

M01 : Dynamique Newtonienne

Newton a établi au 17^{ème} siècle un ensemble de lois qui permettent de déterminer la trajectoire d'un point en fonction des forces qui lui sont appliquées. Un des autres grands succès de Newton est la théorie de la gravitation.

I] Vérification des lois de Newton

1) Chute libre

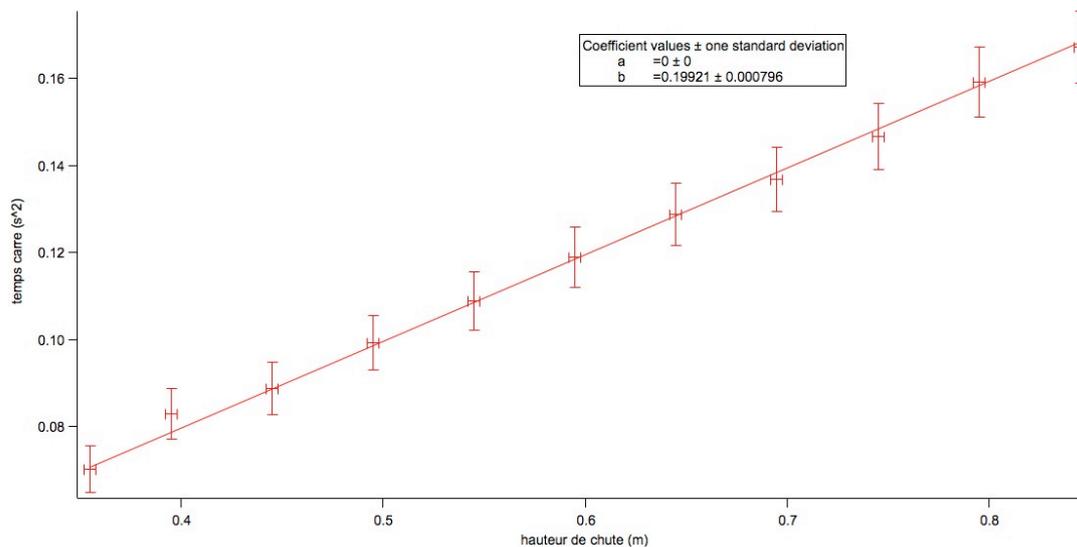
Si les lois de Newton sont vraies alors le temps de chute varie comme la racine de la hauteur.

Description du montage 1 : Le matériel utilisé est **l'outil d'étude de chute libre** qui consiste en un circuit qui s'ouvre quand la bille est lâchée et qui se referme quand elle tombe. Ceci afin de démarrer et stopper un chronomètre.

Nous avons fait 3 mesures : une à environ 40 cm, un autre à 60 et la dernière à 1m. On rajoute les points trouvés dans notre dossier Igor, sur lequel on avait déjà fait une dizaine de mesures.

Au niveau des incertitudes c'est celle du temps qui est la plus importante (faire plein de mesures à hauteur fixée pour s'en rendre compte, nous avons pris une incertitude de 0.005

s).



On a tracé $t^2(h)$ car l'incertitude relative sur le temps est plus importante et qu'on peut faire que des incertitudes sur les wave en y...

On a trouvé un coefficient directeur qui mène à $g = 10.2 \pm 0.2$ m/s.

Cette valeur n'est pas comparable aux valeurs tabulées, une explication est que le chrono est lancé trop tard du fait que le contact se fait après le lâcher de la bille. Par ailleurs il faudrait prendre en compte le temps de réponse du chrono...

2) Lois des Aires

Quand un objet est soumis à des forces centrales l'aire balayée est constante. Ici il faut bien insister sur le fait que ça vient du moment cinétique.

Description du montage : Nous nous sommes servis de la **table à coussins d'air**. On avait mis un ressort sur un coussin, et donc une force centrale. On va faire des impulsions (60 ms) pour pouvoir mesurer l'aire balayée en fonction du temps.

Ceux qui sont près peuvent observer que plus on est près du point de contact plus la distance entre les points est grande.

Pendant la découpe on raconte que l'on va découper les bandes de papiers et en les pesant on va pouvoir en déduire l'aire. Insister sur le fait que l'on a bien fait attention à équilibrer la table, et que finalement on prends des mobiles autoporteurs pour compenser le poids et donc pas avoir de frottements qui ne sont pas des forces centrales. On prends un intervalle entre 3 points (120 ms) afin d'augmenter la masse (environ 1g) car sinon on ne peut pas trop conclure au vu de la précision de la balance et de notre lancer.

L'incertitude sur la masse est donnée par le dernier chiffre de la balance. On rentre tout dans **Igor** et on trace la surface en fonction du numéro de la bandelette (on fait de la physique donc on va au moins chercher la masse surfacique qui vaut environ 80g/m^2 , bien que le résultat soit le même avec les masses...). On trace sur un graphe la surface en fonction du numéro de la bande et on montre que la ligne passe par tout les points (si on prend en compte les incertitudes), et donc qu'on peut supposer que la masse est constante avec une bonne incertitude.

Finalement on a trouvé, en un temps de 120ms une surface balayée $S=155\pm 6\text{ cm}^2$. (A priori peut intéressant car très dépendant de notre lancé bien sûr mais on observe bien la 'constance' de cette valeur).

Les lois de Newton impliquent aussi la conservation de l'Energie que nous allons traiter tout de suite

II] Conservation de l'énergie

1) Le pendule simple

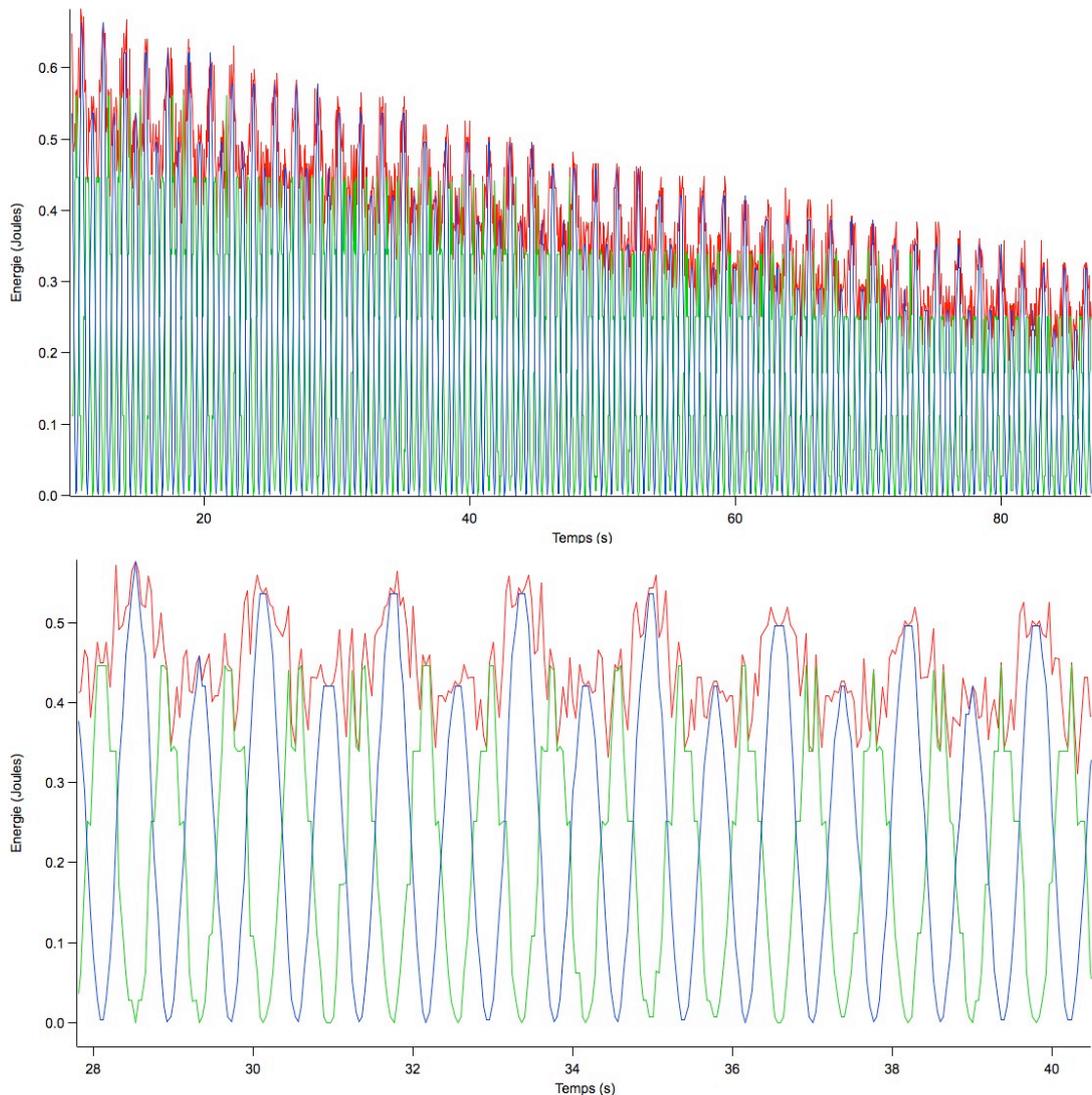
Lancer la manip afin de laisser osciller le **pendule** (prendre les pendules couplés et en découpler un des deux) durant 2 minutes pour observer les frottements. Expliquer la théorie pendant l'acquisition, faite avec le logiciel **data studio**. Attention la valeur de $\theta=0$ est prise pour l'angle initial donc faire l'acquisition puis lancer le pendule, on peut en profiter pour expliquer qu'on retrouve bien $\pi/2$ quand on incline à 90° .

Description du montage : bien expliquer qu'on a fait attention à pas avoir un pendule NON pesant en équilibrant avec la masse blanche à l'autre bout.

Pour le traitement des données, tracer $0.5*m*(\dot{\theta})^2$ et $mgl(1-\cos(\theta))$ pour obtenir de belles oscillations déphasées de π et aussi pour tracer une vraie grandeur physique (on pourrait s'abstenir de la masse mais ça n'a plus de signification).

Quand on trace l'énergie mécanique se placer sur un petit intervalle de temps, montrer que c'est constant puis montrer sur un temps plus long et en déduire qu'il y a des frottements.

Bien parler du déphasage entre énergie potentielle et cinétique, ça s'explique facilement en disant que la vitesse est maximale en $\theta=0$ et nulle en θ maximal.



Le premier graphe est pour un temps long, l'énergie mécanique est tracée en rouge et décroît clairement.

Sur le second graphe nous avons fait un zoom, l'énergie mécanique est en rouge, l'énergie cinétique en vert et l'énergie potentielle en bleu. On observe clairement le déphasage entre l'énergie cinétique et potentielle ainsi que la constante de l'énergie mécanique.

2) Cas d'un cylindre en rotation

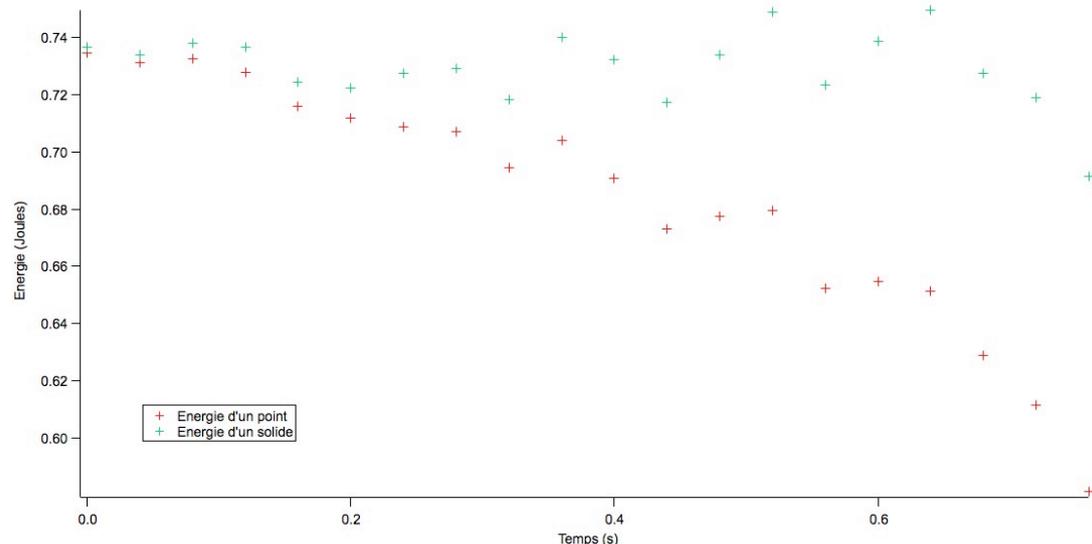
Description du montage : On va montrer que parfois il faut rajouter des énergies si on veut vérifier la conservation totale de cette dernière, qui est un principe fondamental de la physique. On fait rouler un **cylindre sur le plan incliné**. Prendre un petit angle (20° c'est pas trop mal).

Utiliser le logiciel **Cinérís** ainsi qu'une webcam pour faire les mesures.

Via **Igor** tracer deux énergies : comme si c'était un point (sans compter l'énergie cinétique de rotation) et comme si c'était un solide (en comptant l'énergie de rotation et en faisant l'hypothèse de roulement sans glissement) Montrer que si on considère que c'est un point alors on a bien une décroissance : il manque une énergie. Encore une fois, il est bon de mesurer la masse de notre cylindre même si ce n'est pas une nécessité pour comprendre le phénomène. Il est en effet plus judicieux de tracer des grandeurs ayant un sens physique (des joules en l'occurrence).

Evoquer le fait que l'énergie cinétique de rotation ne dépend pas du rayon du cylindre.

Souvent il y aura une décroissance vers la fin de la courbe, cela est probablement dû à l'hypothèse du roulement sans glissement qui est probablement fautive vers la fin.



En vert l'énergie mécanique comme si c'était un solide (ie avec l'énergie cinétique de rotation) et en rouge l'énergie d'un point (sans énergie de rotation). On observe clairement une non conservation si l'on considère notre cylindre comme ponctuel.

On a eu un peu de temps sur la fin donc on a mesuré le temps de chute du cylindre au chrono plein de fois (une dizaine). La longueur du plan est $l=65$ cm. Si on applique les lois de la dynamique pour un point et qu'on considère qu'il n'y a pas de frottements on peut en déduire le temps de chute, on a $t=\sqrt{2 \cdot l / (g \sin(\alpha))}$ qui vaut, pour un angle d'environ 20° , 0.75s.

On trouve : 0.98 ; 0.94 ; 0.88 ; 0.88 ; 0.87s. Dans tous les cas on est bien au dessus de la valeur théorique du point. On met plus de temps que prévu : l'énergie cinétique est plus faible, c'est ce qu'on observait sur nos courbes avec les pointés via le logiciel d'acquisition.

III] Questions

-Sur la première manip' tu as estimé que l'incertitude sur le temps de mesure était de 0.005 ms ? Ce sont des mesures non présentées mais on a fait des mesures à 3 hauteur de référence plein de fois et on a montré qu'on avait une certaine dispersion. On a fait en live : se placer à h fixé : 0.292 ; 0.290 ; 0.287

on montre bien qu'on a une certaine dispersion. Il faut tenir compte du temps de réponse de l'appareil, $t_{mes} = t_{chute} + t_{réponse}$... Donc on aurait une ordonnée à l'origine, il peut être judicieux de ne pas fixer l'origine à zéro dans le fit.

- Pour la loi des aires ce n'est pas très parlant. En fait l'ellipse était assez ratée... Il faut s'entraîner au lancer. Il faut trouver le bon ressort (bon rapport entre raideur et longueur).

- Lois des aires, comment traiter les incertitudes ? Ben en fait c'est assez dur étant donné qu'on a pas beaucoup de points. Par ailleurs de très légers frottements peuvent induire une variation. Au niveau de la balance elle est assez peu précise (à la fin de la séance le zéro était à 0.05g). Il y a une dérive thermique... En fait l'incertitude statistique est plus petite. Question : quelle incertitude prendre ? La plus crédible. La dérive thermique à vraiment peu d'impact pendant la mesure, il faut prendre celle des stats.

-Faire proprement la découpe.

-Il faut ABSOLUMENT insister sur le moment cinétique, que ça vient de là. On pourrait (faut réfléchir) filmer la manip et remonter à la valeur de la constante de raideur plutôt que de mesurer une masse dont on se fou eperdument.

-Insister sur le fait qu'on s'est crevé pour vérifier l'horizontalité de la table. Dire que le niveau à bulle est pas assez bon, qu'il faut en fait mettre le palet au milieu de la table et qu'il bouge plus, le montrer pour insister sur le fait qu'on est précautionneux.

-Sur la table on peut montrer la conservation de l'impulsion, la conservation du principe d'inertie pendant un choc. ENS Lyon sur Google ils en parlent, le jury voudrait la voir faite sur ordinateur. Faut voir...

-On peut aussi prendre un pas de temps plus petit pour être mieux au niveau du découpage.

-Pour le pendule, le Jury aime bien voir qu'on est très précautionneux. Insister sur l'horizontalité du pendule si on met pas de masse au bout.

-Au niveau du traitement informatique c'est un peu long. En fait il n'y a pas vraiment d'autres solutions.

-C'est quoi cette énergie mécanique qui varie ? En fait le pas de temps est discrétisé, il faut aussi parler du fait que **PASCO** est pas bien étalonné, même si on le lâche à zéro, le zéro est pas bien fait par le logiciel. Présenter les 3 échelles de variation de l'énergie mécanique : la première c'est l'acquisition, la seconde c'est le problème de symétrie et la troisième vient des frottements.

-Pour le cylindre en rotation, d'où vient la plus grosse incertitude. Il faut diminuer le temps de pause, mais en fait c'est pas évident car la caméra n'est pas du tout faite pour faire de la physique. Le jour J demander une webcam qui fonctionne sous **Cinéris**.

-A la fin il y a des points qui ne sont pas top, on pense que cela vient que l'hypothèse de roulement sans glissement n'est plus valable. Une façon d'améliorer la manip : changer angle ? En fait si on augmente alors ça va trop vite, si on diminue alors la différence entre les deux énergies n'est plus assez visible, le dire pendant la manip ça rapporte des points !

-dernière tout petite manip : on a montré que le temps était supérieur à 0.75, c'était une bonne idée. C'était plus qualitatif pour remplir les 5 dernières minutes.

-Autres manip possibles : vérification en référentiel non galiléen, un solide qui tourne et on mesure l'élongation du ressort.

-Anneau à bifurcation, pas trop mal ! En plus manip qui peut resservir pour le montage « non linéarités et instabilités ».

-Parler du gyroscope, on peut remonter à J (perso je trouve que remonter à des valeurs du genre k pour un ressort, J pour un truc qui tourne, C pour une constante de couplage n'a strictement aucun intérêt physique mais c'est mon point de vue).

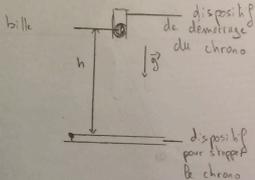
-Same pour le pendule, on peut remonter au moment d'inertie (même remarque perso).

-PAS DE STATIQUE DANS CE MONTAGE (pas de détermination de la surface libre de l'eau dans un vase qui tourne car c'est statique dans le référentiel tournant)

NOI: Dynamique Newtonienne

I] Vérification des lois de Newton

1) chute libre



ballle, dispositif de démontage du chrono, h, dispositif pour l'appareil à chrono

• $t^2 = \frac{2}{g} h$

• $\Delta(\epsilon^2) = 2t \Delta t$

$\Rightarrow \begin{cases} g_{\text{exp}} = (\pm) \text{ m.s}^{-2} \\ g_{\text{tab}} = 9.81 \text{ m.s}^{-2} \end{cases}$

On a bien vérifié une intégration simple du PFD.

2) Lois de Aires

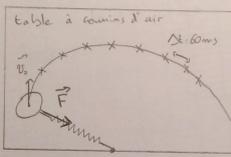


Table à coussins d'air, $\Delta t = 60 \text{ ms}$, \vec{F}

$\vec{v}_{\text{papier}} = 80 \text{ g m}^{-2}$

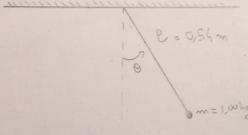
On mesure entre 2 points séparés de 120 ms

$S = (\pm) g$

On a montré que $\frac{\Delta S}{2\Delta t}$ est constant.

II] Conservation de l'énergie

1) Rc pendule simple



$l = 0.54 \text{ m}$, $m = 1.04 \text{ kg}$

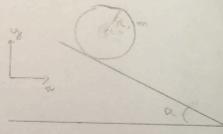
$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m (l\dot{\theta})^2$

$E_p = mgl(1 - \cos\theta)$

$E_m = E_c + E_p$

On a montré la conservation de l'énergie pour un point matériel

2) Bas du cylindre en rotation



En mécanique que du point : $E_m^{\text{point}} = \frac{1}{2} m (\dot{x}^2 + \dot{y}^2) + mgy$

En mécanique du solide : \oplus hypothèse de RSG

$J_{\text{cylindre}} = \frac{mR^2}{2}$

$E_m^{\text{solide}} = \frac{3}{4} m (\dot{x}^2 + \dot{y}^2) + mgy$

\rightarrow indépendant de R.

On a montré la nécessité d'ajouter de l'énergie pour un solide.