

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
PREMIER PARTIE : REPERE THEORIQUE.....	2
I- Notion fondamentale.....	2
I-1 Oscillations.....	2
I-2 Pendule simple.....	3
II- Oscillation non amortie d'un pendule simple.....	6
II-1 Etude de la période.....	6
II-2 Etude énergétique.....	8
III- Oscillation amortie d'un pendule simple.....	9
III-1 Etude de la période.....	9
III-2 Etude énergétique.....	13
DEUXIEME PARTIE : MODULE D'APPRENTISSAGE.....	15
I- Introduction aux modules.....	15
II- Parcours d'apprentissage.....	16
III- Déroulement de chaque module.....	18
IV- Agencement des fenêtres relatives aux modules d'apprentissage.....	19
IV-1 Sommaire élève » et « Sommaire professeur.....	20
IV-2 Modules d'apprentissage.....	28
CONCLUSION.....	83

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Elongation angulaire $\theta(t)$ d'un pendule simple non amorti.....	2
Figure 2 : Elongation angulaire $\theta(t)$ d'un pendule simple amorti.....	3
Figure 3 : Pendule simple.....	3
Figure 4 : Bilan des forces dans un pendule simple.....	4
Figure 5 : Abscisse angulaire θ ou élongation angulaire.....	5
Figure 6 : Amplitude θ_m des oscillations.....	5
Figure 7 : Position du pendule à différentes dates.....	6
Figure 8 : Variation de l'altitude du centre d'inertie du système dans un plan vertical.....	8
Figure 9 : Variation de E_p , E_c et E en fonction du temps dans le cas du mouvement oscillatoire non amorti d'un pendule simple.....	9
Figure 10 : Pendule simple amorti : bilan des forces.....	9
Figure 11 : Courbe du mouvement d'un oscillateur faiblement amorti : mouvement pseudo-périodique.....	12
Figure 12 : Courbe du mouvement d'un oscillateur amortie : mouvement apériodique.....	12
Figure 13 : Courbe du mouvement d'un amortissement critique.....	13
Figure 14 : Variation de E_c , E_p et E en fonction du temps d'un mouvement oscillatoire amorti.....	14
Figure 15 : Contenu des sommaires.....	15
Figure 16 : Organigramme général des modules d'apprentissage.....	17
Figure 17 : Déroulement de chaque module.....	18

LISTE DES ANNEXES

Annexe1 : Energie mécanique d'un pendule simple non amorti.

Annexe 2 : Pseudo-période

Annexe 3 : Energie mécanique d'un pendule simple amorti

INTRODUCTION

La plupart des lycées à Madagascar rencontre des problèmes de manque ou d'insuffisance de matériels de laboratoire nécessaires pour l'enseignement et l'apprentissage des sciences physiques. Les cours sont devenus trop théoriques à cause de cette situation alors que, selon les indications officielles, l'enseignement de cette discipline devrait s'appuyer sur une approche expérimentale. Dans cette optique, les TP cours et les travaux pratiques sont fortement recommandés pour que les élèves puissent apprendre à observer et analyser un phénomène physique, à faire des mesures et des traitements de données, à interpréter les résultats obtenus et à tirer des conclusions.

L'approche expérimentale est donc préconisée pour atteindre les objectifs de l'enseignement/apprentissage des sciences physiques à savoir le développement du sens d'observation de l'élève, de son esprit d'analyse et de son esprit critique. Une question fondamentale se pose alors : que/comment faire pour atteindre ces objectifs sachant que l'on manque de matériels d'expérimentation ou que leur nombre est insuffisant ?

De nos jours les TICs sont mis au service de l'enseignement/apprentissage des sciences physiques. On trouve sur le marché des logiciels de simulation, de modélisation de phénomènes physiques. L'utilisation de tels logiciels aide à pallier ce problème de manque ou d'insuffisance de matériels de laboratoire dans un pays comme Madagascar. L'écriture de logiciels pour réaliser des travaux pratiques virtuels constitue une alternative.

C'est ainsi que, dans le cadre de ce mémoire de fin d'études, mémoire intitulé « **Ressource numérique pour l'étude des oscillations mécaniques : cas d'un pendule simple** », nous nous proposons d'élaborer un logiciel didactique concernant les oscillations mécaniques qui figurent dans le programme des terminales scientifiques. Il est axé essentiellement sur les oscillations d'un pendule simple non amorti et d'un pendule simple amorti. L'aspect énergétique est aussi traité. Il s'agit d'une ressource numérique permettant d'effectuer des travaux pratiques virtuels.

Notre travail comporte deux parties :

- La première partie présente un repère théorique sur les mouvements oscillatoires. Elle considère surtout le cas du pendule simple.
- La deuxième partie propose des modules d'apprentissage fondés sur des TP virtuels et met à profit les points essentiels développés dans le repère théorique.

L'accent est mis sur l'étude :

- De la période d'un pendule simple non amorti
- De l'énergie d'un pendule simple non amorti
- De la période d'un pendule simple amorti
- Des oscillations et mouvements d'un pendule simple amorti.

PREMIERE PARTIE : REPERE THEORIQUE

I. Notion fondamentale

I-1 : Oscillations :

On appelle **oscillations (vibrations)** ou **mouvement oscillatoire** les mouvements qui se répètent plus ou moins périodiquement dans temps.

D'après leur nature physique les oscillations sont très variées.

On distingue les oscillations mécaniques (balancements des pendules, vibration des cordes ...), les oscillations élecliques (circuit LC, circuit RLC...), les oscillations libres, les oscillations forcées, les oscillations non amorties, les oscillations amorties.

Les oscillations mécaniques sont des mouvements de va et vient, en général autour d'une position d'équilibre stable. (YAVORSKI. B, 1986)

a. Oscillations mécaniques libres

- On appelle oscillations libres les oscillations qui surgissent dans un système non soumis aux forces extérieures variables comme conséquence d'un écart initial de ce système de son état d'équilibre stable. (YAVORSKI. B, 1986)

- Les oscillations sont libres si, une fois écarté de sa position d'équilibre, le système (un pendule simple par exemple) est abandonné à lui-même (GROSSETÊTE.C, 1995)

b. Oscillations non amorties

Dans ce cas les forces de frottement sont négligeables et les amplitudes de l'oscillation restent constantes. La figure 1 décrit l'élongation angulaire $\theta(t)$ d'un pendule simple non amorti en fonction du temps t . (GROSSETÊTE. C, 1995)

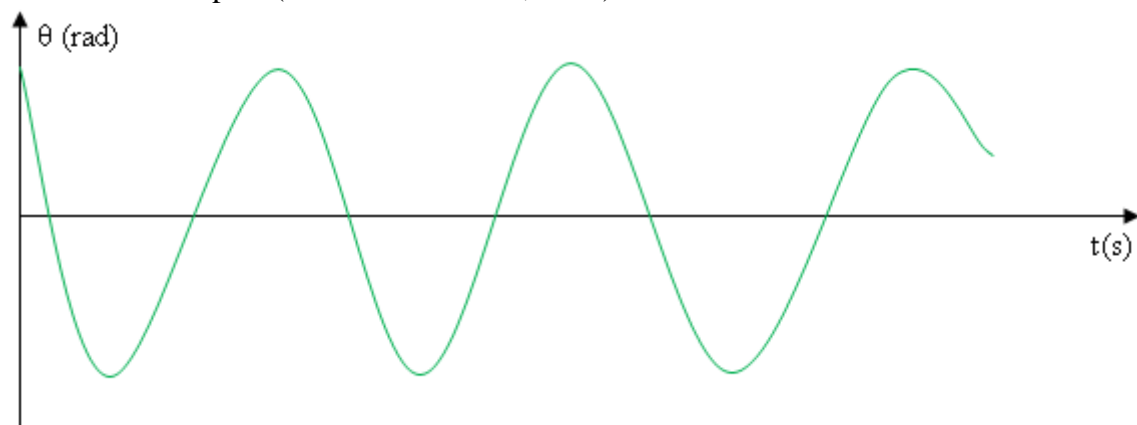


Figure 1 : Elongation angulaire $\theta(t)$ d'un pendule simple non amorti

$\theta(t)$ est une sinusoïde. L'élongation maximale ou amplitude reste la même au cours des mouvements du pendule.

c. Oscillations amorties

Lorsque le pendule simple est soumis à des forces de frottement, son mouvement est alors amorti. L'amplitude des oscillations n'est pas constante mais diminue progressivement au cours du temps.

Cette diminution de l'amplitude existe déjà dans l'air mais devient très grande si le pendule oscille dans de l'huile très visqueuse. (GROSSETÊTE. C, 1995)

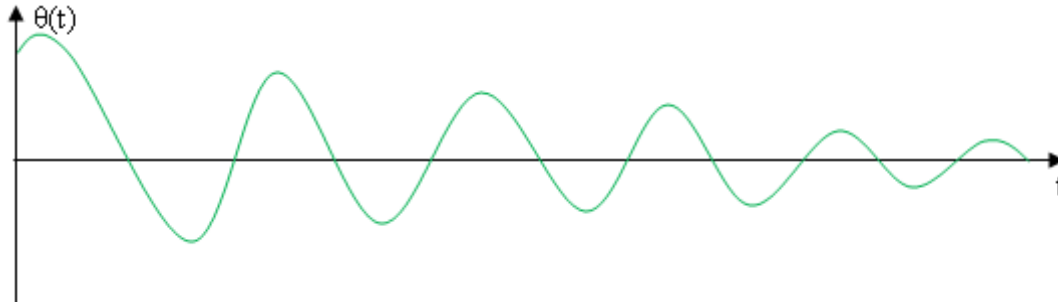


Figure 2 : Elongation angulaire $\theta(t)$ d'un pendule simple amorti.

$\theta(t)$ n'est plus une sinusoïdale.

d. Oscillations forcées :

Lorsque le système n'est pas abandonné à lui-même mais ses oscillations sont entretenues, alors on parle d'oscillations forcées. (GROSSETÊTE.C, 1995)

I-2 : Pendule simple.

Un pendule simple est un point matériel de masse m suspendu à un point par un fil inextensible de masse négligeable et oscillant dans un plan vertical sous l'action de la pesanteur.

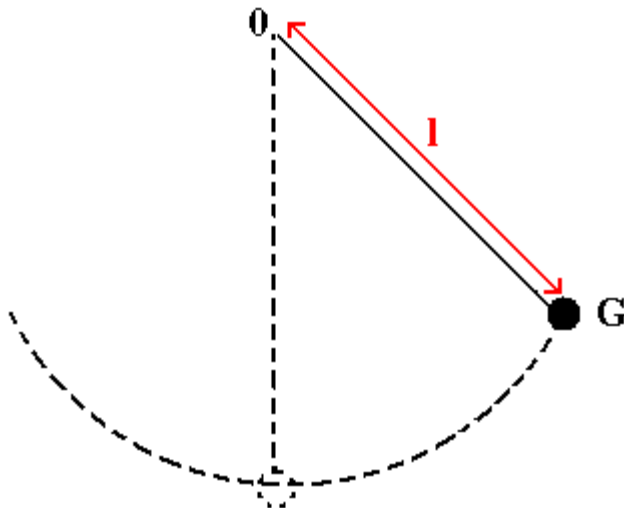


Figure 3 : Pendule simple

Le point matériel G, de masse m , se déplace alors sur un arc de cercle de rayon OG. L'effet du poids \vec{P} tendant constamment à ramener le pendule vers sa position d'équilibre, celui-ci oscille dès qu'il est écarté de la verticale puis laissé à la seule action de la pesanteur.

(CESSAC. J, 1967)

a) Position d'équilibre

Etudions l'objet ponctuel du pendule simple dans le référentiel terrestre.

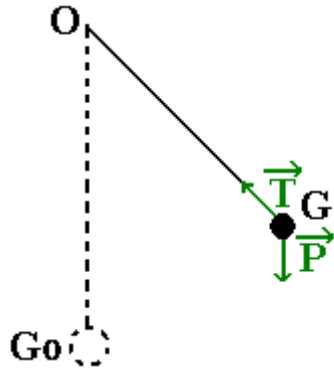


Figure 4 : Bilan des forces dans un pendule simple

La masse suspendue au fil constitue notre système.

Si on néglige les forces de frottement, les forces appliquées au système sont :

- Le poids \vec{P} qui est l'action gravitationnelle de la terre sur la bille.
- La tension du fil \vec{T} qui décrit l'action du fil sur la bille.

Lorsque le point G est situé sur la verticale des point O au point Go, la droite d'action de \vec{P} coupe également l'axe O, et n'a donc pas d'effet sur le mouvement de rotation du pendule.

(DURANDEAU. J, 1995)

Ainsi :

- Si le pendule est immobile dans cette position, il y reste
- Si on l'éloigne un peu de cette position, alors le poids \vec{P} du pendule tend à l'y ramener. Cette position est appelée : « **position d'équilibre** » du pendule.

D'après le principe d'inertie, à l'équilibre, les deux forces qui s'exercent sur l'objet (son poids \vec{P} et la tension du fil \vec{T}) sont opposées. Cette condition est réalisée lorsque le fil tendu est vertical. A la position d'équilibre, la tension du fil est donc verticale, comme le poids.

Si le pendule est écarté d'un angle θ de cette position d'équilibre, le poids a tendance faire revenir le pendule dans sa position initiale après quelques oscillations. Cette position est donc appelée « **position d'équilibre stable** ». (DURANDEAU. J, 1995)

b) Grandeurs physiques

- Abscisse angulaire ou élongation angulaire

On appelle « **élongation angulaire** » du pendule à chaque instant la valeur θ de l'angle d'écart entre la position actuelle et la position d'équilibre, c'est-à-dire l'angle formé par le pendule à la date t et le pendule à l'équilibre.

C'est une grandeur algébrique. Elle peut être négative ou positive, selon le sens positif choisi (en général celui du cercle trigonométrique). (GROSSETÊTE. C, 1995)

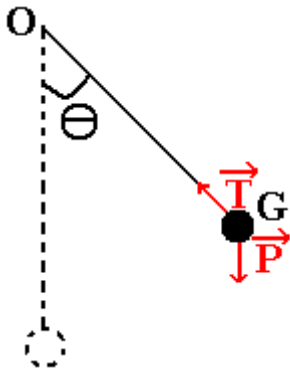


Figure 5 : Abscisse angulaire θ ou élongation angulaire.

– Amplitude des oscillations

C'est la valeur absolue de l'abscisse angulaire maximale. C'est une grandeur positive.

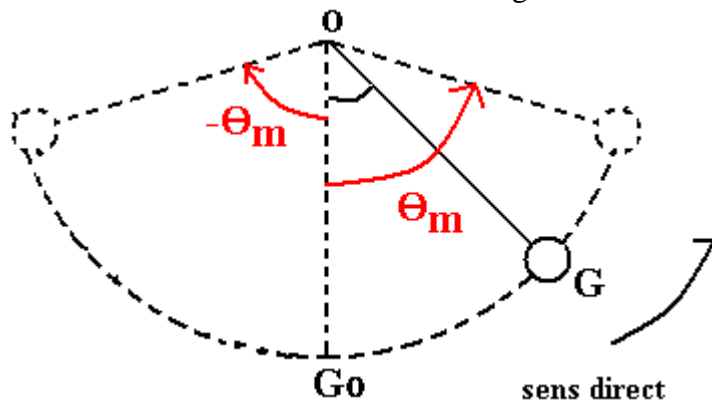


Figure 6 : Amplitude θ_m des oscillations

L'amplitude angulaire est constante si l'oscillation n'est pas amortie et décroît au cours du temps s'il est amorti. (GROSSETÊTE. C, 1995)

– Période des oscillations

La période représente la durée d'une oscillation complète. On la mesure en seconde (s) : Elle est constante dans le cas des oscillations non amorties et est aussi appelée période propre. Si l'oscillation est amortie, on parle de « pseudo-période ». La pseudo-période augmente avec l'amortissement.

Pour un oscillateur faiblement amorti, la pseudo-période est peu différente de la période propre ;

Si l'amortissement est intense, le système revient à sa position d'équilibre sans osciller. (CESSAC. J, 1967)

– Fréquence f

Le nombre de périodes en une seconde est appelé « **fréquence** ». Elle est mesurée en Hertz (Hz)

$$f = \frac{1}{t} = \frac{\omega}{2\pi} \quad (1)$$

II. Oscillation non amortie d'un pendule simple

Un mouvement oscillation non amorti est un mouvement de va et vient autour d'une position d'équilibre, qui se répète à lui-même à des intervalles de temps successifs égaux et dont l'amplitude est constante. (LANDAN. L, 1982)

II-1. Etude de la période

Considérons un pendule simple de longueur l et de masse m . le pendule est écarté d'un angle θ de sa position d'équilibre et abandonné sans vitesse initiale. L'élongation maximale est notée par θ_0 (CESSAC. J, 1967)

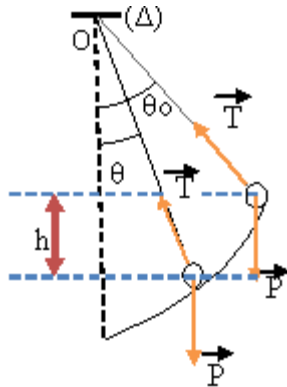


Figure 7 : Position du pendule à différentes dates

Appliquons la relation fondamentale de la dynamique en rotation :

$$\sum \mathcal{M}(\mathbf{F}_{app}) = J \ddot{\theta} \quad (2)$$

$\sum \mathcal{M}(\mathbf{F}_{app})$ est la somme des moments des forces appliquées par rapport à (Δ) passant par O .

J est le moment d'inertie de la bille par rapport à Δ et $\ddot{\theta}$ l'accélération angulaire.

On obtient :

$$\mathcal{M}_{\mathbf{T}/\Delta} + \mathcal{M}_{\mathbf{P}/\Delta} = J \ddot{\theta} \quad (3)$$

$\mathcal{M}_{\mathbf{T}/\Delta}$ et $\mathcal{M}_{\mathbf{P}/\Delta}$ sont respectivement le moment de la tension \mathbf{T} et le moment du poids \mathbf{P} par rapport à Δ

$\mathcal{M}_{\mathbf{T}/\Delta} = 0$ puisque la droite d'action de \mathbf{T} coupe l'axe

$$\mathcal{M}_{\mathbf{P}/\Delta} = -Pl \sin\theta = -mgl \sin\theta$$

L'équation (3) donne alors

$$J \ddot{\theta} + mgl \sin\theta = 0 \quad (4)$$

Or pour un pendule simple $J = ml^2$ et on a :

$$ml^2 \ddot{\theta} + mgl \sin\theta = 0 \quad (5) \text{ ce qui donne}$$

$$\ddot{\theta} + \frac{l}{g} \sin\theta = 0 \quad (6)$$

Pour des oscillations de faible amplitude, on peut prendre $\sin\theta \approx \theta$ et on obtient l'équation différentielle

$$\ddot{\theta} + \frac{l}{g} \theta = 0 \quad (7)$$

la solution de cette équation est :

$$\theta = \theta_m \cos (\omega_0 t + \varphi)$$

avec $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$

ω_0 est appelée pulsation angulaire. Elle est reliée à la fréquence f des oscillations :

$$\omega_0 = 2\pi f \quad (8)$$

On en déduit l'expression de la période pour des oscillations de faible amplitude

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (9)$$

Cette période est indépendante de l'amplitude θ_m .

L'amplitude θ_m et la phase initiale φ sont déterminées par les conditions initiales:

$\theta(t=0)$ et $\dot{\theta}(t=0)$.

Pour des **grandes amplitudes**, la période T se met sous la forme :

$$T = T_0 \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\theta_m}{2} + \frac{9}{64} \sin^4 \frac{\theta_m}{2} + \dots \right) \quad (10)$$

Ce qui donne pour des **amplitudes trop fortes** :

$$T = T_0 \left(1 + \frac{\theta_m^2}{16} \right) \quad (11)$$

Remarque :

Pour des oscillations de faible amplitude :

- La période d'un pendule simple est indépendante de l'amplitude (isochronisme) et de la masse de la substance.
- La période est proportionnelle à la racine carrée de la longueur l . (DURANDEAU. J, 1995)

II-2. Etude énergétique

Considérons un pendule simple de longueur l est de masse m , mobile autour d'un axe (Δ) horizontal. Repérons par un axe z vertical ascendant le centre d'inertie G du système. On prend comme origine de potentiel (cote de référence) la position de ce centre d'inertie lorsque ce système est en équilibre. On le lâche sans vitesse initiale à l'instant $t_0 = 0$. A l'instant t_1 son altitude est z_1 . (YAVORSKI. B, 1986)

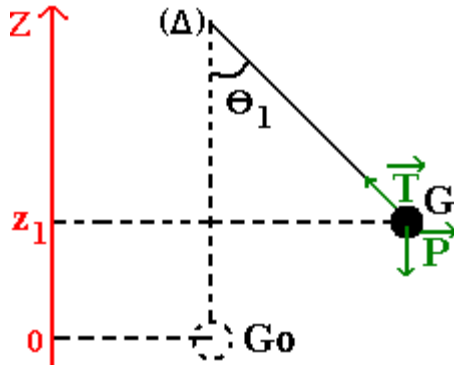


Figure 8 : Variation de l'altitude du centre d'inertie du système dans un plan vertical

L'énergie mécanique totale de ce système à tout instant est :

$$E(t) = E_p(t) + E_c(t) \quad (12)$$

Où $E_p(t)$ représente l'énergie potentielle à l'instant t et

$E_c(t)$ l'énergie cinétique.

Le bilan énergétique à la position z_1 s'écrit :

$$E_1(t_1) = E_p(z = z_1) + E_c(z = z_1) \quad (13)$$

$E_c(z = z_1)$ est l'énergie cinétique à la position $z = z_1$

On déduit de l'équation (13) que l'énergie mécanique est constante est égale à :

$$E(t) = \frac{1}{2} J \omega^2 A^2 \quad (14)$$

La démonstration est donnée dans l'annexe 1

$$E(t) = \frac{1}{2} J \omega^2 A^2 \equiv \text{Constante}$$

L'énergie mécanique totale $E = E_p + E_c$ est conservée, mais E_p et E_c varient. Si E_c augmente, E_p diminue et vice versa. C'est la transformation mutuelle de l'énergie cinétique en énergie potentielle.

Les courbes qui traduisent ce phénomène sont données ci-dessous.

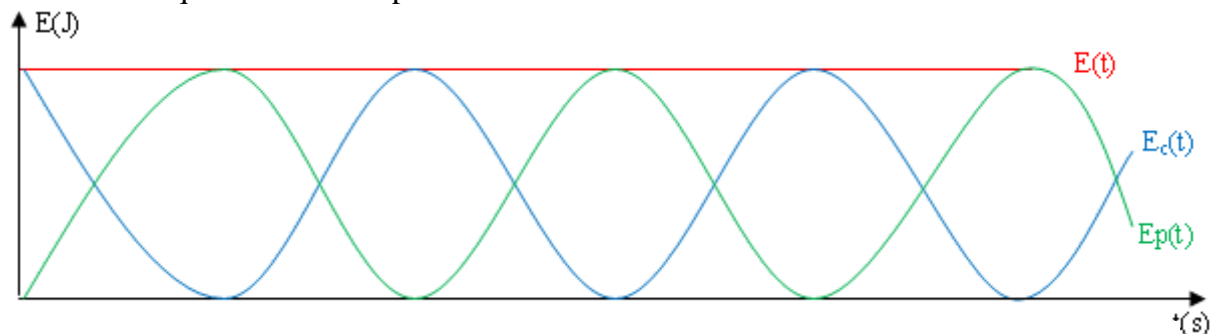


Figure 9 : variation de E_p , E_c et E en fonction du temps dans le cas du mouvement oscillatoire non amorti d'un pendule simple.

III. Oscillation amorti d'un pendule simple

Un mouvement oscillatoire amorti est un mouvement de va et vient autour d'une position d'équilibre, mais l'amplitude du mouvement décroît progressivement au cours du temps (DURANDEAU.P ,1995)

a) Etude de la période

Considérons un pendule simple de longueur l et de masse m .

Immergeons-le dans un liquide. Soit \vec{f} le frottement fluide ou la force exercée par le liquide. Cette force est proportionnelle à la vitesse \vec{v} (LANDAU.L ,1982)

$$\vec{f} = -n. \vec{v}$$

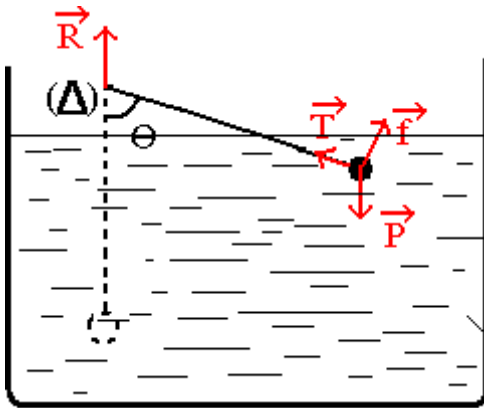


Figure 10 : Pendule simple amorti : bilan des forces

Appliquons au mouvement d'un pendule simple la relation fondamentale de la dynamique

en rotation. On obtient $\mathcal{M}\vec{P}_{/\Delta} + \mathcal{M}\vec{T}_{/\Delta} + \mathcal{M}\vec{f}_{/\Delta} + \mathcal{M}\vec{R}_{/\Delta} = J\ddot{\theta}$ (15)

avec :

$$\rightarrow \mathcal{M}\vec{P}_{/\Delta} = -P. d_1$$

$$\rightarrow \mathcal{M}\vec{T}_{/\Delta} = 0 \text{ puisque la droite d'action coupe l'axe } \Delta.$$

$$\rightarrow \mathcal{M}\vec{f}_{/\Delta} = f.d_2$$

$$\rightarrow \mathcal{M}\vec{R}_{/\Delta} = 0 \text{ puisque la droite d'action coupe l'axe } \Delta.$$

D'où :

$$- P.d_1 + f.d_2 = J\ddot{\theta} \quad (16)$$

En remplaçant $J = ml^2$, cette équation devient

$$- P.d_1 + f.d_2 = ml^2\ddot{\theta} \quad (17)$$

Ici

$$* \quad f = -n.v \text{ avec } v = l.\dot{\theta}$$

$$* d_1 = l \sin \theta$$

$$* d_2 = l$$

$$\text{d'où } -mgl \sin \theta + (-ml^2 \ddot{\theta}) = ml^2 \ddot{\theta} \quad (18)$$

on en déduit l'équation différentielle :

$$\ddot{\theta} + \frac{n}{m} \dot{\theta} + \frac{g}{l} \sin \theta = 0 \quad (19)$$

Cas où θ est faible donc $\sin \theta \approx \theta$

$$\ddot{\theta} + \frac{n}{m} \dot{\theta} + \frac{g}{l} \theta = 0 \quad (20)$$

Posons $\lambda = n/2m$ et $\omega_0 = g/l$

$$\text{D'où l'équation : } \boxed{\ddot{\theta} + 2\lambda \dot{\theta} + \omega_0^2 \theta = 0} \quad (21)$$

ω_0 est la pulsation propre et λ est appelé « coefficient d'amortissement ». ω_0 et λ sont deux constantes positives caractéristiques des systèmes et s'expriment en rad/s. la solution de cette équation est obtenue en considérant l'équation caractéristique $r^2 + 2\lambda r + \omega_0^2 = 0 \quad (22)$

La solution générale est :

$$\theta(t) = c_1 e^{(r_1 t)} + c_2 e^{(r_2 t)} \quad (23)$$

où r_1 et r_2 sont les solutions de l'équation du second degré en r .

$$r_1 = -\lambda + \sqrt{\lambda^2 - \omega_0^2} = -\lambda + \omega_0 \sqrt{\frac{\lambda^2 - \omega_0^2}{\omega_0^2}}$$

$$r_2 = -\lambda - \sqrt{\lambda^2 - \omega_0^2} = -\lambda - \omega_0 \sqrt{\frac{\lambda^2 - \omega_0^2}{\omega_0^2}}$$

Suivant les valeurs du rapport λ/ω_0 , on distingue trois types de mouvement:

➤ oscillateur faiblement amorti ($\omega_0/\lambda > 1$) : pseudo période

on aura :

$$r = -\lambda \pm j \omega_0 \sqrt{\frac{\omega_0^2 - \lambda^2}{\omega_0^2}} \quad (24)$$

avec $j^2 = -1$

$$\omega = \omega_0 \sqrt{\frac{\omega_0^2 - \lambda^2}{\omega_0^2}} \quad (25)$$

On pose

ω est appelée « **pseudo-pulsation** » et $T = 2\pi/\omega$ (26) représente la pseudo-période.

T peut s'écrire

$$T = 2\pi T_0 \frac{1}{\sqrt{4\pi^2 - \lambda^2 T_0^2}} \quad (27)$$

La démonstration est donnée dans l'annexe 2

La solution générale de l'équation différentielle pour l'oscillateur faiblement amorti est

$$\theta(t) = C_1 e^{(-\lambda - j\omega)t} + C_2 e^{(-\lambda + j\omega)t} \quad (28)$$

$$\theta(t) = [C_1 e^{(-j\omega t)} + C_2 e^{(j\omega t)}] e^{(-\lambda t)} \quad (29)$$

Les constantes C_1 et C_2 sont fixées par les conditions initiales :

$$C_1 + C_2 = \theta_0 \text{ et } -\lambda(C_1 + C_2) + j\omega(C_1 - C_2) = \dot{\theta}_0$$

$$\text{On calcule ainsi } C_1 + C_2 = \theta_0 \text{ et } j(C_1 - C_2) = (\dot{\theta}_0 + \lambda\theta_0)/\omega$$

$$\text{Posons } \theta_0 = A \cos\varphi \text{ et } (\dot{\theta}_0 + \lambda\theta_0)/\omega = A \sin\varphi$$

Avec $A > 0$, $\varphi \in [0, 2\pi]$, ce qui permet de mettre la solution sous la forme :

$$\theta(t) = A e^{(-\lambda t)} \cos(\omega t + \varphi) \quad (30)$$

Représentation graphique de $\theta(t)$

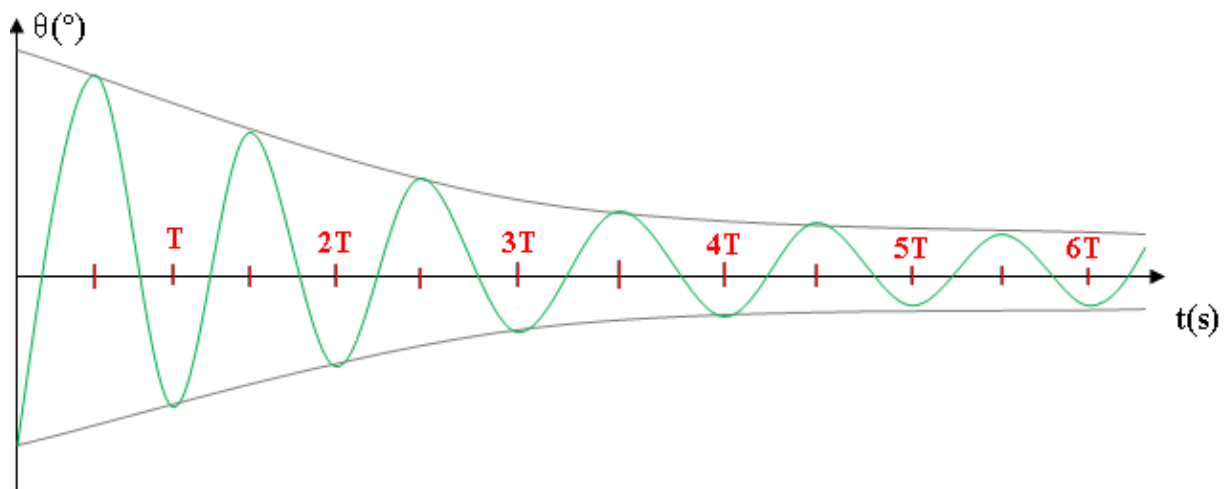


Figure 11 : Courbe du mouvement d'un oscillateur faiblement amorti : mouvement pseudo-périodique

➤ **oscillateur très amorti** ($\omega_0/\lambda < 1$) : **Amortissement sur critique**

Dans ce cas la solution de l'équation caractéristique est $r = -\lambda + \beta$ avec

$$\beta = \omega_0 \sqrt{\frac{\lambda^2 - \omega_0^2}{\omega_0^2}}$$

La solution générale est :

$$\theta(t) = e^{(-\lambda t)} [C_1 e^{(\beta t)} + C_2 e^{(-\beta t)}] \text{ ainsi :}$$

$$\boxed{\theta(t) = e^{(-\lambda t)} \text{sh}(\beta t)} \quad (31)$$

Représentation graphique de $\theta(t)$

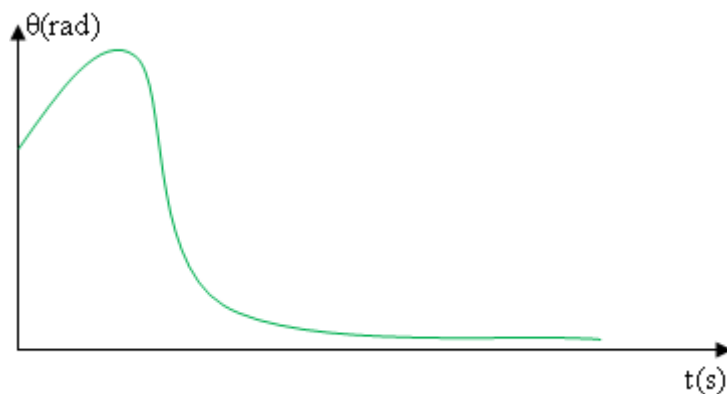


Figure 12 : Courbe du mouvement d'un oscillateur amorti : mouvement apériodique
C'est un mouvement apériodique. Pour un amortissement très fort, le pendule retourne lentement à sa position d'équilibre sans effectuer d'oscillations.

➤ **Amortissement critique** ($\omega_0/\lambda = 1$)

L'équation caractéristique admet une racine double $r = -\lambda$. Par conséquent $C_1 e^{(-\lambda t)}$ est une première solution de l'équation différentielle, or $C_2 e^{(-\lambda t)}$ est aussi une solution, en effet, en introduisant cette solution dans l'équation canonique

$$\ddot{\theta}(t) = e^{(-\lambda t)} (C_1 + C_2 t) \quad (32)$$

Représentation graphique de $\theta(t)$:

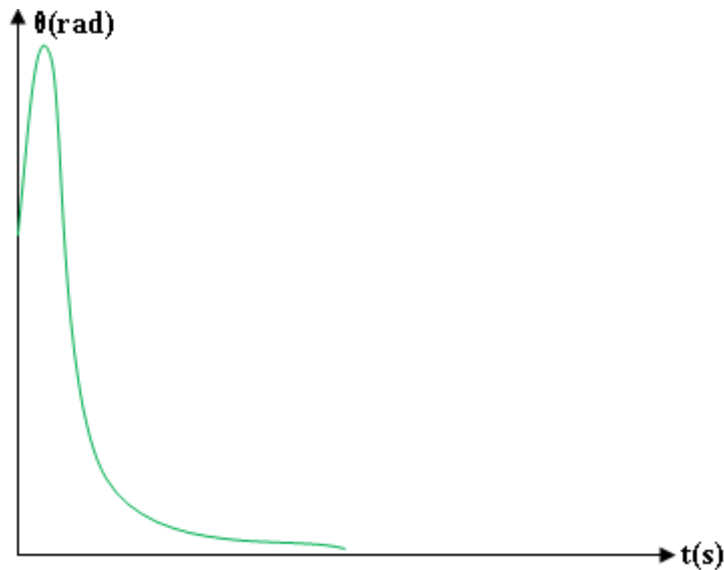


Figure 13 : Courbe du mouvement d'un amortissement critique

Lorsque l'amortissement s'accroît, le pendule effectue de moins en moins d'oscillations avant de s'arrêter. A la limite, on aura l'amortissement critique. Par l'amortissement critique, le système revient très rapidement vers sa position d'équilibre sans osciller.

2^{ème} cas : θ grand ($\theta > 10^\circ$) donc $\sin\theta \neq \theta$

$$\text{On aura } \ddot{\theta} + 2\lambda\dot{\theta} + \omega_0^2 \sin\theta = 0$$

L'équation différentielle n'est pas linéaire à cause de $\sin\theta$ et le mouvement ne peut plus être considéré comme sinusoïdal.

b) Etude énergétique

En présence des forces extérieures, l'énergie mécanique totale de ce pendule n'est pas conservée, elle diminue au cours du temps t.

$$E(t) = E_c(t) + E_p(t)$$

$$E(t) = \frac{1}{2} J \dot{\theta}^2 + mgl (\theta^2)/2 \text{ or } mgl = J\omega^2$$

$$\text{Avec } \theta(t) = Ae^{(-\lambda t)} \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\dot{\theta}(t) = [-A\lambda e^{(-\lambda t)} \cos(\omega t + \varphi)] + [Ae^{(-\lambda t)} (-\omega \sin(\omega t + \varphi))]$$

En remplaçant la valeur de $\theta(t)$ et $\dot{\theta}(t)$ dans l'équation (33) on obtient :

$$\boxed{E(t) = \frac{1}{2} J \omega_0^2 A^2 e^{(-2\lambda t)}}$$

L'énergie n'est plus constante.

La démonstration est donnée dans l'annexe 3.

La figure 14 donne les variations de l'énergie mécanique E_m , de l'énergie potentielle E_p et de l'énergie cinétique E_c

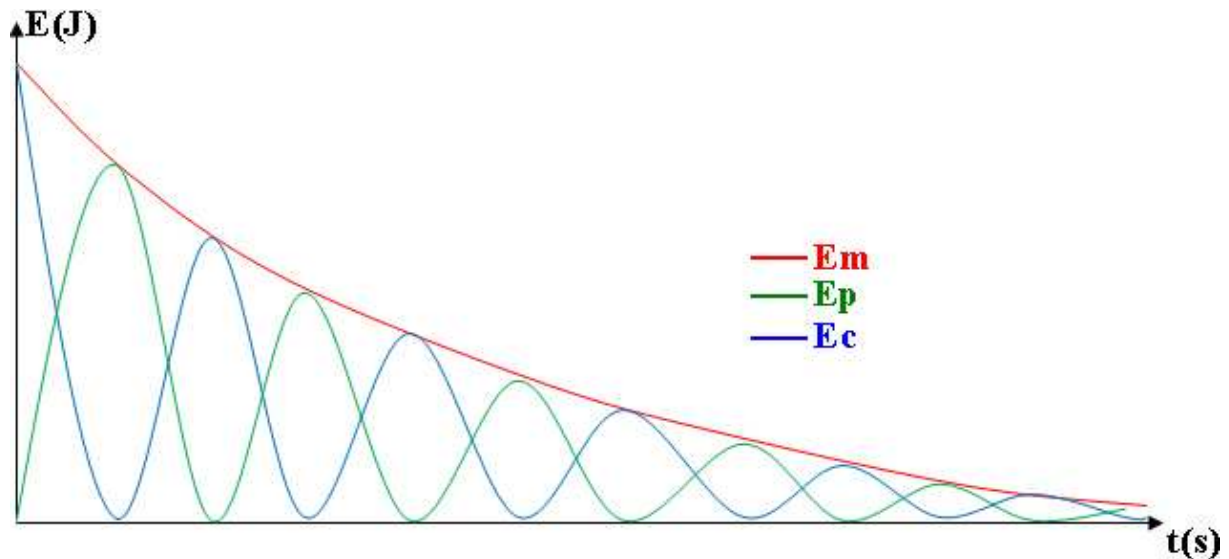


Figure 14 : Variation de E_c , E_p et E en fonction du temps d'un mouvement oscillatoire amorti.

- Les amplitudes de $E_c(t)$ et $E_p(t)$ décroissent au cours du temps t . la courbe $E(t)$ est la somme de $E_c(t)$ et de $E_p(t)$. lorsque E_c est nulle, E_p est maximale et vice-versa.
- E_p nulle avec E_c maximale correspond au passage du pendule à sa position d'équilibre (on prend comme origine de potentielle la position du centre d'inertie du système au position d'équilibre), la vitesse est maximale à cette position.
- L'énergie mécanique totale diminue au cours du temps. Il y a donc une perte d'énergie. Cette dissipation d'énergie indique que **le mouvement est amorti**.

DEUXIEME PARTIE : MODULES D'APPRENTISSAGE

Nous présentons dans ce qui suit le didacticiel que nous avons élaboré dans le cadre de présent mémoire.

Il comporte deux parties. La première partie introduit l'enseignant et l'apprenant(e) aux différents modules d'apprentissage. La deuxième partie concerne les activités que l'apprenant doit effectuer pour construire son savoir et ses connaissances.

I-Introduction aux modules

Cette partie décrit le contenu du didacticiel, les objectifs à atteindre, les pré-requis à maîtriser pour pouvoir suivre efficacement les modules proposés. Des conseils s'adressent à l'apprenant et des suggestions d'utilisation sont données à l'enseignant.

Le plan des modules est aussi affiché pour une vue globale des activités à mener.

La figure 15 décrit cette phase d'introduction aux modules.

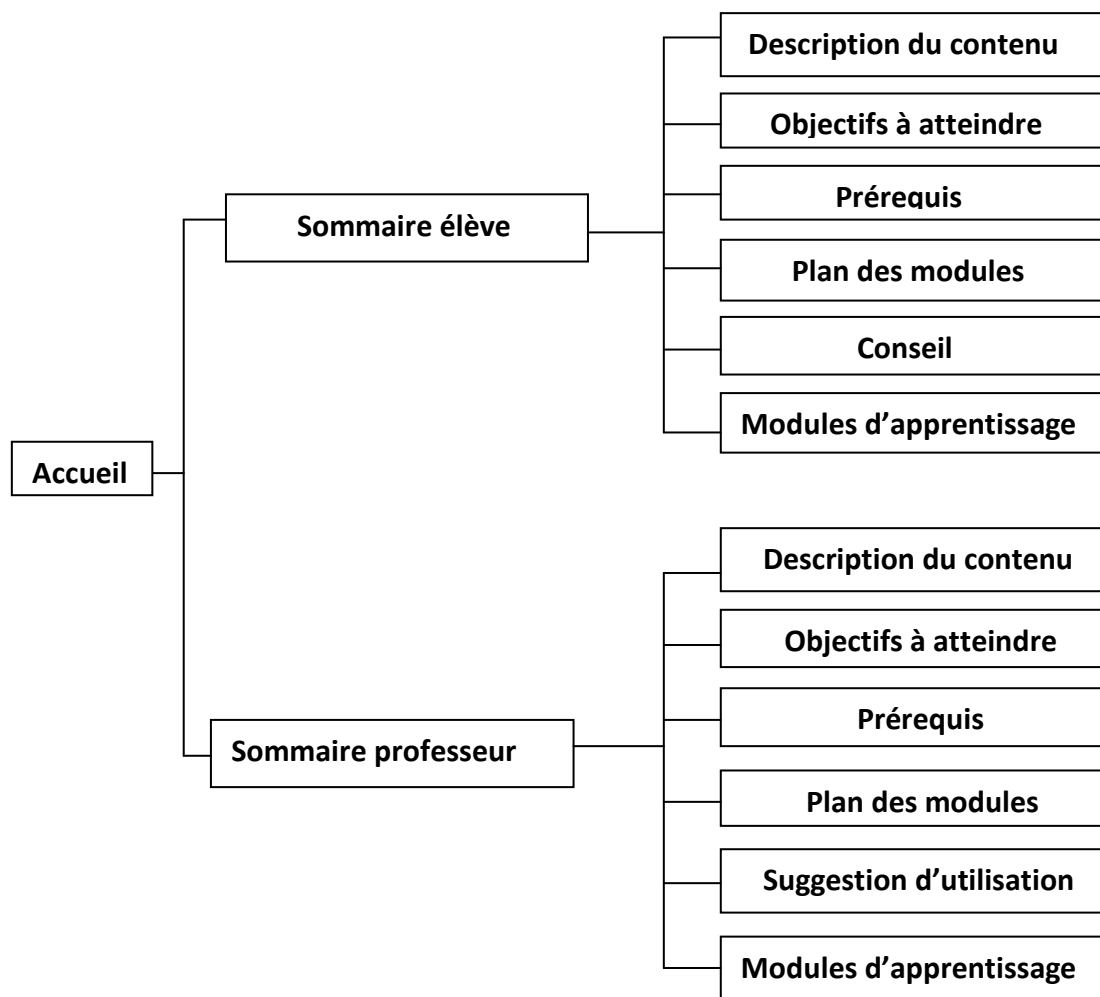


Figure 15 : contenu des sommaires

II- PARCOURS D'APPRENTISSAGE

Le diagramme de la figure 16 illustre le parcours d'apprentissage que nous proposons à l'apprenant(e).

Quatre modules sont programmés dont deux concernent l'oscillation non amortie et les deux autres étudient l'oscillation amorti.

- Le module 1 se concentre sur l'identification des paramètres qui influent sur la période d'un pendule simple non amorti.
- Le module 2 est consacré à l'étude énergétique d'un pendule simple non amorti.
- Le module 3 est l'analyse de l'influence de coefficient d'amortissement sur la période d'un pendule simple amorti.
- Le module 4 traite l'évolution, au cours du temps, de l'élongation angulaire d'un pendule simple amorti.

Des évaluations sont aussi données. Elles peuvent servir d'évaluation formative et d'évaluation sommative.

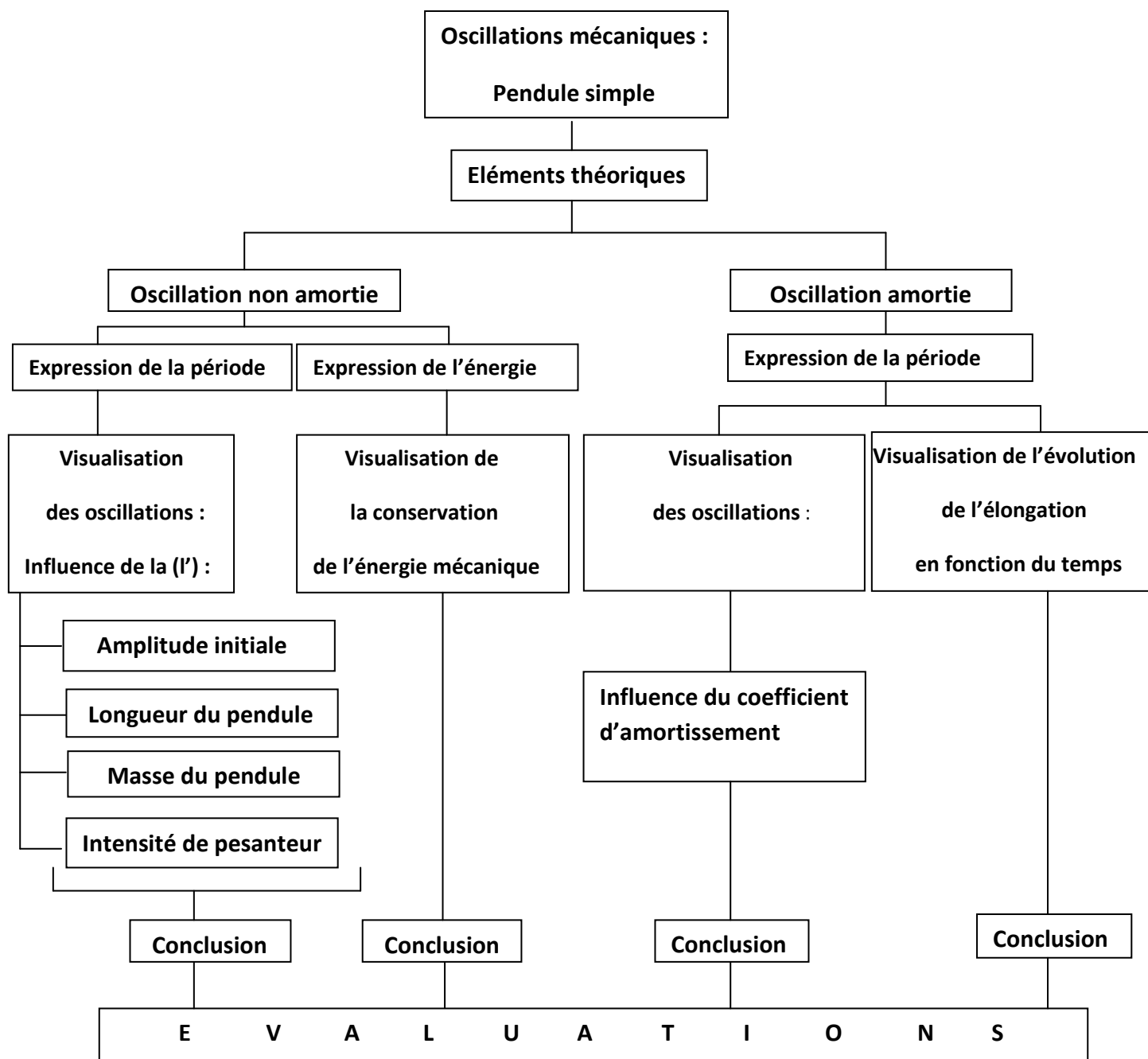


Figure 16 : Organigramme général des modules d'apprentissage.

III- Déroulement de chaque module

Chaque module suit les étapes résumées dans la figure 17

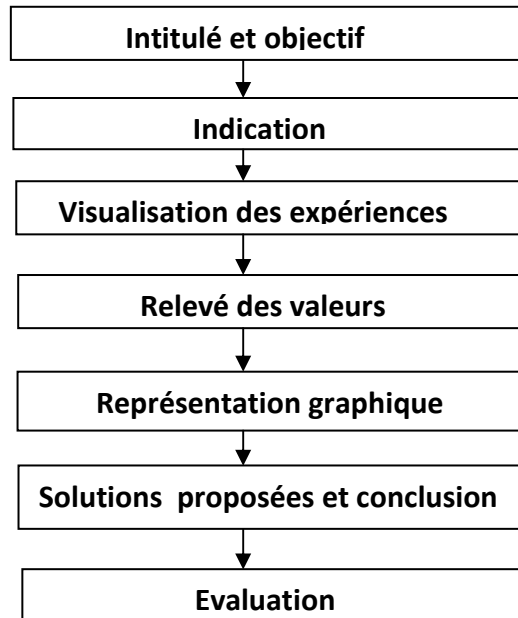
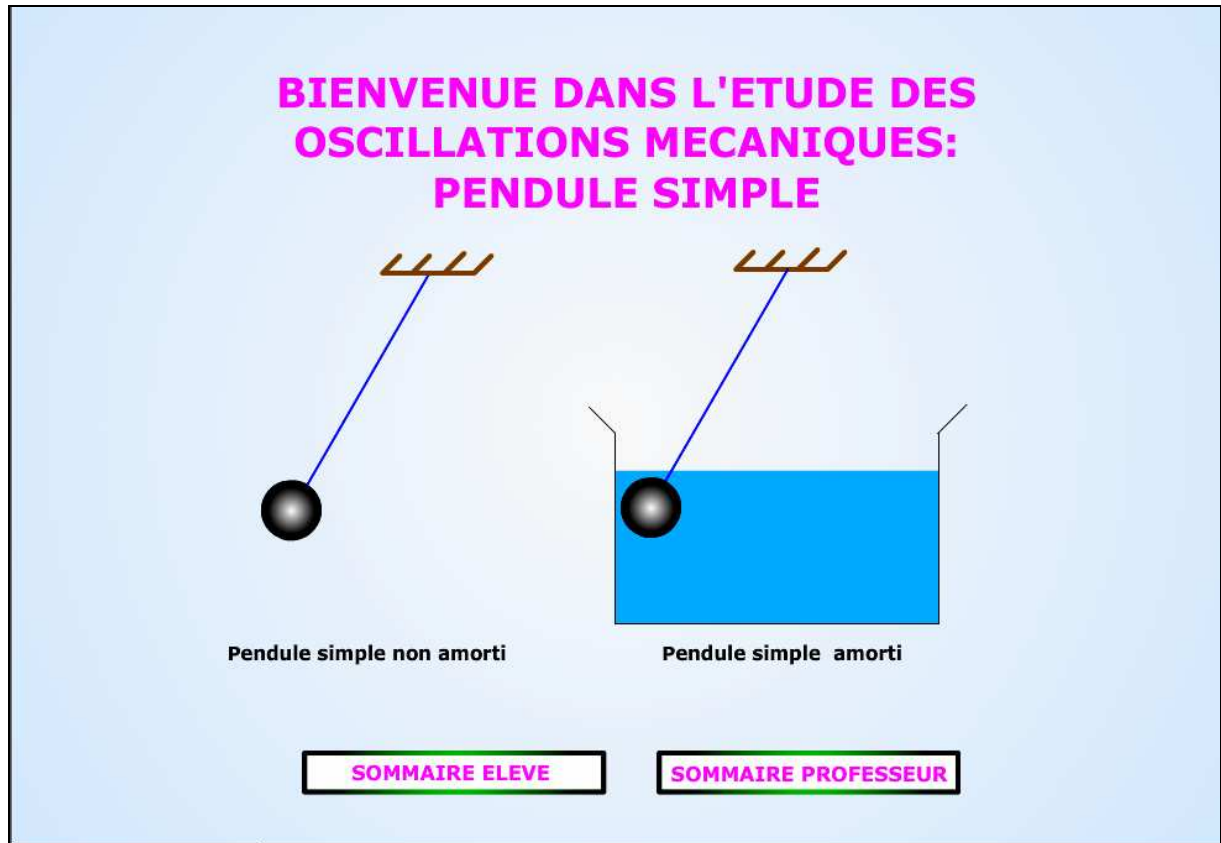


Figure 17 : déroulement de chaque module

L'apprenant lit dans un premier temps les objectifs à atteindre, puis consulte les consignes et les exécute. Il visualise les animations sur le phénomène à étudier. Il relève les valeurs expérimentales dans un tableau. Il trace les courbes correspondantes, les analyse et propose des conclusions. Il confronte ensuite ses résultats avec les solutions données par le logiciel.

IV- Agencement des fenêtres relatives aux modules d'apprentissage

Au démarrage du logiciel une fenêtre d'accueil s'ouvre qui introduit les thèmes à étudier. Cette fenêtre contient deux boutons de commande : « Sommaire élève » pour l'apprenant et « Sommaire professeur » pour l'enseignant.





IV-1 « Sommaire élève » et « Sommaire professeur »




Ces sommaires contiennent chacun six éléments : la description du contenu du logiciel, les objectifs à atteindre, les prérequis, le plan des modules, des conseils pour l'apprenant et des suggestions d'utilisation pour l'enseignant.

1-Sommaire élève




- *Description du contenu*

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE	
<div>SOMMAIRE ELEVE</div> <div>Description du contenu</div> <div>Objectifs à atteindre</div> <div>Prérequis</div> <div>Plan des modules</div> <div>Conseils</div> <div>Modules d'apprentissage</div> <div>SOMMAIRE PROFESSEUR</div>	<div>Description du contenu</div> <p>Ce logiciel didacticiel concerne les oscillations mécaniques : cas d'un pendule simple. Il comporte quatre modules :</p> <ul style="list-style-type: none">-Etude de la période d'un pendule simple non amorti-Etude énergétique d'un pendule simple non amorti-Etude de la période d'un pendule simple amorti-Etude énergétique d'un pendule simple amorti <p>Des éléments théoriques précèdent chaque module .</p> <div> précédent  suivant</div>

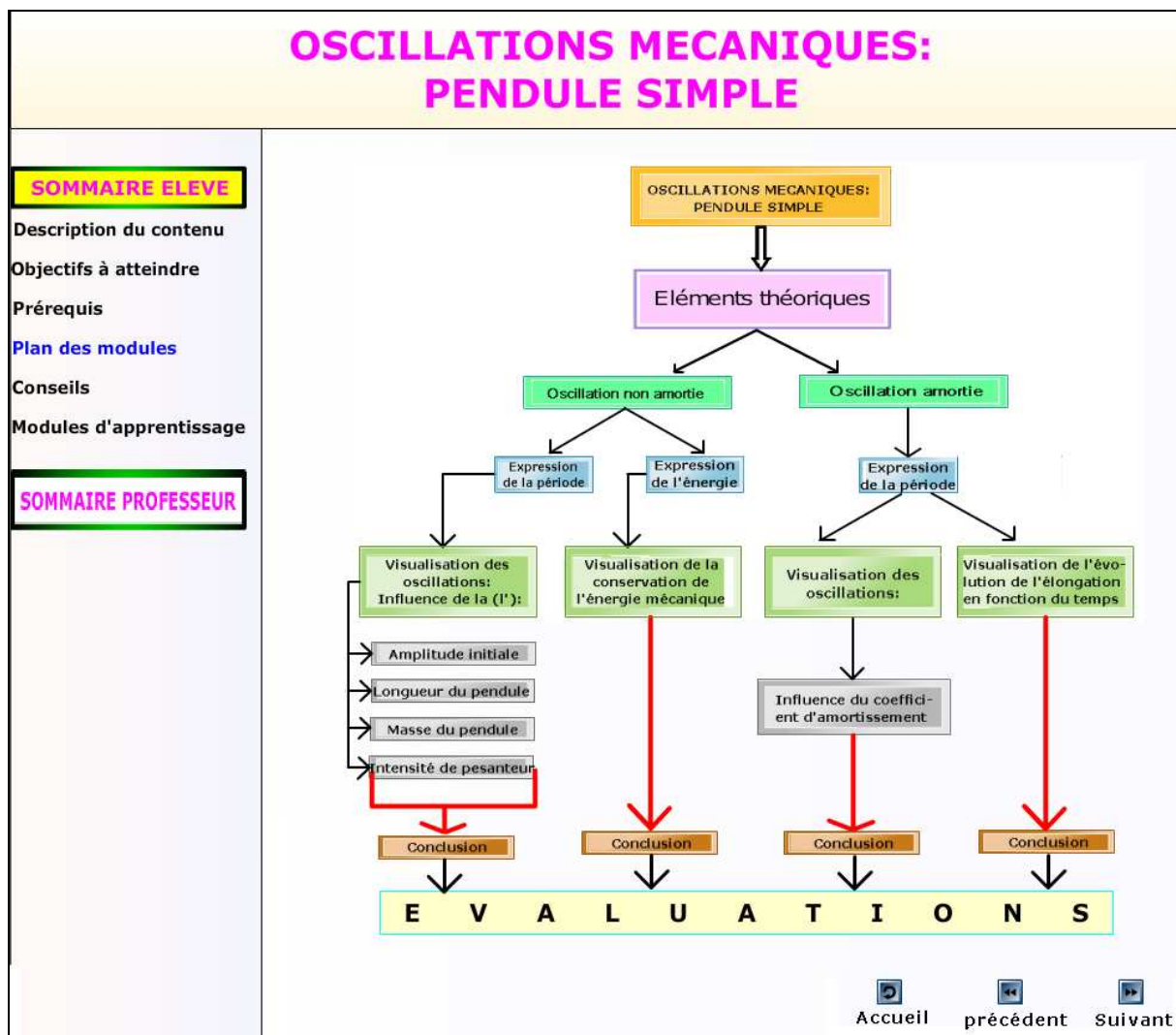
- **Objectifs à atteindre**

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE	
<div>SOMMAIRE ELEVE</div> <div>Description du contenu</div> <div>Objectifs à atteindre</div> <div>Prérequis</div> <div>Plan des modules</div> <div>Conseils</div> <div>Modules d'apprentissage</div> <div>SOMMAIRE PROFESSEUR</div>	<p>Objectifs à atteindre</p> <p>A l'issue des activités qui suivent vous devez être capable de (d') :</p> <ul style="list-style-type: none"> - identifier les paramètres qui influent sur la période d'un pendule simple . - analyser l'influence de l'amplitude d'oscillation sur la période - analyser l'influence de la longueur du pendule sur la période - vérifier la transformation mutuelle de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur au cours du temps. - démontrer la conservation de l'énergie mécanique totale E pour un mouvement oscillatoire non amorti. - démontrer la non- conservation de l'énergie mécanique totale E pour un mouvement oscillatoire amorti.
 Accueil  précédent  Suivant	

- **Prérequis**

OSCILLATIONS MECANiques: PENDULE SIMPLE	
<div>SOMMAIRE ELEVE</div> <div>Description du contenu</div> <div>Objectifs à atteindre</div> <div>Prérequis</div> <div>Plan des modules</div> <div>Conseils</div> <div>Modules d'apprentissage</div> <div>SOMMAIRE PROFESSEUR</div>	<p>Objectifs à atteindre</p> <p>A l'issue des activités qui suivent vous devez être capable de (d') :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identifier les paramètres qui influent sur la période d'un pendule simple . - Analyser l'influence de l'amplitude d'oscillation sur la période - Analyser l'influence de la longueur du pendule sur la période - Vérifier la transformation mutuelle de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur au cours du temps, en visualisant les courbes : $E = f(t)$; $E_c = g(t)$ et $E_p = h(t)$ sur l'écran de l'ordinateur. -Démontrer la conservation de l'énergie mécanique totale E pour un mouvement oscillatoire non amorti. -Démontrer la non- conservation de l'énergie mécanique totale E pour un mouvement oscillatoire amorti. <p>Prérequis</p> <p>Pour pouvoir suivre ces modules, vous devez réviser le point suivant:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Notion de force -Expression de moment d'inertie -La relation fondamentale de la dynamique en rotation -Théorème de l'énergie cinétique (T.E.C)
 Accueil  précédent  Suivant	

- Plan des modules



- Conseils

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

SOMMAIRE ELEVE

Description du contenu

Objectifs à atteindre

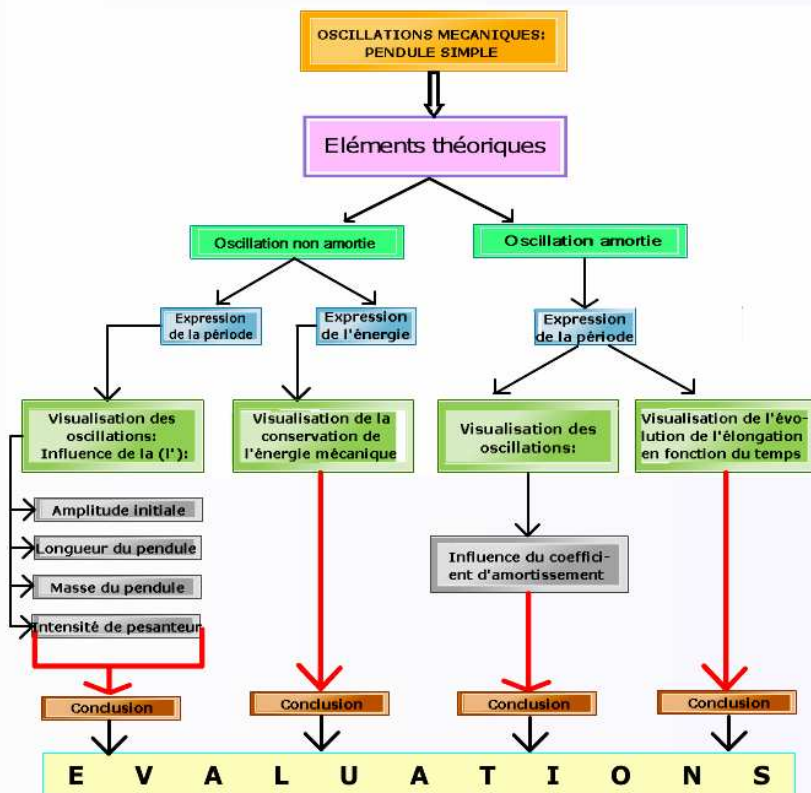
Prérequis

Plan des modules

Conseils

Modules d'apprentissage

SOMMAIRE PROFESSEUR



Conseils

Pour mieux réussir :

- Observez attentivement les animations qui décrivent les phénomènes physiques à étudier.
- Suivez les consignes données par le logiciel et répondez les questions posées.
- Cherchez par vous-même ou en groupe le résultat avant de confronter aux réponses proposées par le logiciel.




Accueil précédent suivant

2- Sommaire professeur




- *Description du contenu*

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE	
SOMMAIRE ELEVE	
SOMMAIRE PROFESSEUR	
Description du contenu	Description
Objectifs à atteindre	Ce didacticiel s'adresse aux élèves de classes terminales scientifiques. Il aborde les éléments théoriques (expression de la période et d'énergie pour le pendule simple non amorti et pendule simple amorti).
Prérequis	Il comporte quatre modules :
Plan des modules	<ul style="list-style-type: none">- Etude de la période d'un pendule simple non amorti- Etude énergétique d'un pendule simple non amorti- Etude de la période d'un pendule simple amorti- Etude énergétique d'un pendule simple amorti
Suggestion d'utilisation	
Modules d'apprentissage	
	<div>Accueil précédent Suivant</div>

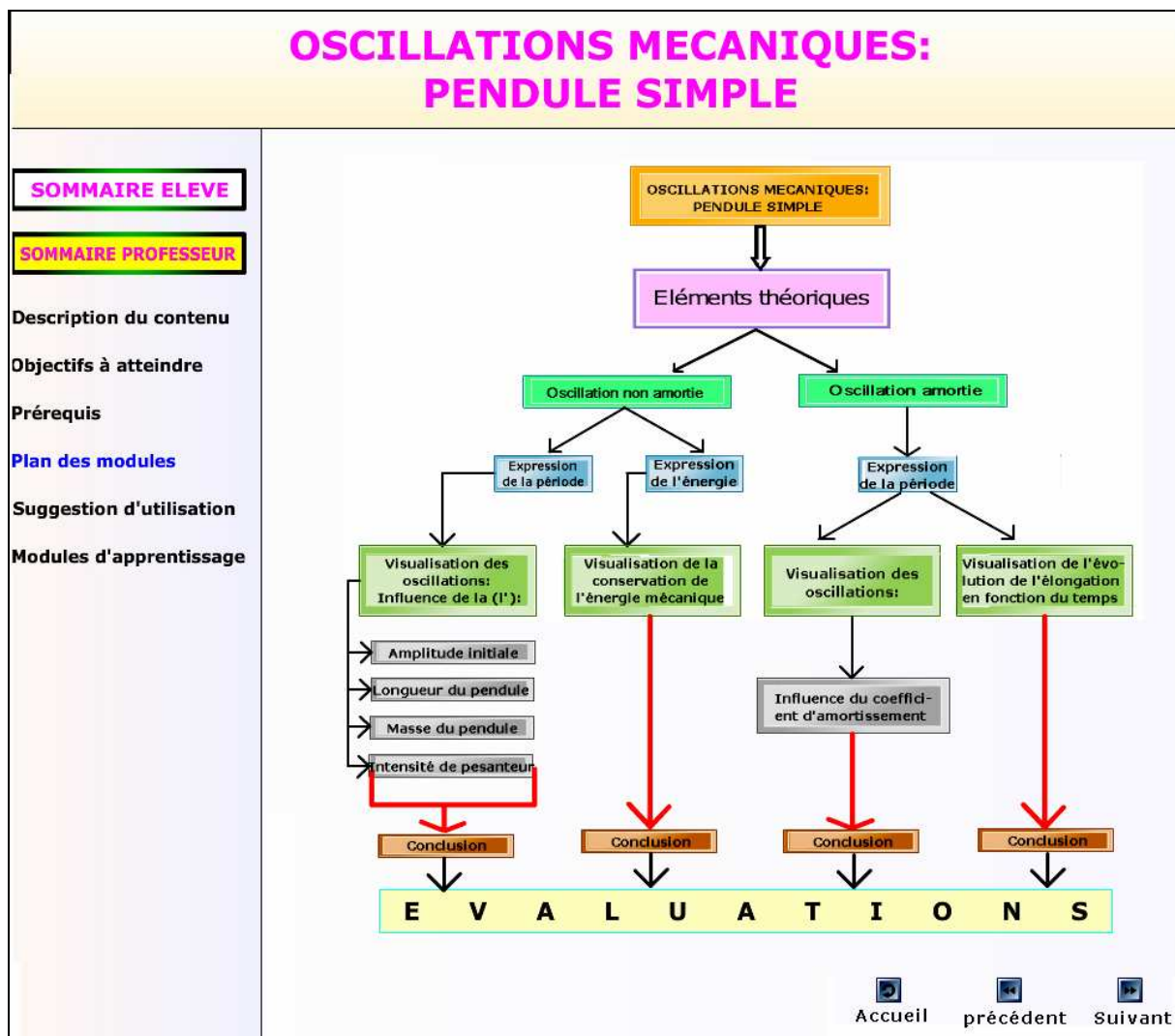
• **Objectifs à atteindre**

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE	
<div>SOMMAIRE ELEVE</div> <div>SOMMAIRE PROFESSEUR</div> <div>Description du contenu</div> <div>Objectifs à atteindre</div> <div>Prérequis</div> <div>Plan des modules</div> <div>Suggestion d'utilisation</div> <div>Modules d'apprentissage</div>	<p>Objectifs généraux : Il s'agit d'amener l'apprenant à :</p> <ul style="list-style-type: none"> - développer son esprit scientifique, c'est – à – dire développer son sens d'observation, d'analyse et d'objectivité. - analyser des phénomènes en vue de les comprendre, les interpréter et les expliquer <p>Objectifs spécifiques</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identifier les paramètres qui influent sur la période d'un pendule simple . - Analyser l'influence de l'amplitude d'oscillation sur la période - Analyser l'influence de la longueur du pendule sur la période - Vérifier la transformation mutuelle de l'énergie cinétique E_c et de l'énergie potentielle E_p de pesanteur au cours du temps. - Démontrer la conservation de l'énergie mécanique totale E pour un mouvement oscillatoire non amorti. - Démontrer la non- conservation de l'énergie mécanique totale E pour un mouvement oscillatoire amorti. <div style="text-align: right;">  Accueil  précédent  Suivant </div>




• **Prérequis**

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE	
<div>SOMMAIRE ELEVE</div> <div>SOMMAIRE PROFESSEUR</div> <div>Description du contenu</div> <div>Objectifs à atteindre</div> <div>Prérequis</div> <div>Plan des modules</div> <div>Suggestion d'utilisation</div> <div>Modules d'apprentissage</div>	<p>Prérequis :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Notion de force -Expression de moment d'inertie -La relation fondamentale de la dynamique en rotation -Théorème de l'énergie cinétique (T.E.C) <div style="text-align: right;">  Accueil  précédent  Suivant </div>

- Plan des modules



- *Suggestion d'utilisation*

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE	
SOMMAIRE ELEVE	
SOMMAIRE PROFESSEUR	
Description du contenu	
Objectifs à atteindre	
Prérequis	
Plan des modules	
Suggestion d'utilisation	<p>Suggestion d'utilisation :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les élèves peuvent travailler individuellement ou en groupe. Chaque groupe/élève cherche la résolution de chaque problème et expose ses difficultés durant le temps de discussion. • L'enseignant impose une durée de réflexion pour : <ul style="list-style-type: none"> -Visualiser et analyser les animations qui décrivent les phénomènes physiques à étudier. -Pour répondre les questions posées , ce logiciel aide à la réalisation des travaux pratiques d'un nouveau genre qui est à développer pour répondre aux attentes d'un système d'orientation concernant l'exploitation des TICE au plan national.
Modules d'apprentissage	
	<div>  Accueil  précédent  Suivant </div>

IV-2 Modules d'apprentissage

La fenêtre « modules d'apprentissage » peut être obtenue en cliquant sur le bouton « modules d'apprentissage » dans le « sommaire élève » et « sommaire professeur ».

D'abord le logiciel donne alors les cours relatives à ces modules puis le module d'apprentissage proprement dit.

A- Présentations

Cette présentation possède trois éléments de cours, si vous voulez étudier l'un de ces éléments, vous pouvez cliquer sur l'un des trois boutons : descriptions, position d'équilibre, grandeurs physiques.

- **Descriptions**

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Oscillation amortie

Descriptions

Position d'équilibre


Grandeurs physiques

DESCRIPTIONS :

Le modèle du pendule correspond à un objet ponctuel de masse m fixée à l'extrémité libre d'un fil de longueur constante L et de masse négligeable. On considère qu'un pendule pesant « réel » (comme le pendule fil-boule) peut être modélisé par un pendule simple lorsque :

- Le pendule est formé d'un fil inextensible, de masse très faible devant celle de l'objet qui est suspendu
- L'objet, dense, a de petites dimensions devant la longueur du fil

Exemple : Un pendule constitué d'un fil de longueur $L=1.00\text{m}$ et d'une sphère très dense de diamètre $d=2.0\text{cm}$ peut-être modélisé par un pendule simple : sa longueur est 50 fois plus importante que le diamètre de la boule.



Accueil précédent Suite

28

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Oscillation amortie

Descriptions

Position d'équilibre

Grandeurs physiques

Il existe deux types d'oscillations d'un pendule simple :

•Oscillation non amortie :

Dans ce cas, les forces de frottement sont négligeables, l'amplitude des oscillations reste constante. (Figure 1)

•Oscillation amortie :

Lorsque le pendule simple est soumis à des forces de frottement, son mouvement est alors amorti. L'amplitude des oscillations n'est pas constante, elle diminue au cours du temps.

Cette diminution de l'amplitude existe déjà dans l'air mais devient très grande si le pendule oscille dans de l'huile très visqueuse. (Figure 2)

REPRESENTATION

Pour représenter graphiquement le mouvement du pendule, on représente généralement l'élongation angulaire en fonction du temps $\theta(t)$.

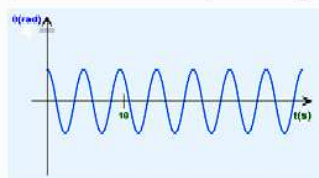


Figure 1

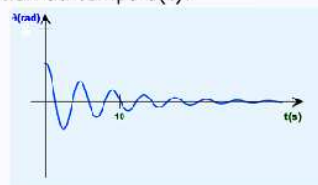
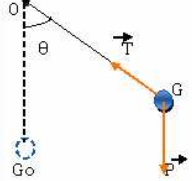


Figure 2

Accueil précédent Suivant

- **Position d'équilibre**

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE		
Modules d'apprentissage <div>Présentation</div> <div>Oscillation non amortie</div> <div>Oscillation amortie</div>	<div>Descriptions</div>	<div>Position d'équilibre</div>
	<div>Grandeurs physiques</div>	
	<p>POSITION D'EQUILIBRE : Etudions l'objet ponctuel du pendule simple dans le référentiel terrestre.</p>  <p>Système : masse suspendu au fil Bilan des forces : Si on néglige les forces de frottement, les forces appliquées au système sont : - Poids \vec{P} : action gravitationnelle de la terre sur la bille - Tension du fil \vec{T} : action du fil sur la bille Lorsque le point G est situé sur la verticale du point O au point Go, la droite d'action de \vec{P} coupe également l'axe O, et n'a donc pas d'effet sur le mouvement de rotation du pendule. Ainsi : - Si le pendule est immobile dans cette position, il y reste - Si on l'éloigne un peu de cette position, alors le poids P du pendule tend s'y ramener : cette position est appelée « position d'équilibre » du pendule.</p>	
	<div>Accueil</div> <div>précédent</div> <div>Suite</div>	

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE		
Modules d'apprentissage <div>Présentation</div> <div>Oscillation non amortie</div> <div>Oscillation amortie</div>	<div>Descriptions</div>	<div>Position d'équilibre</div>
	<div>Grandeurs physiques</div>	
	<p>D'après le principe d'inertie, à l'équilibre, les deux forces qui s'exercent sur l'objet (son poids \vec{P} et la tension du fil \vec{T}) sont opposées. La tension du fil est donc verticale, comme le poids. Cette condition est réalisée lorsque le fil tendu est verticale. Si le pendule est écarté d'un angle θ de cette position d'équilibre, le poids a tendance faire revenir le pendule dans sa position initiale après quelques oscillations. Cette position est donc appelée position d'équilibre stable.</p>	
	<div>Accueil</div> <div>précédent</div> <div>Suivant</div>	

- **Grandeurs physiques**

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Oscillation amortie

Descriptions

Position d'équilibre

Grandeurs physiques

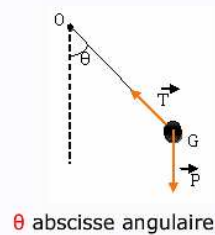
GRANDEURS PHYSIQUES CARACTERISANT LE MOUVEMENT DU PENDULE SIMPLE

a)- Ecart à l'équilibre et abscisse angulaire

Au cours du mouvement d'un système oscillant, celui-ci oscille autour de sa position d'équilibre stable. Ainsi on peut caractériser cette oscillation par une grandeur qui dépend du temps et qui décrit de combien le système s'écarte de sa position d'équilibre stable.

Pour un pendule simple, la grandeur qui dépend du temps est qui est la plus judicieuse à suivre, est l'angle d'oscillation θ : cette grandeur est appelée **abscisse angulaire**.

On appelle **abscisse angulaire**, l'angle formé par le pendule à la date t et le pendule à l'équilibre. C'est une grandeur algébrique. Elle peut être négative ou positive, selon le sens positif choisi (théoriquement celui du cercle trigonométrique).



θ abscisse angulaire

Accueil précédent Suite

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Oscillation amortie

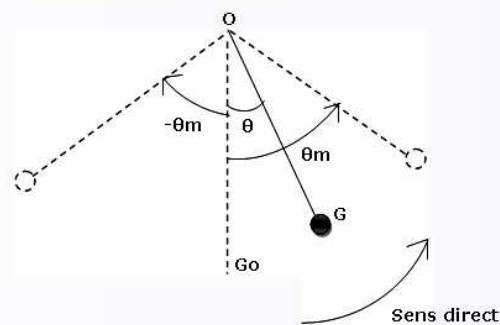
Descriptions

Position d'équilibre

Grandeurs physiques

b)- Amplitude des oscillations

C'est la valeur absolue de l'abscisse angulaire maximale. C'est une grandeur positive.



Remarque : Influence de l'amortissement

Lorsque les frottements ne sont pas négligeables, les forces de frottement s'exerçant sur le pendule provoquent une diminution de l'abscisse angulaire : *le mouvement est amorti.*

Accueil précédent Suite

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Oscillation amortie

Descriptions

Position d'équilibre

Grandeurs physiques

c)-*Période des oscillations*

C'est la durée d'une oscillation complète . On la mesure en secondes(s).

d)- *Fréquence* :

Le nombre de périodes en une seconde est appelé *fréquence* .

Elle est mesurée en Hz(Hertz).



Accueil



précédent



Suivant

B- Oscillation non amortie

B-1 : Expression de la période

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

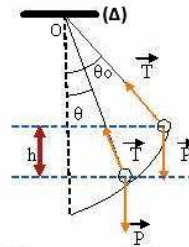
Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

EXPRESSION DE LA PERIODE D'UN PENDULE NON AMORTI

Considérons un pendule simple de longueur l et de masse m . Le pendule est écarté d'un angle θ de sa position d'équilibre et abandonné sans vitesse initiale. L'élongation maximale est notée par θ_0 .



Pour obtenir la période, on va déterminer d'abord **l'équation différentielle** et **l'équation horaire du mouvement**.

Appliquons au mouvement d'un pendule simple la relation fondamentale de la dynamique du solide en rotation :

$$\sum \mathcal{M}(F_{app})_{/\Delta} = J\ddot{\theta}$$

$\sum \mathcal{M}(F_{app})_{/\Delta}$: Somme des moments des forces appliquées par rapport à l'axe (Δ)

J : Moment d'inertie de la bille par rapport à l'axe (Δ)

$\ddot{\theta}$: Accélération angulaire

Accueil précédent suite

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

$$\sum \mathcal{M}(F_{app})_{/\Delta} = J\ddot{\theta}$$

$$\mathcal{M}_{T/\Delta} + \mathcal{M}_{P/\Delta} = J\ddot{\theta} \quad (1)$$

avec

$$\mathcal{M}_{T/\Delta} = 0 \quad \text{Puisque la droite d'action coupe l'axe}$$

$$\mathcal{M}_{P/\Delta} = -Pl \sin \theta = -mg \sin \theta$$

$$\text{d'où (1) devient : } -mgl \sin \theta = J\ddot{\theta}$$

$$J\ddot{\theta} + mgl \sin \theta = 0 \quad \text{or pour un pendule simple } J = ml^2$$

$$ml^2 \ddot{\theta} + mgl \sin \theta = 0$$

$$\ddot{\theta} + \frac{mgl}{ml^2} \sin \theta = 0$$

Pour des oscillations de faible amplitude ; on peut prendre $\sin \theta = \theta$ et on a :

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l} \theta = 0 : \text{Equation différentielle}$$

Remarque : On peut obtenir cette équation différentielle :

-En utilisant le théorème d'énergie cinétique

-En utilisant la conservation de l'énergie mécanique:



Accueil



précédent



Suite

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

$$\text{Soit } \omega_0^2 = \frac{g}{l} \quad \text{d'où l'équation devient } \ddot{\theta} + \omega_0^2 \theta = 0$$

$$\text{La solution de cette équation est : } \theta = \theta_m \cos(\omega t + \phi)$$

ω_0 : la pulsation angulaire. Elle est reliée à la fréquence des oscillations

$$\omega_0 = 2\pi f \quad f: \text{fréquence des oscillations}$$

$$f = \frac{\omega_0}{2\pi} \quad \text{or } T_0 = \frac{1}{f}$$

$$\text{On en déduit l'expression de la période : } T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} \quad \text{d'où}$$

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Analyse dimensionnelle :

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \quad l (\text{en m}) \text{ représente la longueur du fil et } g (\text{en m/s}^2)$$

l'intensité du champ de pesanteur. Vérifions que la période propre T_0 des oscillations s'exprime en seconde(s) :

2π est sans unité

$$\left(\frac{l}{g}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{m}{ms^{-2}}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{1}{s^{-2}}\right)^{\frac{1}{2}} = (s^2)^{\frac{1}{2}} = s$$



Accueil



précédent



Suivant

Module 1 : Etude de la période

a) Etude de la période en fonction de l'amplitude d'oscillation

- **Objectif**

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur

Objectif :
Analyser l'influence de l'amplitude d'oscillation sur la période.

continuer

Accueil

précédent

Suivant

- **Indication**

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur

Objectif :
Analyser l'influence de l'amplitude d'oscillation sur la période.

[continuer](#)

Indication :
Soit un solide de masse $m=0.4\text{ Kg}$ accroché à un fil de longueur $l=0.5\text{m}$. Prenons $g=9.8\text{ m.s}^{-2}$. On fait varier l'amplitude angulaire et on mesure la durée t de 10 oscillations complètes en déclenchant le chronomètre lors du passage à l'élongation maximale. On relève les valeurs du temps et de la période.

[visualiser](#)

Accueil
 précédent
 Suivant

- **Animation pour relever les valeurs des temps t et la période T pour 10 oscillations**

OSCILLATIONS MECANiques: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur

compléter ce tableau

θ_m (°)	5	7	10	15	20	30	40	50	60
$t(s)$									
$T(s)$									

[Réponses](#)

Accueil
 précédent
 Suivant

- Valeurs proposée par le logiciel

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

[Présentation](#)

[Oscillation non amortie](#)

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

[Oscillation amortie](#)

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur

chrono
0.00

play stop

$\theta_m (^{\circ})$
0

Réponses $T = \frac{t}{10}$

$\theta(^{\circ})$	5	7	10	15	20	30	40	50	60
t(s)	14.2	14.2	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.9	15.4
T(s)	1.42	1.42	1.42	1.43	1.44	1.45	1.46	1.49	1.54

Courbe

compléter ce tableau

$\theta_m (^{\circ})$	5	7	10	15	20	30	40	50	60
t(s)									
T(s)									

Accueil
précédent
Suivant

- Représentation graphique

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

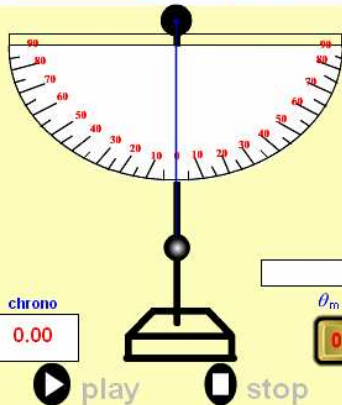
Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur



Solution $T = \frac{t}{10}$

$\theta(^{\circ})$	5	7	10	15	20	30	40	50	60
t(s)	14.2	14.2	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.9	15.4
T(s)	1.42	1.42	1.42	1.43	1.44	1.45	1.46	1.49	1.54

Tracer dans votre cahier la courbe $T=f(\theta)$

[Courbe](#) [Voir](#)

compléter ce tableau

$\theta_m (^{\circ})$	5	7	10	15	20	30	40	50	60
t(s)									
T(s)									

Accueil précédent suivant

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

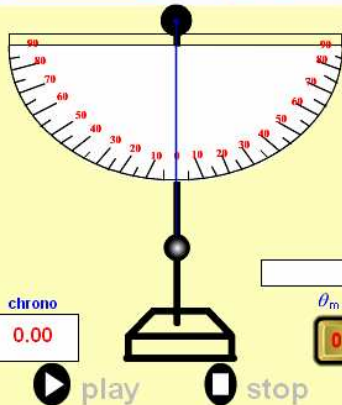
Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur



Solution $T = \frac{t}{10}$

$\theta(^{\circ})$	5	7	10	15	20	30	40	50	60
t(s)	14.2	14.2	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.9	15.4
T(s)	1.42	1.42	1.42	1.43	1.44	1.45	1.46	1.49	1.54

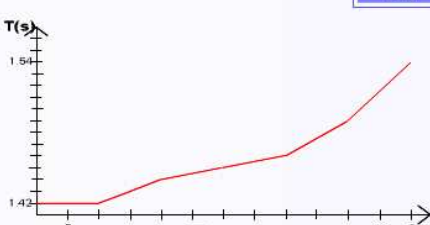
Tracer dans votre cahier la courbe $T=f(\theta)$

[Courbe](#) [Voir](#)

compléter ce tableau

$\theta_m (^{\circ})$	5	7	10	15	20	30	40	50	60
t(s)									
T(s)									

Accueil précédent suivant



[Effacer la courbe](#)

- *Analyse de la représentation graphique*

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

[Présentation](#)

[Oscillation non amortie](#)

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

[Oscillation amortie](#)

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur

Analyser la courbe $T=f(\theta)$ et quelle remarque peut- on faire ?

[Réponses](#)

OSCILLATIONS MECANiques: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

[Présentation](#)

[Oscillation non amortie](#)

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

[Oscillation amortie](#)

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur

Analyser la courbe $T=f(\theta)$ et quelle remarque peut- on faire ?

[Réponses](#)

L'étude de l'influence de l'amplitude des oscillations du pendule sur la valeur de la période T montre que lorsque l'amplitude des oscillations reste faible, la période ne dépend pas de l'amplitude θ_m : cette propriété est appelée « Isochronisme des petites oscillations » (Isochrones : du grec Iso = même, chronos = temps). Cette valeur augmente dès que l'amplitude θ_m est supérieure à 10° .

[Suite](#)

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

[Présentation](#)

[Oscillation non amortie](#)

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

[Oscillation amortie](#)

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation
La longueur du pendule
La masse du pendule
L'intensité de pesanteur

Analyser la courbe $T=f(\theta)$ et quelle remarque peut- on faire ?

[Réponses](#)

L'étude de l'influence de l'amplitude des oscillations du pendule sur la valeur de la période T montre que lorsque l'amplitude des oscillations reste faible, la période ne dépend pas de l'amplitude θ_m : cette propriété est appelée « Isochronisme des petites oscillations » (Isochrones : du grec Iso = même, chronos = temps). Cette valeur augmente dès que l'amplitude θ_m est supérieure à 10° .

[Suite](#)

Jusqu'à quelle valeur de θ_m peut on considérer les oscillations comme isochrones ?

[Réponses](#)

Accueil
 précédent
 Suivant

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

[Présentation](#)

[Oscillation non amortie](#)

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

[Oscillation amortie](#)

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation
La longueur du pendule
La masse du pendule
L'intensité de pesanteur

Analyser la courbe $T=f(\theta)$ et quelle remarque peut- on faire ?

[Réponses](#)

L'étude de l'influence de l'amplitude des oscillations du pendule sur la valeur de la période T montre que lorsque l'amplitude des oscillations reste faible, la période ne dépend pas de l'amplitude θ_m : cette propriété est appelée « Isochronisme des petites oscillations » (Isochrones : du grec Iso = même, chronos = temps). Cette valeur augmente dès que l'amplitude θ_m est supérieure à 10° .

[Suite](#)

Jusqu'à quelle valeur de θ_m peut on considérer les oscillations comme isochrones ?

[Réponses](#)

$T=f(\theta)$ montre que pour des valeurs de θ inférieures à 10° , T reste constante et est égale à 1.42 s .Les oscillations sont isochrones pour des valeurs θ_m inférieures ou égales à 10° .

Accueil
 précédent
 Suivant

b) Etude de la période en fonction de la longueur du pendule

- **Objectif**

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude
d'oscillation

La longueur
du pendule

La masse du
pendule

l'intensité de
pesanteur

Objectif

Analyser l'influence de la longueur du pendule sur la période .

continuer


 Accueil


 précédent


 suivant

- Indication

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur

Objectif

Analyser l'influence de la longueur du pendule sur la période .

[continuer](#)

Indication

Considérons un pendule simple, de masse $m = 0.4\text{Kg}$. On fixe l'amplitude initiale à $\theta_0 = 10^\circ$ et on prend $g = 9.8\text{m.s}^{-2}$, puis on fait varier la longueur l . On mesure la durée t de 10 oscillations complètes en déclenchant le chronomètre lors du passage à l'élongation maximale. On relève les valeurs du temps et de la période.

[visualiser](#)

[Accueil](#) [précédent](#) [Suivant](#)

- Animation pour relever les valeurs des temps t et la période T pour 10 oscillations

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur

[Solution](#)

Compléter ce tableau

l (m)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20
t (s)						
T(s)						

[Accueil](#) [précédent](#) [Suivant](#)

- Valeurs proposée par le logiciel

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur

Solution $T = \frac{t}{10}$

l (m)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20
t (s)	9.00	12.60	15.50	17.90	20.00	21.90
T (s)	0.90	1.26	1.55	1.79	2.00	2.19

Question

Compléter ce tableau

l (m)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20
t (s)						
T (s)						

Accueil
précédent
Suivant

- Question

OSCILLATIONS MECANiques: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur

Solution $T = \frac{t}{10}$

l (m)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20
t (s)	9.00	12.60	15.50	17.90	20.00	21.90
T (s)	0.90	1.26	1.55	1.79	2.00	2.19

Question

- Compléter le tableau ci-dessous puis tracer la courbe $T^2 = f(L)$.

l (m)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20
t (s)						
T (s)						
T² (s²)						

Correction

Accueil
précédent
Suivant

- **Solution**
proposée

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur

Solution $T = \frac{t}{10}$

l (m)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20
t (s)	9.00	12.60	15.50	17.90	20.00	21.90
T (s)	0.90	1.26	1.55	1.79	2.00	2.19

Question

- Compléter le tableau ci-dessous puis tracer la courbe $T^2 = f(L)$.

l (m)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20
t (s)						
T (s)						
T ² (s ²)						

Correction

l (m)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20
t (s)	9.00	12.60	15.50	17.90	20.00	21.90
T (s)	0.90	1.26	1.55	1.79	2.00	2.19
T ² (s ²)	0.81	1.58	2.40	3.20	4.00	4.79

Accueil précédent Suivant

- **Représentation graphique**

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur

courbe :

Question

Accueil précédent Suivant

- Analyse de la représentation graphique

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur

courbe :

Effacer la courbe

Question

- T^2 est-il proportionnel à l ? Si oui, Justifier et déterminer le coefficient de proportionnalité

Solution

Accueil
précédent
Suivant

OSCILLATIONS MECANiques: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur

courbe :

Effacer la courbe

Question

- T^2 est-il proportionnel à l ? Si oui, Justifier et déterminer le coefficient de proportionnalité

Solution

D'après le graphe, on peut dire que T^2 est proportionnel à l .

Justification :

Ici la droite obtenue est une droite passant par l'origine et on peut écrire

$$T^2 = al \quad a \text{ étant une constante, d'où}$$

$$T = A\sqrt{l}$$

avec $A = \sqrt{a}$

Accueil
précédent
Suivant

c) Etude de la période en fonction de la masse du pendule

- **Objectif**

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude
d'oscillation

La longueur
du pendule

La masse du
pendule

l'intensité de
pesanteur

Objectif :
Analyser l'influence de la masse du pendule sur la période.

continuer

Accueil

précédent

Suivant

- **Indication**

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur

Objectif :
Analyser l'influence de la masse du pendule sur la période.

Indication :
Considérons un pendule simple, de longueur $L=0.5m$. On fixe l'amplitude initiale $\theta_0=10^\circ$ et $g=9.8\text{ m.s}^{-2}$ puis on fait varier la masse :

Nature	En acier	En laiton	En aluminuim
masse (Kg)	0.35	0.40	0.50

Mesurer le temps de 10 oscillations pour chaque cas

continuer

visualiser

Accueil

précédent

Suivant

- Animation pour relever les valeurs des temps t et la période T pour 10 oscillations

OSCILLATIONS MECANiques: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur

Correction

Compléter ce tableau

m(Kg)	0.35	0.40	0.50
t(s)			
T(s)			

Accueil

précédent

Suivant

47

- Valeurs proposée par le logiciel

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

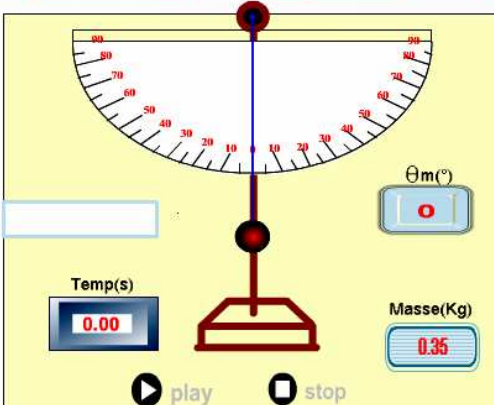
Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur



Correction $T = \frac{t}{10}$

m(Kg)	0.35	0.40	0.50
t(s)	14.18	14.18	14.18
T(s)	1.418	1.418	1.418

Question

Compléter ce tableau

m(Kg)	0.35	0.40	0.50
t(s)			
T(s)			

Accueil

précédent

Suivant

- Question

OSCILLATIONS MECANiques: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

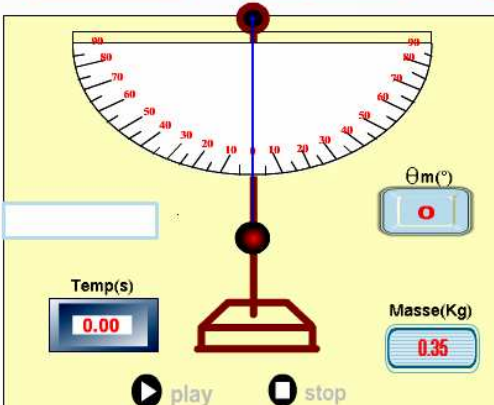
Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur



Correction $T = \frac{t}{10}$

m(Kg)	0.35	0.40	0.50
t(s)	14.18	14.18	14.18
T(s)	1.418	1.418	1.418

Question

Qu'observe-t-on? Quelle est votre conclusion

Correction

Compléter ce tableau

m(Kg)	0.35	0.40	0.50
t(s)			
T(s)			

Accueil

précédent

Suivant

- *Solution proposée et conclusion*

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

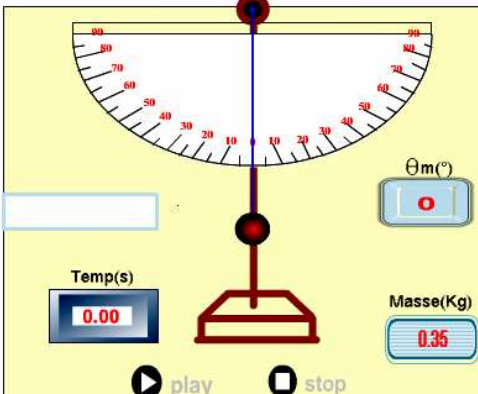
Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur



Correction $T = \frac{t}{10}$

m(Kg)	0.35	0.40	0.50
t(s)	14.18	14.18	14.18
T(s)	1.418	1.418	1.418

Question

Qu'observe-t-on? Quelle est votre conclusion

Correction

On observe que la durée de 10 oscillations pour chaque masse est identique, donc la période est constante.

Conclusion :

Quelles que soient la nature et la masse de la bille, la période reste constante.

Accueil
précédent
Suivant

Compléter ce tableau

m(Kg)	0.35	0.40	0.50
t(s)			
T(s)			

d) Etude de la période en fonction de l'intensité de pesanteur

- *Objectif*

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur

Objectif :
Analyser l'influence de l'intensité de pesanteur sur la période .

continuer

Accueil

précédent

Suivant

- Indication

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur

Objectif :
Analyser l'influence de l'intensité de pesanteur sur la période.

continuer

Indication :
Soit un solide de masse $m=0.4\text{Kg}$ accroché à un fil de longueur $l=0.5\text{m}$. On fait varier la valeur de l'intensité de pesanteur « g » en changeant de lieu.

Lieu	Paris	Pole nord	Equateur
Latitude(°)	49	90	0
g(N/Kg)	9.81	9.83	9.78

Déterminer le temps t correspondant à $n=10$ oscillations pour chaque « g ».

visualiser

⏮ Accueil
⏪ précédent
⏩ Suivant ⏭

- Animation pour relever les valeurs des temps t et la période T pour 10 oscillations

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

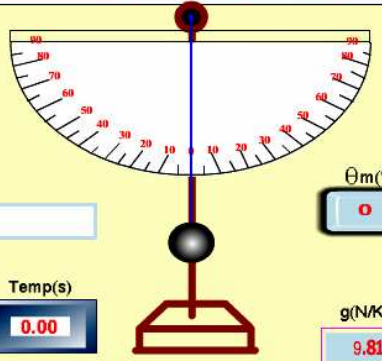
Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur



Temp(s)
0.00

$\theta_m(^{\circ})$
0

g(N/Kg)
9.81

▶ play
⏻ stop

Réporter les mesures dans ce tableau

g(N/Kg)	9.78	9.81	9.83
1/g(Kg/N)	0.1022	0.1019	0.1017
t(s)			
T(s)			

Correction

⏮ Accueil
⏪ précédent
⏩ Suivant ⏭

- Valeurs proposée par le logiciel

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

[Présentation](#)

[Oscillation non amortie](#)

Expression de la période

Activité 1

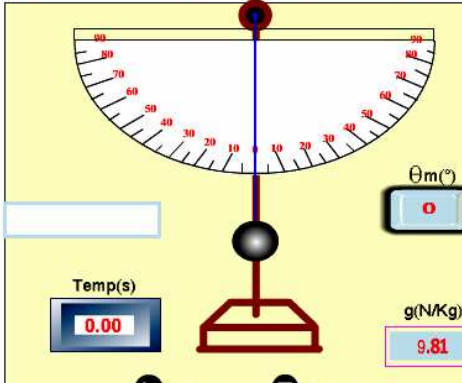
Expression d'énergie

Activité 2

[Oscillation amortie](#)

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation
La longueur du pendule
La masse du pendule
l'intensité de pesanteur



Correction

g (N/Kg)	9.78	9.81	9.83
(1/g)(Kg/N)	0.1022	0.1019	0.1017
t(s)	14.20	14.19	14.18
T(s)	1.420	1.418	1.417

[Question](#)

Réporter les mesures dans ce tableau

g(N/Kg)	9.78	9.81	9.83
1/g(Kg/N)	0.1022	0.1019	0.1017
t(s)			
T(s)			

[Accueil](#)
[précédent](#)
[Suivant](#)

- Question

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

[Présentation](#)

[Oscillation non amortie](#)

Expression de la période

Activité 1

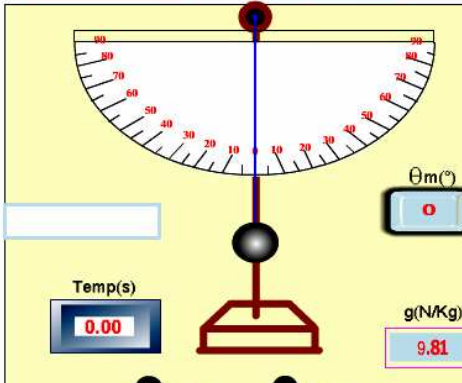
Expression d'énergie

Activité 2

[Oscillation amortie](#)

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation
La longueur du pendule
La masse du pendule
l'intensité de pesanteur



Correction

g (N/Kg)	9.78	9.81	9.83
(1/g)(Kg/N)	0.1022	0.1019	0.1017
t(s)	14.20	14.19	14.18
T(s)	1.420	1.418	1.417

[Question](#)

Quelle est votre remarque ?

[Solution](#)

Réporter les mesures dans ce tableau

g(N/Kg)	9.78	9.81	9.83
1/g(Kg/N)	0.1022	0.1019	0.1017
t(s)			
T(s)			

[Accueil](#)
[précédent](#)
[Suivant](#)

- **Solution proposée**

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

[Présentation](#)

[Oscillation non amortie](#)

Expression de la période

Activité 1

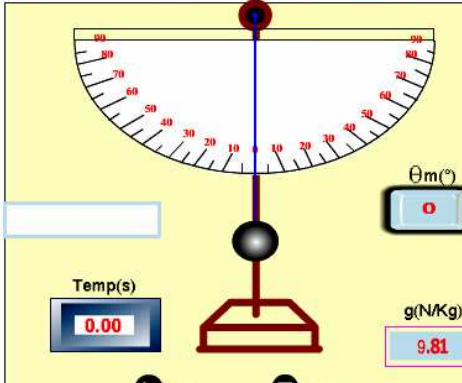
Expression d'énergie

Activité 2

[Oscillation amortie](#)

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation
La longueur du pendule
La masse du pendule
l'intensité de pesanteur



Correction

g (N/Kg)	9.78	9.81	9.83
(1/g)(Kg/N)	0.1022	0.1019	0.1017
t(s)	14.20	14.19	14.18
T(s)	1.420	1.418	1.417

Question

Quelle est votre remarque ?

[Solution](#)

On remarque que la période d'un même pendule varie avec la latitude. Au fur et à mesure qu'on s'approche de l'équateur l'accélération de la force de la pesanteur diminue et la période d'oscillation augmente.

Temp(s)

0.00

play stop

g(N/Kg)

9.81

Réporter les mesures dans ce tableau

g(N/Kg)	9.78	9.81	9.83
1/g(Kg/N)	0.1022	0.1019	0.1017
t(s)			
T(s)			

Accueil
précédent
Suivant

- **Représentation graphique**

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

[Présentation](#)

[Oscillation non amortie](#)

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

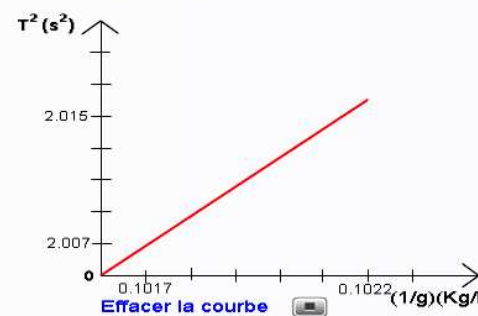
Activité 2

[Oscillation amortie](#)

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

L'amplitude d'oscillation
La longueur du pendule
La masse du pendule
l'intensité de pesanteur

Tracer dans votre cahier la courbe $T^2 = f\left(\frac{1}{g}\right)$ et tirer vos conclusions.



[Courbe](#)

[Effacer la courbe](#)

Conclusion :

Accueil
précédent
Suivant

- **Analyse de la représentation graphique**

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

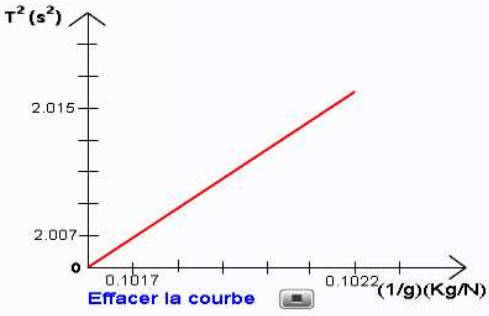
L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur

Tracer dans votre cahier la courbe $T^2 = f\left(\frac{1}{g}\right)$ et tirer vos conclusions.



Courbe

Conclusion :

Le graphe est une droite passant par l'origine, alors on peut conclure que T^2 est proportionnelle à $\frac{1}{g}$. Donc la période d'un pendule simple qui oscille avec une amplitude faible est inversement proportionnelle à la racine carrée de g.

Remarque

Accueil

précédent

Suivant

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 1 : ETUDE DE LA PERIODE EN FONCTION DE :

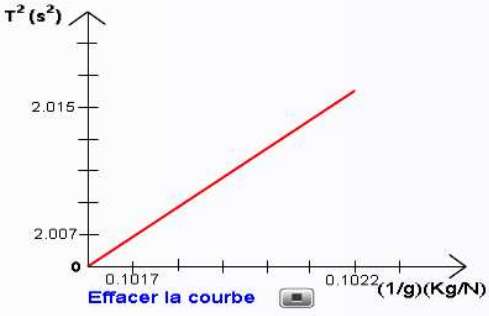
L'amplitude d'oscillation

La longueur du pendule

La masse du pendule

l'intensité de pesanteur

Tracer dans votre cahier la courbe $T^2 = f\left(\frac{1}{g}\right)$ et tirer vos conclusions.



Remarque

Conclusion :

Le graphe est une droite passant par l'origine, alors on peut conclure que T^2 est proportionnelle à $\frac{1}{g}$. Donc la période d'un pendule simple qui oscille avec une amplitude faible est inversement proportionnelle à la racine carrée de g.

Comme T^2 est proportionnelle à la longueur l , et inversement proportionnelle à l'intensité de pesanteur g. Donc T^2 est proportionnelle à $\frac{l}{g}$, on peut écrire

$$T^2 = b \frac{l}{g} \quad b \text{ étant une constante}$$

d'où $T = B \sqrt{\frac{l}{g}}$ avec $B = \sqrt{b}$

Dans ce qui va suivre on se propose de déterminer la constante B.

Accueil

précédent

Suivant

e) Détermination de la constante B

- *Objectif*

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE	
Modules d'apprentissage Présentation Oscillation non amortie Expression de la période Activité 1 Expression d'énergie Activité 2 Oscillation amortie	DETERMINATION DE LA CONSTANCE "B" <i>Objectif</i> Déterminer la constante "B" dans l'expression de la période. continuer <div>Accueil précédent Suivant</div>

- Indication

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

[Présentation](#)

[Oscillation non amortie](#)

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

[Oscillation amortie](#)

DETERMINATION DE LA CONSTANCE "B"

Objectif
Déterminer la constante "B" dans l'expression de la période.

[continuer](#)

Indication
Considérons un pendule simple, de masse $m = 0.4\text{Kg}$. On fixe l'amplitude initiale à $\theta_0 = 10^\circ$ et on prend $g = 9.8\text{m/s}^2$, puis on fait varier la longueur l . On mesure la durée t de 10 oscillations complètes en déclenchant le chronomètre lors du passage à l'élongation maximale. On relève les valeurs du temps et de la période.

[visualiser](#)

[Accueil](#) [précédent](#) [Suivant](#)

- Animation pour relever les valeurs des temps t et la période T pour 10 oscillations

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

[Présentation](#)

[Oscillation non amortie](#)

Expression de la période

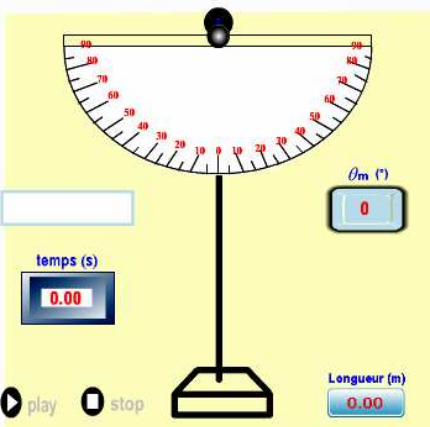
Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

[Oscillation amortie](#)

DETERMINATION DE LA CONSTANCE "B"



temps (s)

0.00

Longueur (m)

0.00

Compléter ce tableau

l (m)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20
t (s)						
T (s)						

[Accueil](#) [précédent](#) [Suivant](#)

- Valeurs proposée par le logiciel

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

DETERMINATION DE LA CONSTANCE "B"

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

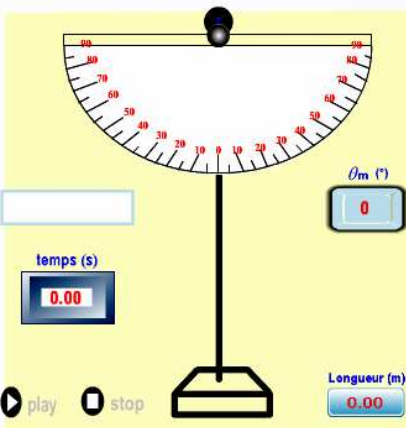
Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie



Solution $T = \frac{t}{10}$

l (m)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20
t (s)	9.00	12.60	15.50	17.90	20.00	21.90
T (s)	0.90	1.26	1.55	1.79	2.00	2.19

Question

Compléter ce tableau

l (m)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20
t (s)						
T (s)						

Accueil
précédent
Suivant

- Question

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

DETERMINATION DE LA CONSTANCE "B"

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

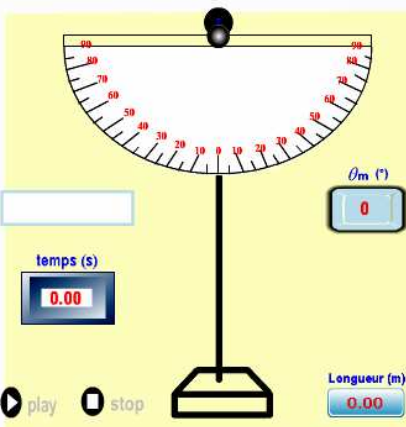
Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie



Solution $T = \frac{t}{10}$

l (m)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20
t (s)	9.00	12.60	15.50	17.90	20.00	21.90
T (s)	0.90	1.26	1.55	1.79	2.00	2.19

Question

- Compléter le tableau ci-dessous puis tracer la courbe $T^2 = f(L)$.

l (m)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20
t (s)						
T (s)						
T² (s²)						

Correction

Accueil
précédent
Suivant

- **Solution**
proposée

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

DETERMINATION DE LA CONSTANCE "B"

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

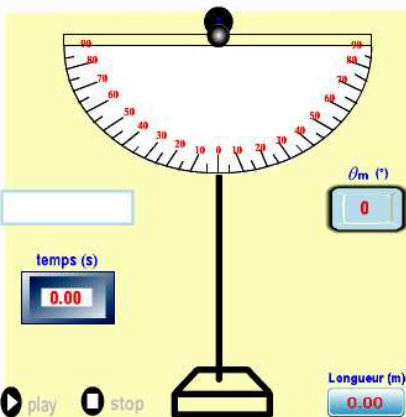
Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie



Solution $T = \frac{t}{10}$

l (m)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20
t(s)	9.00	12.60	15.50	17.90	20.00	21.90
T(s)	0.90	1.26	1.55	1.79	2.00	2.19

Question

- Compléter le tableau ci-dessous puis tracer la courbe $T^2 = f(L)$.

l (m)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20
t(s)						
T(s)						
T²(s²)						

Correction

l (m)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20
t(s)	9.00	12.60	15.50	17.90	20.00	21.90
T(s)	0.90	1.26	1.55	1.79	2.00	2.19
T²(s²)	0.81	1.58	2.40	3.20	4.00	4.79

Accueil précédent Suivant

- **Représentation graphique**

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

DETERMINATION DE LA CONSTANCE "B"

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

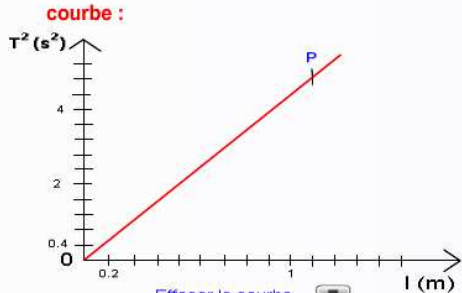
Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

courbe :



Effacer la courbe

SUITE

Accueil précédent Suivant

- Analyse de la représentation graphique

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

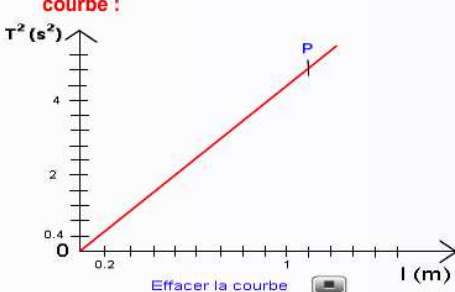
Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

DETERMINATION DE LA CONSTANCE "B"

courbe :



SUITE

Ici la droite obtenue est une droite passant par l'origine et on peut écrire $T^2 = al$ (1)
 a étant le coefficient directeur de la droite .
 Nous avons obtenu expérimentalement que
 $T = B \sqrt{\frac{l}{g}}$ d'où $T^2 = \frac{B^2}{g} l$ (2).
 Utiliser cette courbe pour calculer B (rappel $g=9.81$).

Calcul de la constante B :

(1)=(2) donne: $a = \frac{B^2}{g}$ (3)

avec $a = \frac{T^2}{l}$

Considérons le point P(4.79;1.2) pour calculer "a" d'où

$$a = \frac{4.79}{1.20} = 3.99$$

Alors (3) devient

$$3.99 = \frac{B^2}{g} \mapsto B^2 = 3.99 \times g$$

$$B^2 = 3.99 \times 9.81 = 39.14$$

$$B = \sqrt{39.14} \approx 6.26$$

On remarque que : $B \approx 2\pi$ d'où l'expression de la période

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Accueil
précédent
Suivant

f) A retenir

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE	
Modules d'apprentissage Présentation Oscillation non amortie Expression de la période Activité 1 Expression d'énergie Activité 2 Oscillation amortie	A RETENIR Influence des paramètres <ul style="list-style-type: none">- Pour de faible amplitude ($\theta_m < 10^\circ$), la période propre des oscillations est pratiquement indépendante de l'amplitude.- En un même lieu, des pendules simples de même longueur L, mais de masses différentes ont la même période propre T_0 : la période propre T_0 d'un pendule simple ne dépend donc pas de la masse du pendule.- En un même lieu, la période propre T_0 d'un pendule simple dépend de la longueur L du pendule simple : T_0 augmente quand L augmente.- La période propre T_0 d'un pendule simple dépend de la valeur de l'intensité g de la pesanteur du lieu de l'expérience : T_0 augmente lorsque la valeur de g diminue. CONCLUSION : <p>La période propre T_0 des oscillations de faible amplitude d'un pendule simple ne dépend que de la longueur L du fil et de la valeur du champ de pesanteur g. Les grandeurs L et g sont les paramètres caractéristiques ou spécifiques.</p>
<div>Accueil précédent Suivant</div>	

B-2 : Expression de l'énergie

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

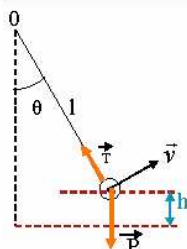
Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

EXPRESSION DE L'ENERGIE MECANIQUE D'UN PENDULE SIMPLE NON AMORTI

Pour le pendule simple, le centre d'inertie G du solide de masse m décrit un arc de cercle de rayon l. Le vecteur vitesse \vec{v} de G est tangent à la trajectoire ; sa norme v s'exprime par $v = l\dot{\theta}$.



L'énergie mécanique E_m est égale à la somme de l'énergie cinétique E_C et de l'énergie potentielle E_P .

L'énergie cinétique E_C du pendule est celle acquise par la masse m soit :

$$E_C = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{Ou} \quad E_C = \frac{1}{2}ml^2\dot{\theta}^2$$

Accueil précédent Suite

OSCILLATIONS MECANiques: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

EXPRESSION DE L'ENERGIE MECANIQUE D'UN PENDULE SIMPLE NON AMORTI

L'énergie potentielle de pesanteur E_P du pendule simple s'exprime par :

$$E_P = mgh + cte$$

Si la référence de l'énergie potentielle est prise au point le plus bas de la trajectoire (position d'équilibre), alors on a : $h = l(1 - \cos \theta)$ et E_P s'écrit : $E_P = mgl(1 - \cos \theta)$

Alors l'énergie mécanique est donnée par :

$$E_m = \frac{1}{2}ml^2\dot{\theta}^2 + mgl(1 - \cos \theta)$$

Accueil précédent Suivant

- **Objectif**

Modules d'apprentissage

Oscillation non amortie

Activité 2

continuer

Accueil

précédent

Suivant

- Indication

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

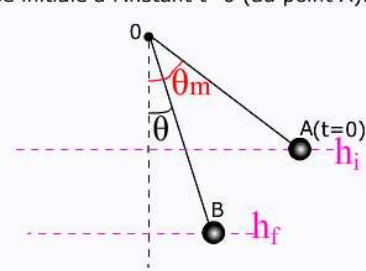
Oscillation amortie

Activité 2 : ETUDE ENERGETIQUE D'UN PENDULE SIMPLE NON AMORTI

Objectif :
Démontrer la conservation de l'énergie mécanique totale E lors du mouvement d'un pendule simple non amorti.

continuer

Indication :
Soit un pendule simple de longueur l, de masse m. On prend g=10N/Kg. On lâche ce pendule sans vitesse initiale à l'instant t=0 (au point A).



Déterminer l'expression de la vitesse en fonction de g et Δh (en utilisant la théorème de l'énergie cinétique) à l'instant où le pendule se trouve au point B ; (avec $\Delta h = h_i - h_f$).

Réponse

Accueil
précédent
Suivant

- Solution proposée par le logiciel

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 2 : ETUDE ENERGETIQUE D'UN PENDULE SIMPLE NON AMORTI

Ecrivez ici votre réponse

Solution

En utilisant le théorème de l'énergie cinétique on a :

$$T.E.C : E_{C_f} - E_{C_i} = \sum w_{\vec{F}_{app}}$$

$$\frac{1}{2}mv^2 - 0 = w_{\vec{P}} + w_{\vec{R}} \text{ avec } w_{\vec{R}} = 0$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = w_{\vec{P}} \text{ avec } w_{\vec{P}} = mg\Delta h$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = mg\Delta h$$

$$v^2 = 2g\Delta h \rightarrow v = \sqrt{2g\Delta h}$$

Accueil
précédent
Suivant

- Question

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 2 : ETUDE ENERGETIQUE D'UN PENDULE SIMPLE NON AMORTI

On désigne respectivement par E_p , E_c et E_m l'énergie potentielle de pesanteur, l'énergie cinétique et l'énergie mécanique totale. Dans le système international l'énergie est exprimé en joule(J).

Compléter le tableau ci-dessous puis tracer dans un même système d'axe la courbe de chaque énergie en fonction du temps

t(s)	0	$\frac{T}{8}$	$\frac{T}{4}$	$\frac{3T}{8}$	$\frac{T}{2}$	$\frac{5T}{8}$	$\frac{3T}{4}$	$\frac{7T}{8}$	T
$E_p(J)$									
$E_c(J)$									
$E_m(J)$									

Correction

Accueil
précédent
Suivant

- Solution proposée

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 2 : ETUDE ENERGETIQUE D'UN PENDULE SIMPLE NON AMORTI

On désigne respectivement par E_p , E_c et E_m l'énergie potentielle de pesanteur, l'énergie cinétique et l'énergie mécanique totale. Dans le système international l'énergie est exprimé en joule(J).

Compléter le tableau ci-dessous puis tracer dans un même système d'axe la courbe de chaque énergie en fonction du temps

t(s)	0	$\frac{T}{8}$	$\frac{T}{4}$	$\frac{3T}{8}$	$\frac{T}{2}$	$\frac{5T}{8}$	$\frac{3T}{4}$	$\frac{7T}{8}$	T
$E_p(J)$									
$E_c(J)$									
$E_m(J)$									

Correction

Accueil
précédent
Suivant

t(s)	0	$\frac{T}{8}$	$\frac{T}{4}$	$\frac{3T}{8}$	$\frac{T}{2}$	$\frac{5T}{8}$	$\frac{3T}{4}$	$\frac{7T}{8}$	T
$E_p(J)$	0.58	0.30	0	0.30	0.58	0.30	0	0.30	0.58
$E_c(J)$	0	0.28	0.58	0.28	0	0.28	0.58	0.28	0
$E_m(J)$	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58

- **Représentation graphique**

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 2 : ETUDE ENERGETIQUE D'UN PENDULE SIMPLE NON AMORTI

Effacer la courbe

Question

Accueil

précédent

suivant

- **Analyse de la représentation graphique**

OSCILLATIONS MECANiques: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 2 : ETUDE ENERGETIQUE D'UN PENDULE SIMPLE NON AMORTI

Effacer la courbe

Question

D'après ces courbes , Qu'observe t-on et quelle est votre conclusion ?

Solution

Accueil

précédent

suivant

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Expression de la période

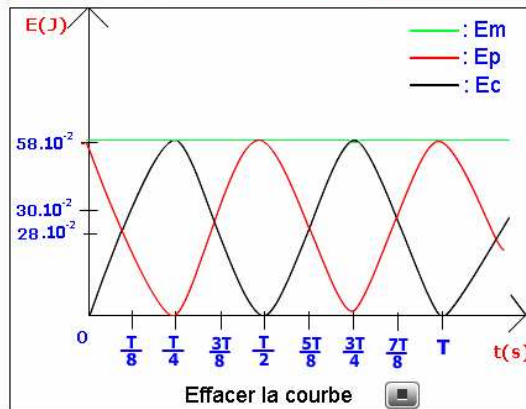
Activité 1

Expression d'énergie

Activité 2

Oscillation amortie

Activité 2 : ETUDE ENERGETIQUE D'UN PENDULE SIMPLE NON AMORTI



Question

D'après ces courbes , Qu'observe t-on et quelle est votre conclusion ?

Solution

On observe que l'énergie mécanique E reste constante .Donc pour conclure, on peut dire que l'énergie mécanique E est conservée pour un mouvement d'un pendule simple non amorti.



Accueil



précédent



Suivant

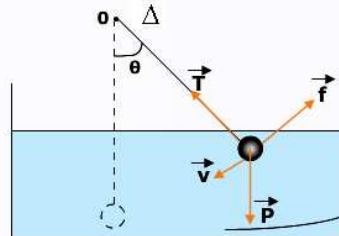
C- Oscillation amortie

Expression de la période

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

EXPRESSION DE LA PERIODE D'UN PENDULE SIMPLE AMORTI

On considère un pendule simple amorti de longueur l et de masse m . On se propose d'étudier le cas d'amortissement faible.



\vec{f} est la force de frottement

sens positif

En utilisant le T.A.A: $\sum \mathcal{M}(F_{app}) = J \ddot{\theta}$ on a

$$\mathcal{M}_{\vec{P}/\Delta} + \mathcal{M}_{\vec{T}/\Delta} + \mathcal{M}_{\vec{f}/\Delta} = J_{\Delta} \ddot{\theta}$$

$$-P.d_1 + 0 + f.d_2 = ml^2 \ddot{\theta} \quad \text{Avec} \begin{cases} f = -n.v \text{ or } v = l\dot{\theta} \\ d_1 = l \sin \theta \text{ et } d_2 = l \end{cases} \quad \text{Avec } n : \text{coefficient de proportionnalité.}$$

$$-mg.l \sin \theta + (-n.l^2 \dot{\theta}) = ml^2 \ddot{\theta}$$

$$ml^2 \ddot{\theta} + mgl \sin \theta + nl^2 \dot{\theta} = 0$$



Accueil



précédent



Suite

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

EXPRESSION DE LA PERIODE D'UN PENDULE SIMPLE AMORTI

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l} \sin \theta + \frac{n}{m} \dot{\theta} = 0$$

$$\ddot{\theta} + \frac{n}{m} \dot{\theta} + \frac{g}{l} \sin \theta = 0$$

En posant $w_0^2 = \frac{g}{l}$ et $\lambda = \frac{n}{2m}$ on obtient :

$$\ddot{\theta} + 2\lambda \dot{\theta} + w_0^2 \theta = 0. \text{ Equation différentielle}$$

w_0 est la pulsation propre et λ est appelé le coefficient d'amortissement.

w_0 et λ sont deux constantes positives caractéristiques du système et s'expriment en **rad/s**.

Solution de cette équation différentielle

En fonction du discriminant réduit $\Delta' = \lambda^2 - w_0^2$ (avec $\Delta' = \frac{\Delta}{4}$), on définit les trois régimes suivants :

- $\Delta' > 0$: **régime aperiodique**

La solution est de la forme $\theta(t) = e^{(-\lambda t)} \text{sh}(\beta t)$

- $\Delta' = 0$: **régime critique**

La solution est de la forme $\theta(t) = e^{(-\lambda t)} (A_1 + A_2 t)$



Accueil



précédent



Suite

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

EXPRESSION DE LA PERIODE D'UN PENDULE SIMPLE AMORTI

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Oscillation amortie

Expression de la période

Activité 3

Activité 4

- $\Delta' < 0$: **régime pseudo-périodique**

La solution est de la forme : $\theta(t) = Be^{(-\lambda t)} \cos(\omega t + \varphi)$

La pseudo-période:

On définit la pseudo-période T_1 par

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \lambda^2}}$$

$$= \frac{\frac{2\pi}{\omega_0}}{\frac{\sqrt{\omega_0^2 - \lambda^2}}{\omega_0}} = \frac{T_0}{\frac{\sqrt{\omega_0^2 - \lambda^2}}{\omega_0}}$$

$$\text{Avec } \sqrt{\frac{\omega_0^2 - \lambda^2}{\omega_0^2}} = \sqrt{\frac{\frac{4\pi^2}{T_0^2} - \lambda^2}{\frac{4\pi^2}{T_0^2}}} \quad \text{puisque } \omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$$

$$= \sqrt{\frac{4\pi^2 - \lambda^2 T_0^2}{4\pi^2}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{4\pi^2 - \lambda^2 T_0^2}$$

Accueil précédent Suite

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

EXPRESSION DE LA PERIODE D'UN PENDULE SIMPLE AMORTI

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Oscillation amortie

Expression de la période

Activité 3

Activité 4

Alors

$$T_1 = \frac{T_0}{\frac{1}{2\pi} \sqrt{4\pi^2 - \lambda^2 T_0^2}}$$

$$T_1 = 2\pi T_0 \frac{1}{\sqrt{4\pi^2 - \lambda^2 T_0^2}}$$

Cas de l'amortissement très faible

Par définition un amortissement très faible correspond à un coefficient d'amortissement λ très petit. Dans ce cas $T_1 \approx T_0$.

Accueil précédent Suivant

**Module 3 : Pendule simple amorti en régime pseudo-périodique :
Influence du coefficient d'amortissement sur la période**

- **Objectif**

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

- Présentation
- Oscillation non amortie
- Oscillation amortie

Expression de la période

Activité 3

Activité 4

**Activité 3 : PENDULE SIMPLE AMORTI EN REGIME PSEUDO-PERIODIQUE:
INFLUENCE DU COEFFICIENT D'AMORTISSEMENT SUR LA PERIODE**

Objectif :
Analyser l'influence du coefficient d'amortissement sur la période.

continuer

Accueil précédent Suivant

- Indication

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Oscillation amortie

Expression de la période

Activité 3

Activité 4

**Activité 3 : PENDULE SIMPLE AMORTI EN REGIME PSEUDO-PERIODIQUE:
INFLUENCE DE COEFFICIENT D'AMORTISSEMENT SUR LA PERIODE**

Objectif :
Analyser l'influence du coefficient d'amortissement sur la période.

[continuer](#)

Indication :
Soit un solide de masse $m=0.4\text{Kg}$ accroché à un fil de longueur $l=0.5\text{m}$. On fixe l'amplitude initiale à $\theta_0=10^\circ$ et on prend $g=9.8\text{m/s}$. Immergeons le dans un liquide puis on fait varier le coefficient d'amortissement. On mesure la durée t de 10 oscillations complètes en déclenchant le chronomètre lors du passage à l'élongation maximale. On relève les valeurs du temps et de la période.

[visualiser](#)

[Accueil](#) [précédent](#) [Suivant](#)

- Animation pour relever les valeurs des temps t et la période T pour 10 oscillations

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Oscillation amortie

Expression de la période

Activité 3

Activité 4

**Activité 3 : PENDULE SIMPLE AMORTI EN REGIME PSEUDO-PERIODIQUE:
INFLUENCE DE COEFFICIENT D'AMORTISSEMENT SUR LA PERIODE**

[Correction](#)

Compléter le tableau

λ (rad /s)	0.01	0.10	0.20	0.30	0.50	0.60	0.70	0.80	1.00	1.50
t (s)										
T (s)										

[Accueil](#) [précédent](#) [Suivant](#)

- Valeurs proposée par le logiciel

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Oscillation amortie

Expression de la période

Activité 3

Activité 4

**Activité 3 : PENDULE SIMPLE AMORTI EN REGIME PSEUDO-PERIODIQUE:
INFLUENCE DE COEFFICIENT D'AMORTISSEMENT SUR LA PERIODE**

Temps (s)

0.00

play stop

$\theta_m(^{\circ})$

0

λ (rad /s)

0.01

Compléter le tableau

λ (rad /s)	0.01	0.10	0.20	0.30	0.50	0.60	0.70	0.80	1.00	1.50
t (s)										
T(s)										

Correction

λ (rad /s)	0.01	0.10	0.20	0.30	0.50	0.60	0.70	0.80	1.00	1.50
t (s)	14.2	14.2	14.2	14.2	14.3	14.3	14.3	14.4	14.4	15.0
T(s)	1.42	1.42	1.42	1.42	1.43	1.43	1.43	1.44	1.44	1.50

Question

Accueil

précédent

Suivant

- Question

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Oscillation amortie

Expression de la période

Activité 3

Activité 4

**Activité 3 : PENDULE SIMPLE AMORTI EN REGIME PSEUDO-PERIODIQUE:
INFLUENCE DE COEFFICIENT D'AMORTISSEMENT SUR LA PERIODE**

Temps (s)

0.00

play stop

$\theta_m(^{\circ})$

0

λ (rad /s)

0.01

Compléter le tableau

λ (rad /s)	0.01	0.10	0.20	0.30	0.50	0.60	0.70	0.80	1.00	1.50
t (s)										
T(s)										

Correction

λ (rad /s)	0.01	0.10	0.20	0.30	0.50	0.60	0.70	0.80	1.00	1.50
t (s)	14.2	14.2	14.2	14.2	14.3	14.3	14.3	14.4	14.4	15.0
T(s)	1.42	1.42	1.42	1.42	1.43	1.43	1.43	1.44	1.44	1.50

Question

Qu'observe t-on ? tirer votre conclusion

Solution

Accueil

précédent

Suivant

- **Solution proposée et conclusion**

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

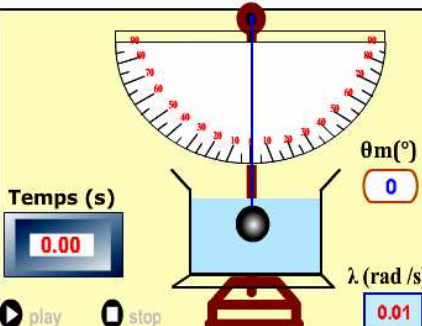
Oscillation amortie

Expression de la période

Activité 3

Activité 4

Activité 3 : PENDULE SIMPLE AMORTI EN REGIME PSEUDO-PERIODIQUE: INFLUENCE DE COEFFICIENT D'AMORTISSEMENT SUR LA PERIODE



Correction

λ (rad/s)	0.01	0.10	0.20	0.30	0.50	0.60	0.70	0.80	1.00	1.50
t (s)	14.2	14.2	14.2	14.2	14.3	14.3	14.3	14.4	14.4	15.0
T(s)	1.42	1.42	1.42	1.42	1.43	1.43	1.43	1.44	1.44	1.50

Question

Qu'observe t-on ? tirer votre conclusion

Solution

On observe que pour le coefficient d'amortissement $\lambda < 0.30$ la période T_1 reste constante et est égale à la période propre T_0 (voir activité 1).
Conclusion : Pour $\lambda < 0.30$ on a le régime pseudo-périodique




Compléter le tableau

λ (rad/s)	0.01	0.10	0.20	0.30	0.50	0.60	0.70	0.80	1.00	1.50
t (s)										
T(s)										

Accueil
précédent
Suivant

Module 4 : Etude de l'élongation angulaire en fonction du temps

- **Rappels**

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE	
Modules d'apprentissage Présentation Oscillation non amortie Oscillation amortie Expression de la période Activité 3 Activité 4	Activité 4 : ETUDE DE L'EVOLUTION DE L'ELONGATION ANGULAIRE EN FONCTION DU TEMPS Rappels: Rappelons que dans le cas du régime pseudo-périodique, l'élongation angulaire en fonction du temps est $\theta(t) = Be^{-\lambda t} \cos(\omega t + \varphi)$ $Be^{-\lambda t}$ est l'amplitude d'oscillation B est l'amplitude maximale $\theta(t=0) = B \cos \varphi$ d'où $B \cos \varphi = B$ $\cos \varphi = 1 \Rightarrow \varphi = 0$ où $\varphi = 2\pi$ Prenons $\varphi = 0$ d'où l'équation devient $\theta = Be^{-\lambda t} \cos \omega t$ <div style="text-align: right;"> Accueil  précédent  Suivant</div>

- *Objectif*

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE	
Modules d'apprentissage <div>Présentation</div> <div>Oscillation non amortie</div> <div>Oscillation amortie</div>	Activité 4 : ETUDE DE L'EVOLUTION DE L'ELONGATION ANGULAIRE EN FONCTION DU TEMPS Objectif: Etudier l'évolution de l'élongation angulaire en fonction du temps. <div>continuer</div>
Expression de la période Activité 3 Activité 4	
<div> <div>Accueil</div> <div>précédent</div> <div>Suivant</div> </div>	

- Indication

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

[Présentation](#)

[Oscillation non amortie](#)

[Oscillation amortie](#)

Expression de la période

Activité 3

Activité 4

Activité 4 : ETUDE DE L'EVOLUTION DE L'ELONGATION ANGULAIRE EN FONCTION DU TEMPS

Objectif:

Etudier l'évolution de l'élongation angulaire en fonction du temps.

[continuer](#)

Indication :

Soit un pendule simple de longueur l , de masse m . Immergeons le dans un liquide. On prend $g=10\text{N/Kg}$ et le coefficient d'amortissement $\lambda=0.10\text{ rad/s}$. On lâche ce pendule sans vitesse initiale à l'instant $t=0$ et $\theta(t=0)=10^\circ$. Compléter le tableau suivant en utilisant l'équation $\theta = Be^{-\lambda t} \cos \omega t$ puis tracer dans votre cahier la courbe $\theta = f(t)$.

Accueil précédent Suivant

- Tableau à compléter

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

[Présentation](#)

[Oscillation non amortie](#)

[Oscillation amortie](#)

Expression de la période

Activité 3

Activité 4

Activité 4 : ETUDE DE L'EVOLUTION DE L'ELONGATION ANGULAIRE EN FONCTION DU TEMPS

t(s)	0	$\frac{T_0}{4}$	$\frac{T_0}{2}$	$\frac{3T_0}{4}$	T_0	$\frac{5T_0}{4}$	$\frac{6T_0}{4}$	$\frac{7T_0}{4}$	$2T_0$	$\frac{9T_0}{4}$	$\frac{10T_0}{4}$	$\frac{11T_0}{4}$	$3T_0$
$\theta(\text{rad})$													

$\frac{13T_0}{4}$	$\frac{14T_0}{4}$	$\frac{15T_0}{4}$	$4T_0$	$\frac{17T_0}{4}$	$\frac{18T_0}{4}$	$\frac{19T_0}{4}$	$5T_0$	$\frac{21T_0}{4}$	$\frac{22T_0}{4}$	$\frac{23T_0}{4}$	$6T_0$

[Solution](#)

Accueil précédent Suivant

- Valeurs proposée par le logiciel

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Oscillation amortie

Expression de la période

Activité 3

Activité 4

Activité 4 : ETUDE DE L'EVOLUTION DE L'ELONGATION ANGULAIRE EN FONCTION DU TEMPS

t(s)	0	$\frac{T_0}{4}$	$\frac{T_0}{2}$	$\frac{3T_0}{4}$	T_0	$\frac{5T_0}{4}$	$\frac{6T_0}{4}$	$\frac{7T_0}{4}$	$2T_0$	$\frac{9T_0}{4}$	$\frac{10T_0}{4}$	$\frac{11T_0}{4}$	$3T_0$
$\theta(\text{rad})$													

$\frac{13T_0}{4}$	$\frac{14T_0}{4}$	$\frac{15T_0}{4}$	$4T_0$	$\frac{17T_0}{4}$	$\frac{18T_0}{4}$	$\frac{19T_0}{4}$	$5T_0$	$\frac{21T_0}{4}$	$\frac{22T_0}{4}$	$\frac{23T_0}{4}$	$6T_0$

[Solution](#)

t(s)	0	$\frac{T_0}{4}$	$\frac{T_0}{2}$	$\frac{3T_0}{4}$	T_0	$\frac{5T_0}{4}$	$\frac{6T_0}{4}$	$\frac{7T_0}{4}$	$2T_0$	$\frac{9T_0}{4}$	$\frac{10T_0}{4}$	$\frac{11T_0}{4}$	$3T_0$
$\theta(\text{rad})$	0.17	0	-0.16	0	0.15	0	-0.14	0	0.13	0	-0.12	0	0.11

$\frac{13T_0}{4}$	$\frac{14T_0}{4}$	$\frac{15T_0}{4}$	$4T_0$	$\frac{17T_0}{4}$	$\frac{18T_0}{4}$	$\frac{19T_0}{4}$	$5T_0$	$\frac{21T_0}{4}$	$\frac{22T_0}{4}$	$\frac{23T_0}{4}$	$6T_0$
0	-0.10	0	0.09	0	-0.09	0	0.08	0	-0.08	0	0.07

[Accueil](#)
[précédent](#)
[Suivant](#)

- Représentation graphique

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

Modules d'apprentissage

Présentation

Oscillation non amortie

Oscillation amortie


Expression de la période


Activité 3

Activité 4

Activité 4 : ETUDE DE L'EVOLUTION DE L'ELONGATION ANGULAIRE EN FONCTION DU TEMPS

Courbe



Effacer la courbe 

[Accueil](#)
[précédent](#)
[Suivant](#)

- Question

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

<p>Modules d'apprentissage</p> <p>Présentation</p> <p>Oscillation non amortie</p> <p>Oscillation amortie</p> <p>Expression de la période</p> <p>Activité 3</p> <p>Activité 4</p>	<p style="text-align: center; color: red;">Activité 4 : ETUDE DE L'EVOLUTION DE L'ELONGATION ANGULAIRE EN FONCTION DU TEMPS</p> <p>Qu'observe t-on ? tirer votre conclusion</p> <div style="border: 1px solid #ccc; height: 40px; margin: 10px 0;"></div> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> Solution </div> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> Accueil précédent Suivant </div>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- Solution proposée et conclusion

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

<p>Modules d'apprentissage</p> <p>Présentation</p> <p>Oscillation non amortie</p> <p>Oscillation amortie</p> <p>Expression de la période</p> <p>Activité 3</p> <p>Activité 4</p>	<p style="text-align: center; color: red;">Activité 4 : ETUDE DE L'EVOLUTION DE L'ELONGATION ANGULAIRE EN FONCTION DU TEMPS</p> <p>Qu'observe t-on ? tirer votre conclusion</p> <div style="border: 1px solid #ccc; height: 40px; margin: 10px 0;"></div> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> Solution </div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px; margin-top: 20px;"> <p>On observe que l'amplitude des oscillations diminue au cours du temps.</p> <p><u>Conclusion:</u></p> <p>Lorsque l'amplitude diminue, on peut tirer qu'il y a un amortissement. Et la présence d'un amortissement entraîne <i>la non conservation de l'énergie mécanique</i> pour le pendule simple amorti.</p> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> Accueil précédent Suivant </div>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

D- Evaluations

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

SOMMAIRE ELEVE

SOMMAIRE PROFESSEUR

Evaluations

Sujet 1 :

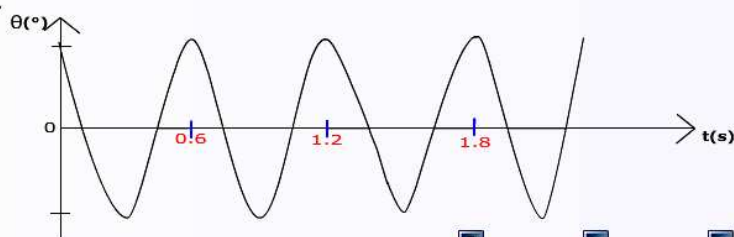
On dispose d'un pendule simple de masse $m=100g$ et de longueur $l=0,5m$. On écarte le pendule de sa position d'équilibre d'un angle θ , puis on le lâche sans vitesse initiale.

- 1) A quelle condition la période T des oscillations d'un pendule simple est-elle indépendante de l'amplitude de mouvement ?
- 2)- Quelle est l'expression littérale de la période propre des oscillations de ce pendule ?
- Calculer sa valeur sachant que l'intensité de la pesanteur est $g=9,81ms^{-2}$.

Sujet 2 :

On réalise l'enregistrement, au cours du temps, de l'élongation d'un pendule simple (voir le schéma ci-dessous).

- 1) Déterminer la valeur de la période propre.
- 2) Rappeler la loi d'isochronisme des petites oscillations. S'applique-t-elle dans le cas présent ?
- 3) Déterminer l'accélération de pesanteur sachant que la longueur du pendule simple est égale à $0,16m$.



Accueil précédent Suite

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

SOMMAIRE ELEVE

SOMMAIRE PROFESSEUR

Evaluations

Sujet 3:

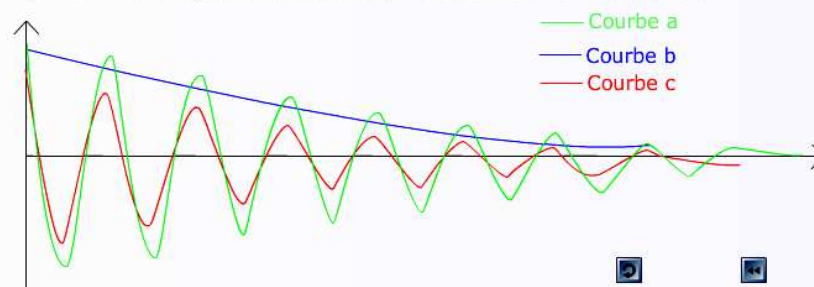
Un pendule simple est constitué d'un fil de longueur $l=0.50m$ et d'une bille de masse $m=20g$. On écarte d'un angle $\theta_m=10^\circ$, puis on lâche sans vitesse initiale. On prendra $g=9.8N/Kg$.

- 1- Calculer l'énergie mécanique à l'instant où le pendule est lâché.
- 2- Déterminer sa vitesse à l'instant où son élongation est θ .

Sujet 4:

On enregistre l'évolution de l'élongation angulaire d'un même pendule simple, en fonction du temps, au cours de trois expériences différentes (voir le schéma ci-dessous).

- 1) Quel est le phénomène mis en évidence dans ces trois cas ?
- 2) Quelles modifications a-t-on apportées au dispositif pour passer d'une expérience à l'autre ?
- 3) Associer chacune des représentations graphiques ci-dessous à un régime d'oscillations.
- 4) Classer les enregistrements par ordre croissant de l'amortissement.



Accueil précédent Suivant

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

SOMMAIRE ELEVE

SOMMAIRE PROFESSEUR

Evaluations

Ecrivez la réponse dans cette zone de texte

Solution



Accueil



précédent



Suite

OSCILLATIONS MECANIQUES: PENDULE SIMPLE

SOMMAIRE ELEVE

SOMMAIRE PROFESSEUR

Evaluations

Ecrivez la réponse dans cette zone de texte

Solution

Solution 1:

1)-La période est indépendante de l'amplitude des oscillations si l'amplitude est inférieure à 10° .

2)- L'expression littérale de la période propre des oscillations de ce pendule est

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

-Valeur de la période propre:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{0.5}{9.81}} \approx 1.42s$$



Accueil



précédent



Suite

OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

SOMMAIRE ELEVE

SOMMAIRE PROFESSEUR

Evaluations

Solution 2:

1 - La valeur de la période propre est **To=0.60s**.

2 - Isochrone: lorsque l'amplitude des oscillations est inférieure à 10°, la période est pratiquement indépendante de l'amplitude. Mais ici l'amplitude θ_{\max} étant inférieure à 10°, donc cette loi s'applique ici.

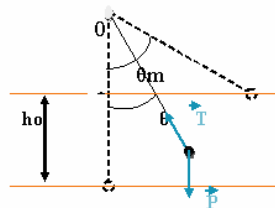
3- Détermination de l'accélération de la pesanteur

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$\text{Soit } g = \frac{4\pi^2 l}{T_0^2} = \frac{4\pi^2 \times 0.16}{0.80^2} = 9.9 \text{ ms}^{-2}$$

Solution 3:

1-Energie mécanique à l'instant où le pendule lâche



$$E_m = E_c + E_p$$

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + mgh \text{ Avec } v=0, h_0 = l(1 - \cos \theta)$$

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

$$\Delta N: E_m = 1.49 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$



Accueil



précédent



Suite

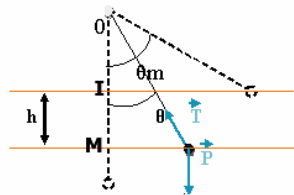
OSCILLATIONS MECANIKES: PENDULE SIMPLE

SOMMAIRE ELEVE

SOMMAIRE PROFESSEUR

Evaluations

2- Détermination de la vitesse à l'instant où son élongation est θ :



$$T.E.C: E_{C_f} - E_{C_i} = \sum w_{\vec{F}_{ext}}$$

$$\frac{1}{2}mv^2 - 0 = w_P + w_R \text{ avec } w_R = 0$$

$$\begin{aligned} \text{Alors on a: } \frac{1}{2}mv^2 &= mgh \text{ avec } h = OM - OI \\ &= l \cos \theta - l \cos \theta_0 \text{ Avec: } \theta_0 = 0 \\ &= l(\cos \theta - \cos \theta_0) \end{aligned}$$

$$\text{D'où: } \frac{1}{2}mv^2 = mgl(\cos \theta - \cos \theta_0)$$

$$v^2 = 2gl(\cos \theta - \cos \theta_0)$$

$$v = \sqrt{2gl(\cos \theta - \cos \theta_0)}$$



Accueil



précédent



Suivant

OSCILLATIONS MECANQUES: PENDULE SIMPLE

SOMMAIRE ELEVE

SOMMAIRE PROFESSEUR

Evaluations

Solution 4:

- 1) Le phénomène mis en évidence dans ce trois cas est le phénomène d'amortissement des oscillations.
- 2) Pour passer une expérience à l'autre, on a modifié les frottements, par exemple en plaçant une palette sur la masse du pendule.
- 3) - Régime pseudo-périodique: courbes **(a)** et **(c)**.
- Régime apériodique: courbe **(b)**.
- 4) Classement de l'amortissement: par ordre croissant d'amortissement, on a: **(a);(c);(b)**.



Accueil



précédent

CONCLUSION

Dans ce travail nous avons développé un logiciel didactique pour l'étude des oscillations d'un pendule simple non amorti et d'un pendule simple amorti. L'aspect énergétique est aussi analysé. Il s'adresse aux élèves des classes terminales scientifiques. Il propose divers types d'activités avec des objectifs précis :

- Lecture d'éléments de cours sur les thèmes à étudier
- Réalisation de travaux pratiques virtuels
- Résolution d'exercices à titre d'évaluation formative et d'évaluation sommative.

De ce point de vue, ce logiciel est un support de cours et de travaux pratiques. Il simule l'environnement d'apprentissage que l'on rencontre dans les séances de travaux pratiques dans un laboratoire de Lycée.

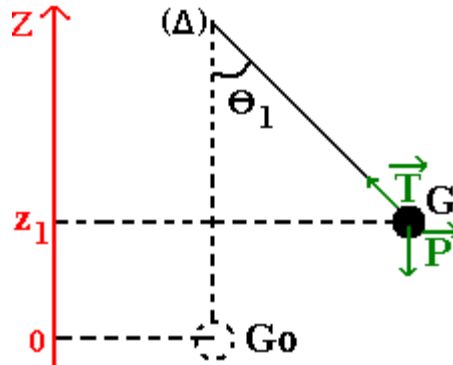
L'approche que nous avons retenue est fondée sur la construction du savoir et des connaissances par l'apprenant(e) lui (elle) même :

- Le phénomène physique à étudier est présenté sous forme d'animation/simulation. L'apprenant(e) est invité(e) à l'observer attentivement. Cette phase d'observation lui permet d'identifier les paramètres qui influent sur le système.
- Il modifie ces paramètres et fait des mesures. Il inscrit les valeurs obtenues dans un tableau. Il trace des courbes, les analyse et tire des conclusions. Cette analyse de courbe après chaque modification de paramètre permet à l'élève de prendre une attitude face à ses observations. Cet aller retour entre courbe et paramètre est essentiel pour développer son esprit critique.
- Il confronte ensuite ses résultats avec ceux donnés par le logiciel.

Pour terminer, nous espérons que ce logiciel pourra servir réellement de support didactique aux enseignants des Lycées. Cependant l'utilisation de ce nouveau mode d'accès au savoir demande quelques mesures d'accompagnement comme la formation des enseignants en informatique et la vulgarisation des ordinateurs dans les établissements.

ANNEXE 1 : Energie mécanique d'un pendule simple non amorti.

Considérons un pendule simple de longueur l et de masse m , mobile autour d'un axe horizontal. Repérons par un axe z vertical ascendant le centre d'inertie G du système. On prend comme origine de potentiel (cote de référence) la position de ce centre d'inertie lorsque ce système est en équilibre. On le lâche sans vitesse initiale à l'instant $t_0 = 0$. A l'instant t son altitude est z_1



L'énergie mécanique totale de ce système à tout instant est :

$$E(t) = E_p(t) + E_c(t)$$

Où $E_p(t)$ représente l'énergie potentielle à l'instant t et $E_c(t)$ l'énergie cinétique.

Le bilan énergétique à la position z_1 s'écrit :

$$E_1(t_1) = E_p(z=z_1) + E_c(z=z_1)$$

$E_c(z=z_1)$ est l'énergie cinétique à la position $z=z_1$

$$E_c(z=z_1) = 0$$

On en déduit que $E_0 = \frac{1}{2} m v_0^2$ et $E_1 = m g z_1$

L'énergie mécanique totale de ce système à tout instant est

$$E(t) = E_p(t) + E_c(t)$$

Avec

$$* E_p(t) = m g z_1 \text{ or } z_1 = l(1 - \cos\theta)$$

$$\text{Pour } \theta \text{ faible } 1 - \cos\theta \approx \theta^2/2$$

$$\Rightarrow E_p(t) = m g l (\theta^2)/2 = \frac{1}{2} m g l \theta^2$$

$$\text{Or } \theta = A \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\text{D'où } E_p(t) = \frac{1}{2} m g l [A \cos(\omega t + \varphi)]^2$$

$$* \quad E_c(t) = \frac{1}{2} J \dot{\theta}^2$$

$$\text{Avec } \dot{\theta} = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\text{D'où } E_c(t) = \frac{1}{2} J [-\omega A \sin(\omega t + \varphi)]^2$$

Donc

$$E(t) = \frac{1}{2} J [-\omega A \sin(\omega t + \varphi)]^2 + \frac{1}{2} mgl [A \cos(\omega t + \varphi)]^2$$

$$\text{Or } J\omega^2 = ml^2 \times g/l = mgl \Rightarrow J\omega^2 = mgl$$

$$\text{Alors } E(t) = \frac{1}{2} J\omega^2 [A \sin(\omega t + \varphi)]^2 + \frac{1}{2} J\omega^2 [A \cos(\omega t + \varphi)]^2$$

$$= \frac{1}{2} J\omega^2 A^2 [\underbrace{\sin^2(\omega t + \varphi) + \cos^2(\omega t + \varphi)}_1]$$

$$\boxed{E(t) = \frac{1}{2} J \omega^2 A^2 = \text{constante}}$$

ANNEXE 2 : Pseudo-période

Un pendule faiblement amorti oscille toujours mais l'amplitude d'oscillation diminue progressivement au cours du temps.

La période d'oscillation T est appelée pseudo-période.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \text{Avec}$$

$$\omega = \omega_0 \sqrt{\frac{\omega_0^2 - \lambda^2}{\omega_0^2}}$$

ω_0 est la pulsation propre du pendule et λ est le coefficient d'amortissement.

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_0 \sqrt{\frac{\omega_0^2 - \lambda^2}{\omega_0^2}}}$$

$$T = \frac{\frac{2\pi}{\omega_0}}{\sqrt{\frac{\omega_0^2 - \lambda^2}{\omega_0^2}}} = \frac{T_0}{\sqrt{\frac{\omega_0^2 - \lambda^2}{\omega_0^2}}}$$

Avec

$$\sqrt{\frac{\omega_0^2 - \lambda^2}{\omega_0^2}} = \sqrt{\frac{\frac{4\pi^2}{T_0^2} - \lambda^2}{\frac{4\pi^2}{T_0^2}}}$$

puisque $\omega_0 = 2\pi/T_0$

$$= \sqrt{\frac{4\pi^2 - \lambda^2 T_0^2}{4\pi^2}}$$

$$\sqrt{\frac{\omega_0^2 - \lambda^2}{\omega_0^2}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{4\pi^2 - \lambda^2 T_0^2}$$

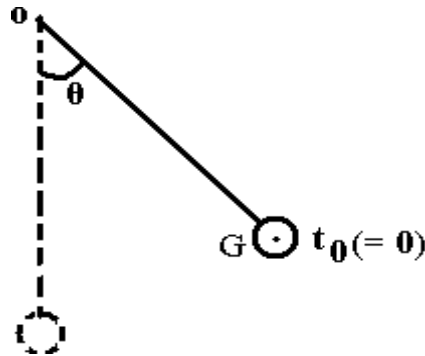
Alors :

$$T = \frac{T_0}{\frac{1}{2\pi} \sqrt{4\pi^2 - \lambda^2 T_0^2}}$$

$$T = 2\pi T_0 \frac{1}{\sqrt{4\pi^2 - \lambda^2 T_0^2}}$$

ANNEXE 3 : Energie mécanique d'un pendule simple amorti

Soit un pendule simple de longueur l et de masse m . On le lâche sans vitesse initiale à l'instant $t_0 = 0$.



L'énergie mécanique totale de ce système à tout instant est

$$E(t) = E_c(t) + E_p(t)$$

$$E(t) = \frac{1}{2} J \dot{\Theta}^2 + mgl (\theta^2/2) \text{ or } mgl = J \omega^2$$

$$E(t) = \frac{1}{2} J \dot{\Theta}^2 + J \omega^2 (\theta^2/2)$$

Avec

$$* \quad \Theta(t) = Ae^{(-\lambda t)} \cos(\omega t + \varphi)$$

$$* \quad \dot{\Theta}(t) = [-A\lambda e^{(-\lambda t)} \cos(\omega t + \varphi)] + [Ae^{(-\lambda t)} (-\omega \sin(\omega t + \varphi))]$$

$$= [-A\lambda e^{(-\lambda t)} \cos(\omega t + \varphi)] - A\omega e^{(-\lambda t)} \sin(\omega t + \varphi)$$


$$\dot{\Theta}(t) = Ae^{(-\lambda t)} [-\omega \sin(\omega t + \varphi) - \lambda \cos(\omega t + \varphi)]$$

D'où :

$$E(t) = \frac{1}{2} J [Ae^{(-\lambda t)} (-\omega \sin(\omega t + \varphi) - \lambda \cos(\omega t + \varphi))]^2 + \frac{1}{2} J \omega^2 [Ae^{(-\lambda t)} \cos(\omega t + \varphi)]^2$$

Pour $\omega \approx \omega_0$, $\lambda \rightarrow 0$ (système peu amorti) alors

$$E(t) = \frac{1}{2} J [-Ae^{(-\lambda t)} \omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi)]^2 + \frac{1}{2} J \omega_0^2 [Ae^{(-\lambda t)} \cos(\omega_0 t + \varphi)]^2$$

$$E(t) = \frac{1}{2} J A^2 \omega_0^2 e^{-2\lambda t} [\sin 2(\omega t + \phi) + \cos 2(\omega t + \phi)]$$


$$E(t) = \frac{1}{2} j \omega_0^2 A^2 e^{(-2\lambda t)}$$

BIBLIOGRAPHIE

- [1]CESSAC, J. Physique Terminale D, Paris : Fernand Nathan, 1967,303p
- [2]COMMISSION PEDAGOGIQUE DU LYCEE GALLIENI, Travaux pratiques de physique-chimie, Imprimerie-Nationale-Tananarive, 1975, 48p
- [3]DURANDEAU, P. Physique Terminale S, Paris : Hachette livre, 1995, 384p
- [4]GROSSETÊTE, C. Physique Terminale S, Paris : Belin, 1995, 448p
- [5]PROVOST, P. dictionnaire pratique de physique, Imprimerie JOUVE, 17, rue du Louvre 75001 PARIS, 1981, 259p
- [6]LANDAN, L. La physique à la portée de tous, Russe :Mir. Mouscou, 1982, 261p
- [7]RAHANITRARIVONY, H. H. Etude sur micro-ordinateur de la marche d'un rayon lumineux à travers un prisme. Mémoire CAPEN, ENS Antananarivo. N° d'ordre 243/PC, 2006, 67p
- [8]RAKOTOMALALA, J.E. Etude sur micro-ordinateur de la diffraction par « N » fentes. Mémoire CAPEN, ENS Antananarivo, 2005, 78p
- [9]RAKOTOMANDIMBY, T.F.R Mouvement oscillatoire amorti : Etude basée sur l'Expérimentation Assistée par Ordinateur. Mémoire CAPEN, ENS Antananarivo. N° d'ordre 212/PC, 2003, 77p
- [10]TAHINAMALALA, M.G. Etude sur micro-ordinateur d'une réflexion par un miroir. Mémoire CAPEN, ENS Antananarivo. N° d'ordre 208/PC, 2003, 112p
- [11]YAVORSKI, B. Aide-mémoire de physique, Editions Mir.Mouscou, 1996, 963 pages

WEBGRAPHIE

- [http : //forums. Futura-Sciences, com/technologies/279757-pendule-pesant-calcul-de-hauteur-chute.html](http://forums.Futura-Sciences.com/technologies/279757-pendule-pesant-calcul-de-hauteur-chute.html)
- [http : //pageperso-orange. fr /physique. Chimie/cours-de-physique/physique-13-pendule-simple. Html](http://pageperso-orange.fr/physique.Chimie/cours-de-physique/physique-13-pendule-simple.Html)
- [http : //fr. eureka. ntic. Org/display-lo. php ? format = HTML lom- id =1900](http://fr.eureka.ntic.Org/display-lo.php?format=HTML&lom-id=1900)
- [http : //www. Webphysique. Fr/portrait – de – phase- d'un –pendule, 79. html](http://www.Webphysique.Fr/portrait-de-phase-d'un-pendule,79.html)
- [http : //montblancsciences. Free. Fr/terms/physique/cours/p15.html](http://montblancsciences.Free.Fr/terms/physique/cours/p15.html)
- [http : //www. Webphysique. Fr/spip. php ? page=forum id_article = 81](http://www.Webphysique.Fr/spip.php?page=forum&id_article=81)
- [http : //fr. Wikiversity. Org/wiki/%C3%89volutiontemporelle-des syst %C3% A8mes-m%C3% A9caniques](http://fr.Wikiversity.Org/wiki/%C3%89volutiontemporelle-des-syst%C3%A8mes-m%C3%A9caniques)

RESSOURCE NUMERIQUE POUR L'ETUDE DES OSCILLATIONS MECANIQUES : CAS D'UN PENDULE SIMPLE

Résumé :

Ce mémoire intitulé « Ressource numérique pour l'étude des oscillations mécaniques : cas d'un pendule simple » développe un logiciel didactique qui sert de support de cours et de travaux pratiques sur les oscillations d'un pendule simple non amorti et amorti qui figurent dans le programme des classes terminales scientifiques.

Il comporte deux parties :

- La première partie présente un repère théorique sur le thème d'étude.
- La deuxième partie propose quatre modules d'apprentissage :
 - Le premier module concerne l'analyse des paramètres qui influent sur la période d'un pendule simple non amorti.
 - Le deuxième module se concentre sur la conservation de l'énergie mécanique d'un pendule simple non amorti.
 - Le troisième module étudie l'influence du coefficient d'amortissement sur la période d'un pendule simple amorti.
 - Le dernier module traite l'évolution, en fonction du temps, de l'élongation angulaire d'un pendule amorti.

Mots clés :

Oscillation mécanique, pendule simple, énergie mécanique, période, logiciel, TP virtuel, pendule amorti, mouvement, simulation, didacticiel, science physiques.

Nombre de pages : 83

Nombre de figure : 17

Directeur de mémoire : Henri RASOLONDRAMANITRA

Maitre de conférences

Auteur : Annick TAHINJANAHARY