vos attentes ?

Appeler le professeur

On veut maintenant visualiser la vitesse de la balle en fonction du temps. Il faut donc pour cela créer une nouvelle grandeur dans Régressi qu'il va devoir calculer à partir d'une formule.

c) Point méthode : créer une nouvelle grandeur dans régressi

Icône  puis . Vous apprendrez l'année prochaine que la vitesse est la valeur absolue de la dérivée de y par rapport au temps. On crée donc dans un premier temps la dérivée et ensuite la vitesse en prenant la valeur absolue de cette dérivée.

Création de la dérivée : choisir dans type de grandeur « Dérivée ». Choisir un symbole (un nom) par exemple « derivy » puis sélectionner « $d y / dt$ », ajouter l'unité si regressi ne l'a pas fait (en $m \cdot s^{-1}$). Vous pouvez alors cliquer sur « OK ».

Vérifier alors dans l'onglet « variables » que la nouvelle grandeur apparaît.

Création de v : faire de même en utilisant « grandeur calc » comme type de grandeur, un symbole (un nom) qu'on note v ($m \cdot s^{-1}$) et comme expression « abs(derivy) » (Régressi connaît la fonction valeur absolue et la note abs).

Vérifier que la grandeur v apparaît dans le tableau.

Faire alors apparaître le seul graphique de la vitesse en fonction du temps.

Ce graphique correspond-t-il à vos attentes ?

Appeler le professeur

d) Création des grandeurs E_c , E_{pp} et E_m

Rappeler l'expression de E_c en fonction de v et m . Créer cette nouvelle grandeur comme vous avez fait précédemment en choisissant « Grandeur Calc », et l'unité adaptée aux énergies. ATTENTION ! Régressi a en mémoire toutes les valeurs de la grandeur notée v donc on peut utiliser « v » dans la formule mais il ne connaît pas m ! Il faut donc rentrer m avec sa valeur (unités !) dans la formule. Pour les virgules des chiffres décimaux, il faut utiliser la virgule ou le point suivant les versions.

Vérifier que la nouvelle grandeur apparaît dans le tableau.

Rappeler l'expression de E_{pp} en fonction de y , m et g . Créer cette nouvelle grandeur comme vous avez fait précédemment en choisissant « Grandeur Calc », et l'unité adaptée aux énergies.

Vérifier que la nouvelle grandeur apparaît dans le tableau.

Rappeler l'expression de E_m en fonction E_c et E_{pp} . Créer cette nouvelle grandeur comme vous avez fait précédemment en choisissant « Grandeur Calc », et l'unité adaptée aux énergies et en utilisant les énergies précédentes.

Vérifier que la nouvelle grandeur apparaît dans le tableau.

e) Visualisation des trois graphiques simultanément

Supprimer le graphique de $v=f(t)$ et le remplacer par le graphique des 3 énergies (utiliser le bouton ajouter une courbe). Faire apparaître les trois énergies sur un même graphique sous forme de ligne en **imposant les trois échelles à gauche** ainsi que **des zéros Y identiques (cadre des options générales)**

Appeler le professeur puis imprimer les graphiques (un par élève)

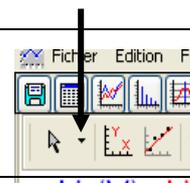
f) Analyse et utilisation des courbes ainsi créées

1) Que peut-on dire des variations de l' E_c ? de l' E_{pp} ? Rappeler l'expression de la variation de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle entre les dates $t_0 = 0s$ et la date t_f de fin de l'enregistrement. (on pourra utiliser par exemple les notations $E_c(t_0)$ et $E_c(t_f)$...)

A partir du graphique, déterminer très précisément la valeur de ces deux variations en utilisant le petit outil bien pratique appelé réticule.

Point méthode : lire une courbe sous Régressi

L'outil réticule se trouve à cet endroit :



2) Que peut-on dire de la variation de l' E_m ? Déterminer sa variation. La balle de ping-pong est-elle en chute libre (c'est-à-dire soumise qu'à son poids et pas à des forces de frottement) ?

3) En considérant que la totalité de cette énergie mécanique perdue sert à augmenter la température de la balle et de l'air contenu dans la balle, déterminer la variation de la température ΔT du système [balle+air dans la balle]. On donnera, comme toujours, une expression littérale de l'inconnue en expliquant d'où elle vient et on posera le calcul.

Rappel : le transfert thermique transféré à l'air de la balle pour une variation de température ΔT est:

Q est la chaleur transmise au système (J dans le SI)

$$Q = C \cdot (T_f - T_i)$$

C : Capacité calorifique du système {balle+air à l'intérieur} $C = 9,51 \text{ J} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

T_f et T_i : Températures finale et initiale

Appeler le professeur

4) La balle de ping-pong peut-elle devenir une étoile filante de cette façon ?

Fermer alors tous les logiciels.

V Etude de la chute d'une balle de golf

Reprendre toute l'étude avec une balle de golf. Le fichier sur le disque se trouve dans CHGOLF. Pointer de l'image 2 à l'image 20 (avant le rebond de la balle). Comparer et commenter.