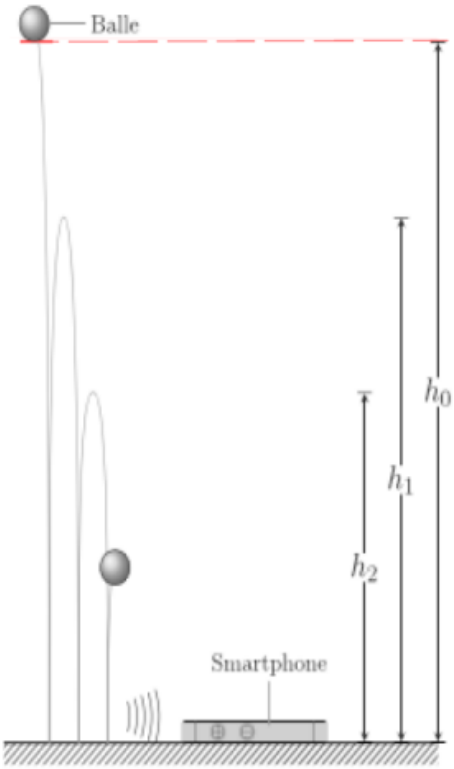
Chapitre 15-16 TP 16.1 Utilisation d'un smartphone pour mettre en évidence la diminution d'énergie mécanique lors de rebonds

Matériel : Un smartphone avec l'appli **phyphox** , une balle de tennis, ping-pong, de golf, un ballon de foot ou basket, une bille métallique … Un mètre ruban.

I) Mesures avec l'application smartphone



L'onglet « Inelastic collision » de l'application Phyphox permet de remonter à la hauteur de chute d'une balle lancée verticalement. Pour cela, l'application détermine simplement le temps entre chaque rebond grâce au son émis lorsque la balle frappe le sol (**vidéo**). Elle mesure donc $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3$ …

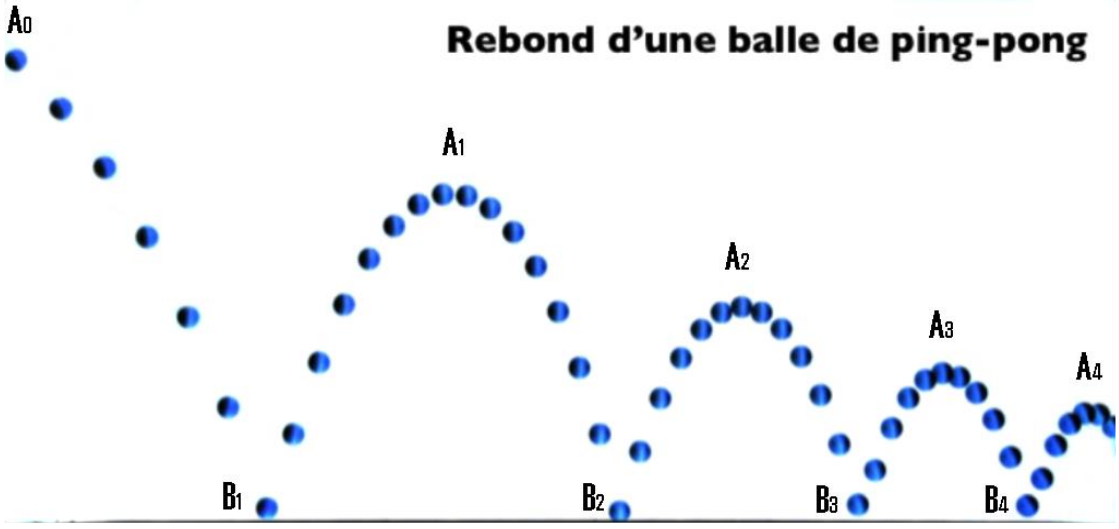
Elle calcule ensuite les hauteurs de chute h_1, h_2, … puis en déduit h_0. On va essayer de comprendre comment elle arrive à ce résultat et appliquer cette expérience à la non-conservation de l'énergie mécanique.

A) Mesures expérimentales

Poser votre smartphone au sol et appuyer sur la flèche de lecture.

Sans faire de bruits, lâcher une balle d'une hauteur $h_{0\ mesurée}$ (entre 80 cm et 1,20 m mesurée avec le mètre ruban). Laisser la balle rebondir 5 fois. Recommencer si les mesures ne sont pas satisfaisantes.

II) Calculs théoriques



A) Théorème de l'Ec pour en déduire la vitesse à l'arrivée au sol V_{B2}

1. En négligeant les frottements de l'air, indiquer l'unique force exercée sur le ballon lorsqu'il est en l'air. Exprimer le travail de cette force au cours du déplacement A_1B_2.
2. Exprimer l'énergie cinétique de la balle en A_1 puis en B_2.
3. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique sur le trajet A_1B_2, montrer que $V_{B2} = \sqrt{2 \times g \times h1}$.

B) Calcul de la hauteur du rebond

Au cours d'une chute libre sans vitesse initiale, la vitesse augmente. La vitesse en fin de chute peut être exprimée par la relation $v = g \times \Delta t$ avec Δt la durée de la chute.

4. En déduire l'expression de v_{B2} en fonction de Δt_1 (durée entre le bruit en B_1 et celui en B_2) et de g.

5. Montrer que $h_1 = \frac{1}{8} \times g \times (\Delta t_1)^2$ puis calculer h_1. Vérifier la cohérence de votre résultat avec ce qui est affiché par votre application. ($g = 9{,}81\ N.kg^{-1}$).

6. Entrer sur Regressi le numéro du rebond i, Δt_i et $h_{i\ appli}$. Ajouter une variable $h_{i\ calculée}$ pour faire les mêmes calculs pour les autres rebonds.

C) Calcul de la hauteur initiale h_0 : calcul de l'énergie mécanique

On a vu comment est calculé la hauteur de chaque rebond mais comment l'application calcule la hauteur initiale de la balle ?

DOC 1 :

Une question d'énergie

Pour qu'une balle puisse rebondir, elle a besoin d'énergie. Oui, mais d'où vient-elle ?
Quand tu lâches une balle, elle se dirige vers le sol à cause de la force de pesanteur, plus communément appelée la gravité. Cette force fournit ainsi à la balle de l'énergie, dite « énergie potentielle de pesanteur », qui dépend de la hauteur à laquelle tu lâches la balle. Plus la hauteur est élevée, plus l'énergie est forte.
De plus, lors de la descente vers le sol, ta balle va acquérir de la vitesse, c'est-à-dire de l'énergie dite « cinétique ». Plus la vitesse est grande, plus l'énergie est forte.
Donc, quand tu lâches ta balle, elle gagne de la vitesse et perd de l'altitude. En d'autres termes, elle gagne de l'énergie cinétique et perd de l'énergie potentielle.
Puis, c'est le choc entre ta balle et le sol. Si toute l'énergie est transmise au sol lors de cet impact, la balle ne pourra pas rebondir. Par contre, si de l'énergie est conservée par la balle après le choc, alors, elle rebondira. La question maintenant est de savoir comment conserver cette énergie ?

Une question d'élasticité

Lâche une tomate sur le sol, elle ne rebondira pas… Lâche une balle de tennis sur ce même sol, elle rebondira. Enfin, lâche une balle rebondissante, elle rebondira encore plus que la balle de tennis ! Nous venons de voir que tout ceci s'explique par la conservation d'une partie de l'énergie lors du choc. Si certaines balles ont la capacité de rebondir plus que d'autres, c'est-à-dire de conserver plus d'énergie que d'autres, c'est grâce à leur structure.

En effet, une balle est élastique, c'est-à-dire que le matériau qui la constitue peut se déformer. De plus, l'intérieur de la balle contient souvent de l'air qui est également élastique. Lors d'un impact, tu ne le vois pas, mais la balle s'aplatit contre le sol. A l'intérieur, l'air a alors moins de place : il est comprimé. Puis, un peu comme un ressort, l'air va se détendre et la balle va reprendre sa forme ronde en repoussant le sol : c'est le rebond !

Les balles rebondissantes ont des rebonds bien plus élevés que d'autres balles car elles sont constituées de matériaux particuliers, les polymères, qui les rendent très élastiques. Lors du choc avec le sol, elles ne se déforment quasiment pas et ne perdent ainsi que très peu d'énergie.

Source : https://kidiscience.cafe-sciences.org/articles/des-balles-qui-rebondissent/

7. Comment peut-on remarquer, lors de cette expérience que la balle perd de l'énergie à chaque rebond ?

8. Que se passerait-il s'il n'y avait pas de perte d'énergie lors des rebonds ?

Considérons que de B_1 à B_2, pendant toute une parabole de rebond, l'énergie mécanique se conserve.

9. Exprimer l'énergie cinétique Ec, énergie potentiel de pesanteur Epp et énergie mécanique Em en B_1 et en A_1. (Epp = 0 à l'altitude z=0 au sol)

10. Calculer l'Em en jeu pendant le premier rebond avec une des formules précédentes et des données calculées par l'appli Phyphox. ($m_{\text{balle de ping-pong}}$ = 2,7 g)

11. De la même façon, en déduire l'Em_2 , Em_3 , Em_4 … pour les rebonds suivants sur votre fichier Regressi.

12. Calculer les coefficients de restitution R des rebonds tels que $R_i = \frac{Em_i}{Em_{i-1}}$ que remarquez-vous ?

13. Phyphox utilise le coefficient de restitution entre le 1er et le 2ème rebond pour calculer l'Em du rebond 0. Faites de même pour calculer votre Em_0. Possibilité de modéliser par une fonction exponentielle entre les 2 premier points de votre fichier Regressi pour obtenir Em_0

14. En déduire la hauteur h_0 de départ de la balle. Valider avec $h_{0\ \text{appli}}$ et $h_{0\ \text{mesuré}}$.