Systèmes mécaniques oscillants

Chapitre 16

allal Mahdade

Groupe scolaire La Sagesse Lycée qualifiante

9 avril 2017

Sommaire

Sommaire

Sommaire

Sommaire

Sommaire

Sommaire

Introduction

Ces photos montrent des différents oscillateurs mécaniques. À quoi est dû le mouvement d'un oscillateur mécanique ? Quelle est la nature de ce mouvement ? L'amortissement a-t-il influence sur ce mouvement ? Dans quelles conditions un oscillateur de vient résonateur ?

I. Présentation des systèmes oscillants

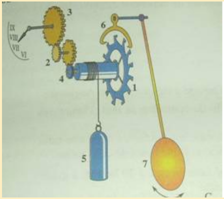
1. Définition :

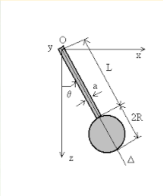
Un système mécanique oscillant est un système animé d'un mouvement de va - et - vient autour d'une position d'équilibre . Un tel mouvement est dit **périodique** .

I. Présentation des systèmes oscillants

2. Exemples :

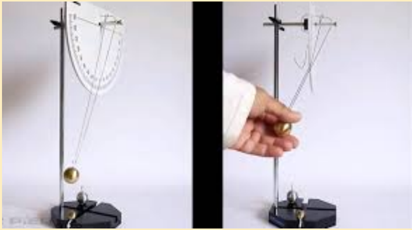
☞ **Pendule pesant** : Il est constitué d'un solide pouvant osciller autour d'un axe fixe (Δ) sous l'action de son poids .
Le balancier d'une horloge .





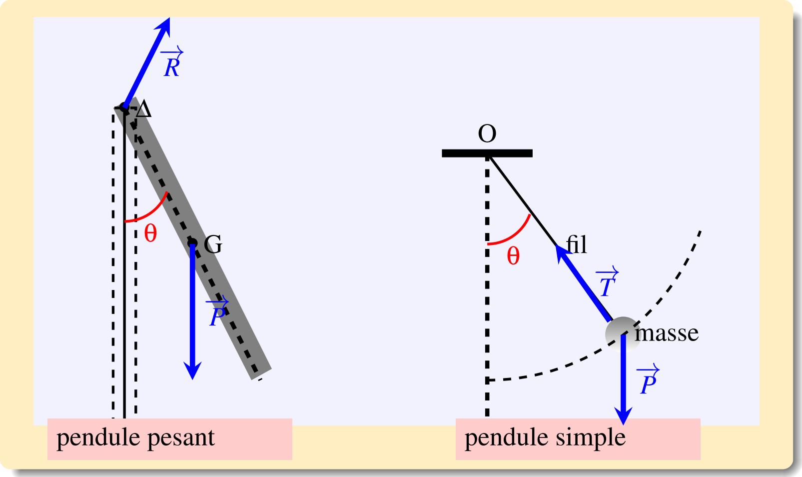
☞ **Le pendule simple** : Le modèle de pendule simple correspond à un point ponctuel de masse m oscillant à une distance constante d'un axe horizontal fixé .

Pratiquement on réalise un pendule simple en accrochant un solide "ponctuel" à l'extrémité d'un fil inextensible et de masse négligeable .



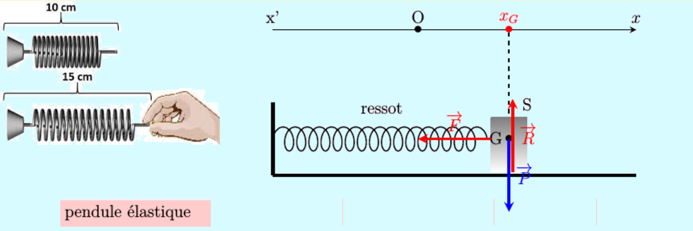
Le pendule simple constitue un cas particulier du pendule pesant.

I. Présentation des systèmes oscillants



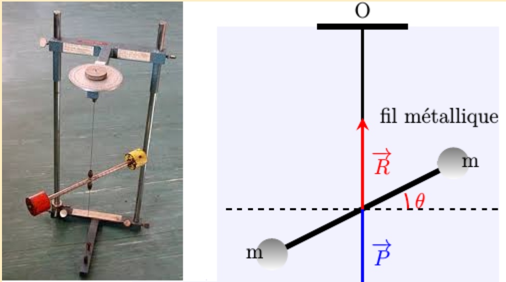
I. Présentation des systèmes oscillants

☞ **Le pendule élastique** : Un système (ressort-solide) est constitué d'un ressort dont une des extrémité est fixe. L'autre étant reliée à un solide . Les spires du ressort ne sont pas jointives et sa masse est toujours négligeable devant la masse du solide . Ce dispositif constitue **un pendule élastique** .



I. Présentation des systèmes oscillants

☞ **Le pendule de torsion** : est un système formé d'un fil métallique dont l'une de ces extrémités est fixée à un support et d'une tige homogène accrochée en son centre d'inertie , à l'autre extrémité du fil .



pendule de torsion

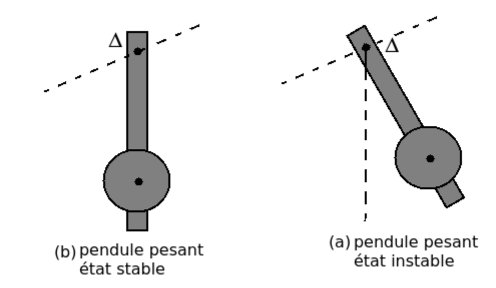
3. Les caractéristiques d'un mouvement oscillatoire

Un mouvement oscillatoire est un mouvement de va-et-vient autour d'une position déterminer . C'est un mouvement qui caractérise un oscillateur mécanique .

I. Présentation des systèmes oscillants

a. État d'équilibre stable et équilibre instable :

Dans le cas (a), le pendule pesant est dans **un état d'équilibre instable** ;
Dans le cas (b), le pendule pesant est dans **un état d'équilibre stable** ;



I. Présentation des systèmes oscillants

* Il existe trois sortes des mouvements oscillatoires :

- ☞ **mouvement oscillatoire libre** : c'est un mouvement effectué par un oscillateur mécanique sans aucun apport d'énergie du milieu extérieur .
  Les oscillations libre d'un système ne peuvent se produire qu'autour **de la position d'équilibre stable**.
- Le mouvement oscillatoire libre est dit **amortie**, lorsqu'il revient progressivement à sa position d'équilibre .
- ☞ **mouvement oscillatoire entretenu** : c'est lorsqu'un système extérieur fournit l'énergie nécessaire pour éviter les amortissements Par exemple le cas d'une lame vibrante dont le mouvement est entretenu par un électroaimant.

I. Présentation des systèmes oscillants

* Il existe trois sortes des mouvements oscillatoires :

- ☞ **mouvement oscillatoire libre** : c'est un mouvement effectué par un oscillateur mécanique sans aucun apport d'énergie du milieu extérieur .
  Les oscillations libre d'un système ne peuvent se produire qu'autour **de la position d'équilibre stable**.
- Le mouvement oscillatoire libre est dit **amortie**, lorsqu'il revient progressivement à sa position d'équilibre .
- ☞ **mouvement oscillatoire entretenu** : c'est lorsqu'un système extérieur fournit l'énergie nécessaire pour éviter les amortissements Par exemple le cas d'une lame vibrante dont le mouvement est entretenu par un électroaimant.

I. Présentation des systèmes oscillants

* Il existe trois sortes des mouvements oscillatoires :

- ☞ **mouvement oscillatoire libre** : c'est un mouvement effectué par un oscillateur mécanique sans aucun apport d'énergie du milieu extérieur .
  Les oscillations libre d'un système ne peuvent se produire qu'autour **de la position d'équilibre stable**.
- Le mouvement oscillatoire libre est dit **amortie**, lorsqu'il revient progressivement à sa position d'équilibre .
- ☞ **mouvement oscillatoire entretenu** : c'est lorsqu'un système extérieur fournit l'énergie nécessaire pour éviter les amortissements Par exemple le cas d'une lame vibrante dont le mouvement est entretenu par un électroaimant.

I. Présentation des systèmes oscillants

* Il existe trois sortes des mouvements oscillatoires :

- ☞ **mouvement oscillatoire libre** : c'est un mouvement effectué par un oscillateur mécanique sans aucun apport d'énergie du milieu extérieur .
  Les oscillations libre d'un système ne peuvent se produire qu'autour **de la position d'équilibre stable**.
- Le mouvement oscillatoire libre est dit **amortie**, lorsqu'il revient progressivement à sa position d'équilibre .
- ☞ **mouvement oscillatoire entretenu** : c'est lorsqu'un système extérieur fournit l'énergie nécessaire pour éviter les amortissements Par exemple le cas d'une lame vibrante dont le mouvement est entretenu par un électroaimant.

I. Présentation des systèmes oscillants

☞ **mouvement oscillatoire forcé** , c'est quand un système extérieur appelé **excitateur** impose la période des oscillations à l'oscillateur appelé **résonateur** .

b. L'amplitude :

L'amplitude du mouvement d'un oscillateur libre et non amorti est la valeur maximale positive qui prend la grandeur physique associée à l'oscillateur .

- Dans le cas du pendule pesant , simple ou de torsion , la grandeur physique associée permettant de décrire le mouvement de ces oscillations est l'abscisse angulaire θ.
  Dans le cas du pendule élastique , cette grandeur est l'abscisse cartésienne x (translation rectiligne)

I. Présentation des systèmes oscillants

b. L'amplitude :

L'amplitude du mouvement d'un oscillateur libre et non amorti est la valeur maximale positive qui prend la grandeur physique associée à l'oscillateur .

-
- Dans le cas du pendule pesant , simple ou de torsion , la grandeur physique associée permettant de décrire le mouvement de ces oscillations est l'abscisse angulaire θ.
  Dans le cas du pendule élastique , cette grandeur est l'abscisse cartésienne x (translation rectiligne)

I. Présentation des systèmes oscillants

b. L'amplitude :

L'amplitude du mouvement d'un oscillateur libre et non amorti est la valeur maximale positive qui prend la grandeur physique associée à l'oscillateur .

-
- Dans le cas du pendule pesant , simple ou de torsion , la grandeur physique associée permettant de décrire le mouvement de ces oscillations est l'abscisse angulaire θ.
  Dans le cas du pendule élastique , cette grandeur est l'abscisse cartésienne x (translation rectiligne)

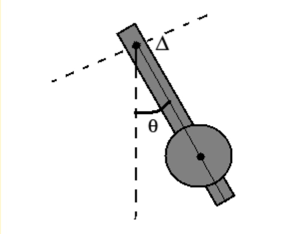
I. Présentation des systèmes oscillants

Exemple 1 : pendule pesant

L'écart à l'équilibre est l'angle formé par la position à l'équilibre du pendule et sa position à une date t.

L'abscisse angulaire est l'angle orienté (sens direct est le sens trigonométrique) $\theta(t) = \widehat{\left(\overrightarrow{OG_{eq}}, \overrightarrow{OG}\right)}$ défini par la position d"équilibre du pendule et sa position à la date t .

L' abscisse angulaire θ varie périodiquement entre une valeur minimale $-\theta_m$ et une valeur maximale $+\theta_m$; avec θ_m est l'amplitude des oscillations libres et non amorties du pendule pesant.



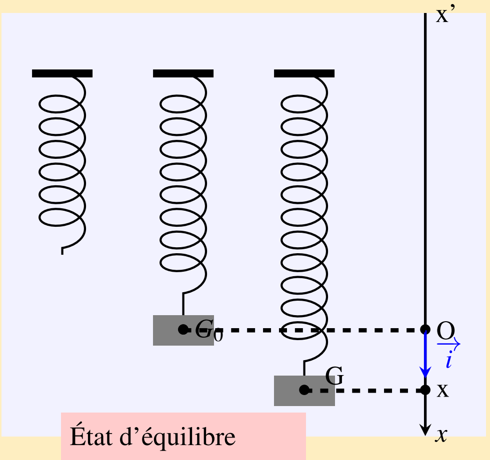
Exemple 2 : pendule élastique

Lorsqu'on écarte le système (solide + ressort) de sa position d'équilibre stable , puis abandonné sans vitesse initiale. Le solide oscille autour de sa position d'équilibre avec un mouvement de translation rectiligne .

La position du centre d'inertie G du solide est repérée par sur un repère orthonormé $\mathscr{R}(O, \overrightarrow{i}$ vertical orienté vers le bas par l'abscisse x(t) tel que $\overrightarrow{G_0G} = x(t).\overrightarrow{i}$ où G_0 est la position de G à l'équilibre .

Au cours des oscillations libres et non amorties , x(t) prend des valeurs positives dont x_m est la valeur maximale , et des valeurs négatives dont la valeur minimale est $-x_m$, x_m est l'amplitude des oscillations du pendule élastique .

I. Présentation des systèmes oscillants



c. La période propre

définition

La période propre d'un oscillateur libre et non amorti est la durée qui sépare deux passages consécutifs de l'oscillateur par sa position d'équilibre stable dans le même sens . Son unité dans le système international des unités est la seconde noté (s) .

exercice d'application : la mesure de la durée de 10 oscillations est 14s , calculer la période propre de cet oscillateur .

- La réponse : une oscillation est la période de l'oscillateur , donc $10.T = 14$

$$T = 1,4s$$

c. La période propre

définition

La période propre d'un oscillateur libre et non amorti est la durée qui sépare deux passages consécutifs de l'oscillateur par sa position d'équilibre stable dans le même sens . Son unité dans le système international des unités est la seconde noté (s) .

exercice d'application : la mesure de la durée de 10 oscillations est 14s , calculer la période propre de cet oscillateur .

- La réponse : une oscillation est la période de l'oscillateur , donc $10.T = 14$

$$T = 1,4s$$

I. Présentation des systèmes oscillants

4. Amortissement des oscillations

a. Phénomène d'amortissement

Expérience :

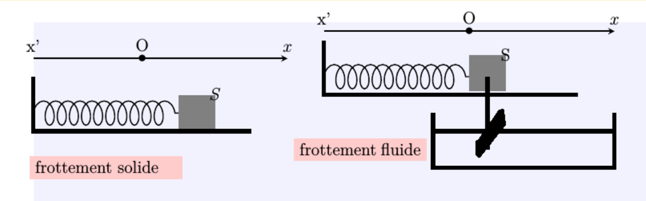
Lorsqu'on écarte un oscillateur mécanique de sa position d'équilibre stable et on l'abandonne sans vitesse initiale , il effectue des oscillation libre , leur amplitude diminue progressivement et l'oscillateur finit par s'arrêter à sa position d'équilibre . On dit que les oscillations s'amortissent progressivement , l'oscillateur est amorti . Ce phénomène d'amortissement est dû à une dissipation d'énergie par frottement .

Il existe deux types de frottements :

☞ Frottement solide qui a lieu entre l'oscillateur et un solide (l'amplitude diminue linéairement avec le temps)

☞ Frottement fluide ;qui se produit entre l'oscillateur est un corps fluide (liquide ou gaz) (l'amplitude diminue exponentiellement avec le temps)

I. Présentation des systèmes oscillants



I. Présentation des systèmes oscillants

b. Régimes d'amortissement

Expérience

On réalise le montage de la figure 1 où le solide est en équilibre stable . Lorsqu'on écarte le système (solide + ressort) de sa position d'équilibre stable , puis abandonné sans vitesse initiale. Le solide oscille autour de sa position d'équilibre avec un mouvement de translation rectiligne vertical .

En absence des frottement ($\lambda = 0$) on obtient la courbe de la figure 2

On réalise le même expérience mais avec des faibles frottement (λ faible) , on obtient la courbe de la figure 3 et 4, dans le cas des frottements important , on obtient la courbe de la figure 5 .

I. Présentation des systèmes oscillants

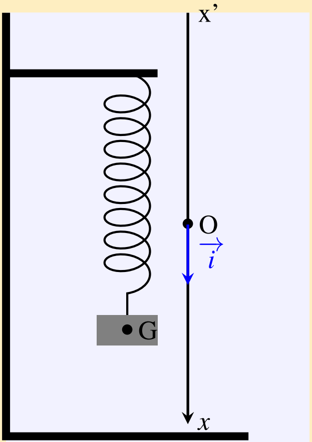
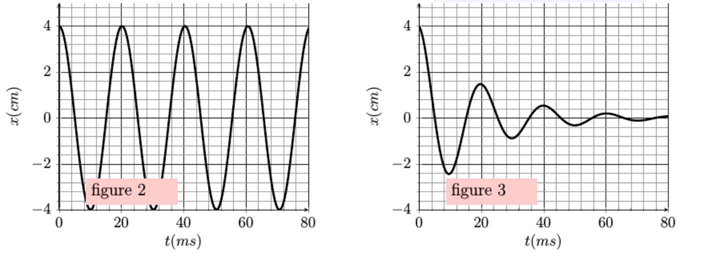
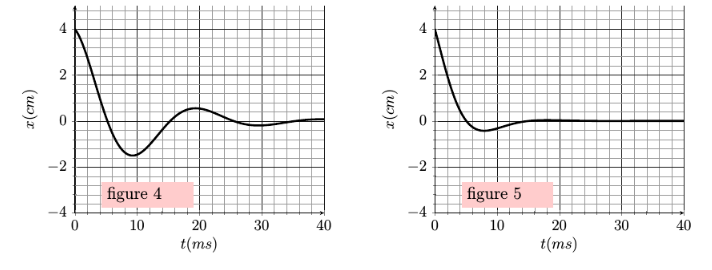


figure 1

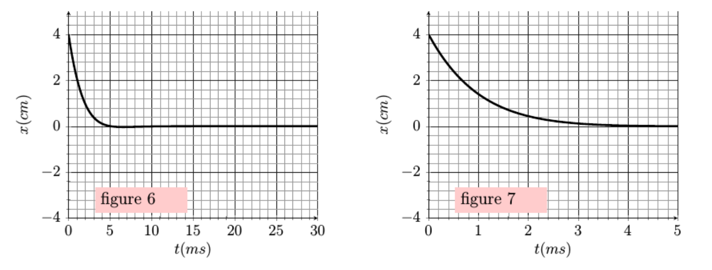
I. Présentation des systèmes oscillants



I. Présentation des systèmes oscillants



I. Présentation des systèmes oscillants



I. Présentation des systèmes oscillants

Exploitation :

- *1. Quelle est la nature des oscillations lorsqu'on néglige les frottements .*
  Des oscillations libres , sinusoïdale périodiques .
- *2. Déterminer le type et le régime d'amortissement dans chaque cas .*
  Le cas (2) , absence de frottement , **oscillateur non amorti** ; **régime sinusoïdal périodique**
  Le cas (3) et (4) , faible frottement , amortissement faible , régime pseudopériodique .
  Le cas (5) , amortissement fort , régime apériodique .
- *3. Proposer une méthode pratique pour mettre en évidence le régime apériodique .*
  On peut mettre le solide en mouvement dans un liquide visqueux comme l'huile et on obtient une courbe semblable à la courbe (5) .

I. Présentation des systèmes oscillants

Exploitation :

- *1. Quelle est la nature des oscillations lorsqu'on néglige les frottements .*
  Des oscillations libres , sinusoïdale périodiques .
- *2. Déterminer le type et le régime d'amortissement dans chaque cas .*
  Le cas (2) , absence de frottement , **oscillateur non amorti** ; **régime sinusoïdal périodique**
  Le cas (3) et (4) , faible frottement , amortissement faible , régime pseudopériodique .
  Le cas (5) , amortissement fort , régime apériodique .
- *3. Proposer une méthode pratique pour mettre en évidence le régime apériodique .*
  On peut mettre le solide en mouvement dans un liquide visqueux comme l'huile et on obtient une courbe semblable à la courbe (5) .

I. Présentation des systèmes oscillants

Exploitation :

- *1. Quelle est la nature des oscillations lorsqu'on néglige les frottements .*
  Des oscillations libres , sinusoïdale périodiques .
- *2. Déterminer le type et le régime d'amortissement dans chaque cas .*
  Le cas (2) , absence de frottement , **oscillateur non amorti** ; **régime sinusoïdal périodique**
  Le cas (3) et (4) , faible frottement , amortissement faible , régime pseudopériodique .
  Le cas (5) , amortissement fort , régime apériodique .
- *3. Proposer une méthode pratique pour mettre en évidence le régime apériodique .*
  On peut mettre le solide en mouvement dans un liquide visqueux comme l'huile et on obtient une courbe semblable à la courbe (5) .

I. Présentation des systèmes oscillants

Exploitation :

- *1. Quelle est la nature des oscillations lorsqu'on néglige les frottements .*
  Des oscillations libres , sinusoïdale périodiques .
- *2. Déterminer le type et le régime d'amortissement dans chaque cas .*
  Le cas (2) , absence de frottement , **oscillateur non amorti** ; **régime sinusoïdal périodique**
  Le cas (3) et (4) , faible frottement , amortissement faible , régime pseudopériodique .
  Le cas (5) , amortissement fort , régime apériodique .
- *3. Proposer une méthode pratique pour mettre en évidence le régime apériodique .*
  On peut mettre le solide en mouvement dans un liquide visqueux comme l'huile et on obtient une courbe semblable à la courbe (5) .

I. Présentation des systèmes oscillants

Conclusion :

Cas d'amortissement faible : régime pseudopériodique , l'amplitude diminue progressivement au cours du temps . La durée d'une oscillation reste environ constante . Lexpérience montre que la pseudo-période T est très voisine de la période propre T_0 de l'oscillateur .

I. Présentation des systèmes oscillants

On appelle pseudo-période (T) des oscillations faiblement amorties la durée d'une oscillation mesurée entre deux passages consécutifs de l'oscillateur par sa position d'équilibre stable dans le même sens .

Cas d'amortissement fort : régime apériodique

Dans ce cas le mouvement du pendule n'est plus oscillatoire ; il est apériodique . selon l'importance d'amortissement . On distingue trois cas :

☞ **Régime sous - critique** : l'oscillateur effectue une seule oscillation avant qu'il s'arrête. (figure 5)

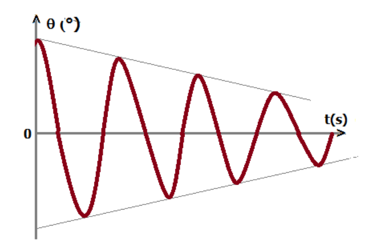
☞ **Régime critique** : l'oscillateur revient à sa position d'équilibre stable sans osciller (figure 6)

☞ **régime sur-critique** : L'oscillateur met une durée suffisamment longue pour revenir à sa position d'équilibre stable sans osciller (figure 7)

I. Présentation des systèmes oscillants

c. Amortissement par frottement solide

Dans le cas d'un pendule pesant par exemple les frottement solide ont lieu au niveau de l'axe de rotation , les oscillations sont pseudopériodiques, leur amplitude diminue linéairement et la pseudo-péride est très voisine de la période propre T_0 de l'oscillateur libre non amorti .



II. Étude théorique des oscillations libres d'un système (solide-ressort)

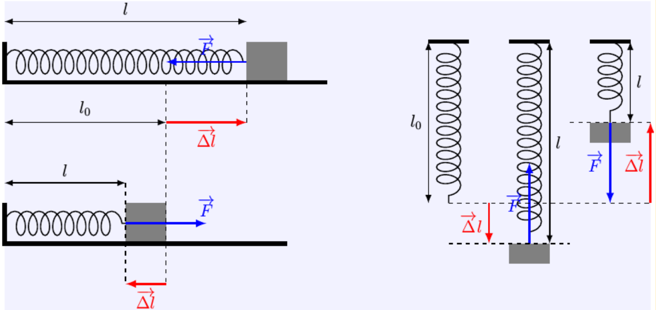
1. Force de rappel exercée par le ressort

On accroche un solide de masse m à l'un des extrémités d'un ressort à spires non jointives de masse négligeable et de raideur K . L'autre extrémité du ressort est fixé à un support fixe .

On écarte le solide de sa position d'équilibre , et on le relâche sans vitesse initiale .

Pour faire l'étude du centre d'inertie G du solide (S) , on choisit un repère Galiléen $(O, \overrightarrow{i})$ son origine O coïncide avec G_0 qu'est la position de G à l'équilibre . On repère la position du centre d'inertie G , à chaque instant t par l'abscisse cartésienne x(t) .

II. Étude théorique des oscillations libres d'un système (solide-ressort)



Pendule élastique horizontal

Pendule élastique vertical

II. Étude théorique des oscillations libres d'un système (solide-ressort)

2. Bilan des forces qui agissent sur le solide (S) :

* $\overrightarrow{P}$ le poids du solide
* $\overrightarrow{R}$ la force exercée par le support sur le solide
* $\overrightarrow{F}$ la tension du ressort exercée par le ressort sur le solide , c'est **un force de rappel**.

b. les caractéristique de la force de rappel $\overrightarrow{F}$; * Point d'application : le point de contact du solide et du ressort ;
* droite d'action ou direction : axe du ressort ;
* sens sens opposé au sens d'allongement du ressort (Δl) ;
* intensité : $F = K.\Delta l$

Un ressort à ces propriétés est dit **" ressort à réponse linéaire "** .

Quelques soient la direction et le sens du déplacement de l'extrémité libre d'un ressort à réponse linéaire , la force de rappel $\overrightarrow{F}$ exercée par le ressort sur le système en contact avec son extrémité libre est :

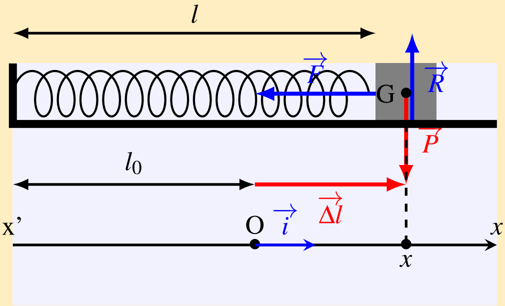
$$\boxed{\overrightarrow{F} = -K.\overrightarrow{\Delta l}}$$

$\overrightarrow{\Delta l}$ représente le vecteur de déplacement de l'extrémité libre .

On applique la deuxième loi de Newton sur le solide :

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m.\vec{a}$$

On projette la relation vectorielle sur l'axe Ox , nous avons :



$$0+0-F=m.\ddot{x}$$

$$-K.x=m.\ddot{x}$$

$$m.\ddot{x}+K.x=0$$

$$\ddot{x}+\frac{K}{m}.x=0$$

L'équation différentielle du mouvement d'un solide , en l'absence de frottement , est :

$$\boxed{\ddot{x}+\frac{K}{m}.x=0}$$

3. Les solutions de l'équation différentielle

La solution de cette équation différentielle est fonction sinusoïdale périodique de la forme :

$$x(t) = x_m cos\left(\frac{2\pi}{T_0}.t + \varphi_0\right)$$

a. Expression de la période propre T_0 :

On dérive deux fois par rapport au temps t :

$$\dot{x} = -x_m \frac{2\pi}{T_0}.sin\left(\frac{2\pi}{T_0}.t + \varphi_0\right)$$

$$\ddot{x} = -x_m \frac{4\pi^2}{T_0^2}.cos\left(\frac{2\pi}{T_0}.t + \varphi_0\right) = -\frac{4\pi^2}{T_0^2}.x$$

$$\ddot{x} + \frac{4\pi^2}{T_0^2}.x = 0$$

On compare cette expression avec l'équation différentielle , on déduit que pour que $x(t) = x_m cos\left(\frac{2\pi}{T_0}.t + \varphi_0\right)$ soit une solution de l'équation différentielle , il suffit que

$$\frac{4\pi^2}{T_0^2} = \frac{K}{m}$$

$$\boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}}$$

b. Détermination des constante x_m et φ_0 .

x_m est amplitude du mouvement $(x_m > 0)$, $\left(\frac{2\pi}{T_0}.t + \varphi_0\right)$ est la phase du mouvement et φ_0 est la phase à l'origine des dates (t=0) .
Les valeurs des deux constantes ne dépendent des conditions initiales . (position et vitesse initiale) .
Nous avons :$x(t) = x_m cos\left(\frac{2\pi}{T_0}.t + \varphi_0\right)$ et $\dot{x} = -x_m\frac{2\pi}{T_0}.sin\left(\frac{2\pi}{T_0}.t + \varphi_0\right)$.

À la date t=0 , nous avons : $x(0) = x_m cos\left(\varphi_0\right)$ et $\dot{x}_0 = -x_m \frac{2\pi}{T_0}.sin\left(\varphi_0\right)$.
On prend à t=0 , nous avons $x_0 = 0$ donc $sin\varphi_0 = 0$, on aura deux solutions possibles : $\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$ ou $\varphi_0 = -\frac{\pi}{2}$.
On doit chercher le signe de la valeur du vitesse initiale v_0.

Exercice d'application :

Un oscillateur (m,K) est constitué d'un ressort de raideur $K = 26N/m$ auquel est accroché un solide de masse $m = 520g$. les frottements sont négligeables.

À l'instant t=0 : x=0 et $\dot{x}_0 = v_0 = 20cm/s$

1. Exprimer et calculer la période propre T_0 ;
2. le mouvement est de la forme $x(t) = x_m cos\left(\frac{2\pi}{T_0} + \varphi_0\right)$. Déterminer x_m et φ_0

4. Étude expérimentale : vérification de la relation $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$

On suspend un ressort à spire non jointive , de raideur K et de longueur à vide l_0. On accroche à l'extrémité libre du ressort une masse marqué m . son extrémité s'allonge de Δl_0 et la longueur du ressort devient l.
Lorsque le système (masse-ressort) est en équilibre , on déplace la masse marquée verticalement vers le bas de la distance x_m et on l'abandonne sans vitesse initiale . À l'aide d'un chronomètre on mesure la durée de 10 oscillations successives.
On réalise l'expérience trois fois tout en changeant la valeur de x_m.

$x_m(cm)$	2	3	3.5	4
$\Delta t(s)$	6,28	6,28	6,28	6,28
T(s)	0,628	0,62	0,628	0,628

On refait la manipulation trois fois en changeant les masses marquées et en gardant le même ressort $K = 100N/m$.

$m(kg)$	0,25	0,50	0,75	1,00
$\Delta t(s)$	3,14	4,43	5,4	6,28
T(s)	0,314	0,443	0,54	0,628
$T^2(s)$	0,098	0,196	0,292	0,394

On répète l'expérience en utilisant des différents ressorts tout en conservant la même masse marquée $m = 1kg$.

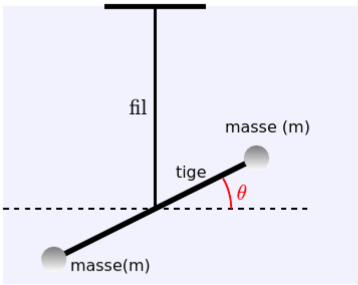
$K(N/m)$	25	50	75	100
$\Delta t(s)$	12,56	8,88	7,25	6,28
T(s)	1,256	0,88	0,725	0,628
$T^2(s)$	1,577	0,774	0,525	0,394

Exploitation :
1. Pourquoi on ne mesure pas directement une seule oscillation ? La période dépend-t-elle de l'amplitude ?
2. Quel est l'influence de la masse des masses marquées et de la constante de raideur du ressort sur la période propre ? 3. Ce résultat est-il en accord avec la relation de la période déduite théoriquement ?

III. Étude des oscillations d'un pendule de torsion

1. Couple de rappel exercé par le fil de torsion

Lorsqu'on applique un couple de forces à la tige d'un pendule de torsion , le fil se tord , et si le couple de forces cesse d'agir , la tige regagne sa position initiale d'équilibre sous l'action des forces de rappel exercées par les génératrices du fil sur la tige. la somme vectorielle de ces forces de rappel constitue le couple de torsion .



III. Étude des oscillations d'un pendule de torsion

Le moment du couple de torsion qu'exerce un fil tordu est indépendant de l'axe de rotation , il a pour expression :

$$\boxed{\mathscr{M} = -C.\theta}$$

C : la constante de torsion du fil (N.m/rad)
θ : angle de torsion (rad)
$\mathscr{M}$: moment du couple de torsion (N.m)

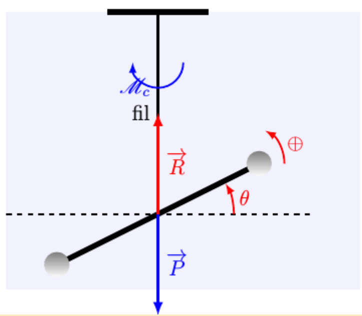
Remarques :

* Le signe négatif signifie que le couple de torsion est un couple de rappel ;
* La constante de torsion du fil dépend de la longueur du fil , de la section et de sa nature.

III. Étude des oscillations d'un pendule de torsion

2. Équation différentielle du mouvement et sa résolution

On considère un pendule de torsion en équilibre stable . On l'écarte de sa position d'équilibre d'un angle θ_m , puis on l'abandonne sans vitesse initiale . Le système (fil métallique + tige) effectue des oscillations libres autour de sa position d'équilibre . Les frottements sont négligeables . Soit J_Δ le moment d'inertie de la tige par rapport à l'axe de rotation Δ matérialisé par le fil métallique . C est la constante du fil métallique.



III. Étude des oscillations d'un pendule de torsion

On étudie le mouvement du système dans un référentielle terrestre supposé Galiléen . On repère les position de la tige à chaque instant par l'abscisse angulaire $\theta(t)$ mesuré à partir de la direction de la tige à l'équilibre . (Direction de référence)

La tige est soumise à des forces suivantes :

* le poids $\overrightarrow{P}$

* la force $\overrightarrow{R}$ exercée par le fil

* du couple de torsion de moment $\mathscr{M}_c = -C.\theta$

On applique la relation fondamentale de la dynamique de rotation au système :

$$\Sigma\overrightarrow{F_{ext}} = J_\Delta.\ddot{\theta}$$

$$\mathscr{M}_\Delta(\overrightarrow{P}) + \mathscr{M}_\Delta(\overrightarrow{R}) + \mathscr{M}_c = J_\Delta.\ddot{\theta}$$

Les droites d'actions de $\overrightarrow{P}$ et $\overrightarrow{R}$ sont confondues avec l'axe Δ ; donc $\mathscr{M}_\Delta(\overrightarrow{P}) = 0$ et $\mathscr{M}_\Delta(\overrightarrow{R}) = 0$

$$-C.\theta = J_\Delta.\ddot{\theta}$$

$$\boxed{\ddot{\theta} + \frac{C}{J_\Delta}.\theta = 0}$$

C'est l'équation différentielle du mouvement du pendule .

En absence des frottements , labscisse angulaire de la tige d'un pendule de torsion libre , vérifie l'équation différentielle suivante :

$$\boxed{\ddot{\theta} + \frac{C}{J_\Delta}.\theta = 0}$$

C est la constante de torsion du fil ;
J_Δ est le moment d'inertie de la tige par rapport à l'axe Δ

III. Étude des oscillations d'un pendule de torsion

La solution de cette équation différentielle est de la forme :

$$\boxed{\theta(t) = \theta_m cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi_0\right)}$$

θ_m est l'amplitude des oscillations (rad) , φ_0 est la phase à l'origine des dates (rad) et T_0 la période propre du pendule de torsion .

III. Étude des oscillations d'un pendule de torsion

3. La période propre

La période propre d'un pendule de torsion libre a pour expression :

$$\boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J_\Delta}{C}}}$$

T_0 la période propre du pendule (s)
J_Δ Moment d'inertie de la tige par rapport à l'axe (Δ) en $(kg.m^2)$
C constante de torsion $(N.m/rad)$.
La fréquence propre du pendule de torsion :

$$f_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{C}{J_\Delta}}$$

f_0 en Hz

Exercice d'application :

Un pendule de torsion est constitué d'un disque solide fixé en son centre à un fil métallique . l'autre extrémité du fil est fixée à un support . Le moment d'inertie du disque par rapport à son axe (Δ) qui coïncide avec le fil est $J_\Delta = 5 \times 10^{-3} kg.m^2$.

On fait tourner le disque autour de son axe (Δ) et on l'abandonne sans vitesse initiale à la date $t_0 = 0$.

L'équation horaire du mouvement du disque est

$$\theta(t) = \frac{5\pi}{100} cos\,(2,38.t)$$

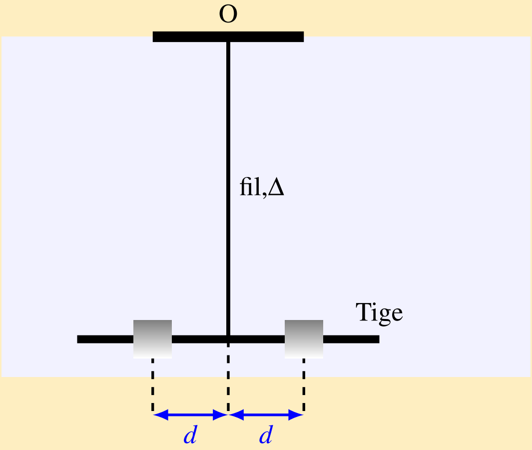
1. déterminer l'amplitude et la fréquence du mouvement du disque
2. Calculer la constante de torsion C

III. Étude des oscillations d'un pendule de torsion

4. Étude expérimentale ; Influence du J_Δ et de C sur la période propre.

On réalise le dispositif ci-contre qui est constitué par deux fils métalliques de constante de torsion différente C_1 et C_2 tel que la constante équivalente est $C = C_1 + C_2$ et on sait que la constante de torsion inversement proportionnelle à la longueur du fil . Un tige métallique homogène où on fixe deux masselottes identiques à la même distance de l'axe Δ matérialisé par le fil métallique .

III. Étude des oscillations d’un pendule de torsion



Le moment d'inertie de l'ensemble (Tige + masselottes) est $J_\Delta = J_{0\Delta} + 2md^2$ où $J_{0\Delta}$ est le moment d'inertie de la tige, m la masse de chaque masselotte et d la distance qui sépare l'axe Δ de l'une des masselottes.
On écarte la tige de sa position d'équilibre d'un angle θ_m et on l'abandonne sans vitesse initiale.
On constate que la tige effectue un mouvement oscillatoire autour de sa position d'équilibre dans un plan horizontal orthogonal à l'axe Δ. À l'aide d'un chronomètre on peut mesurer la durée de 10 oscillations effectuent par la tige .

1. Influence de l’amplitude des oscillations :

En faisant varier l’amplitude du mouvement , on mesure la durée de 10 oscillations et on calcule la période propre du mouvement on peut vérifier facilement que l’amplitude du mouvement n’a pas d’influence sur la période propre des oscillations d’un pendule de torsion .

Ce cas n’est valable que pour des angles θ_m très petits . ce qu’on appelle la loi de synchronisation des petits oscillations .

III. Étude des oscillations d'un pendule de torsion

La période propre d'un pendule de torsion ne dépend pas de l'amplitude θ_m dans le cas où cette dernière soit inférieure à $15°$.

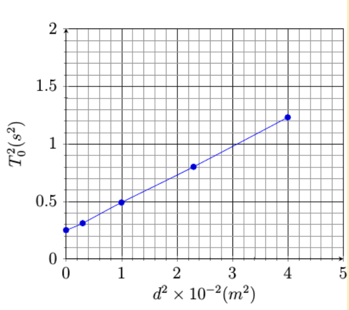
2. Influence du moment d'inertie ;

On fait varier d tout en conservant les mêmes fils métallique et on détermine dans chaque cas , la période T_0 des oscillations du système . On regroupe les résultats dans un tableau de mesure

$d(m)$	0.05	0.10	0.15	0.20
$d^2(m^2)$	0.003	0.010	0.023	0.040
$T_0(s)$	0.555	0,703	0,895	1.110
$T_0^2(s^2)$	0.31	0.49	0.80	1.23

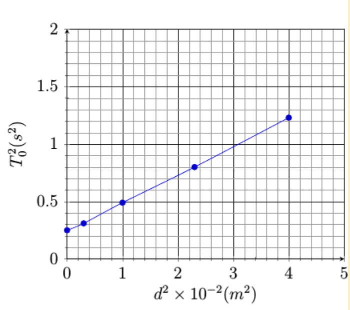
Exploitation :

- 1. Tracer la courbe de variation de $T_0^2 = f(d^2)$;
- La courbe $T_0^2 = f(d^2)$ est une droite affine , on peut l'écrire de la forme $T_0^2 = A.d^2 + B$
- 2. Comment varie le moment d'inertie du système (Tige + masselottes) ?
- Le moment d'inertie du système augmente avec d . car $J_\Delta = J_{0\Delta} + 2md^2$



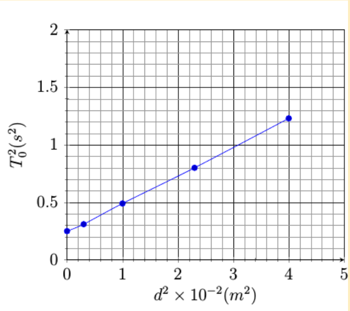
Exploitation :

- 1. Tracer la courbe de variation de $T_0^2 = f(d^2)$;
- La courbe $T_0^2 = f(d^2)$ est une droite affine , on peut l'écrire de la forme $T_0^2 = A.d^2 + B$
- 2. Comment varie le moment d'inertie du système (Tige + masselottes) ?
- Le moment d'inertie du système augmente avec d . car $J_\Delta = J_{0\Delta} + 2md^2$



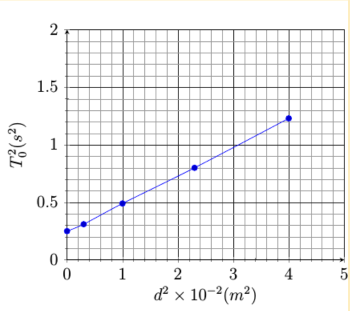
Exploitation :

- 1. Tracer la courbe de variation de $T_0^2 = f(d^2)$;
- La courbe $T_0^2 = f(d^2)$ est une droite affine , on peut l’écrire de la forme $T_0^2 = A.d^2 + B$
- 2. Comment varie le moment d’inertie du système (Tige + masselottes) ?
- Le moment d’inertie du système augmente avec d . car $J_\Delta = J_{0\Delta} + 2md^2$



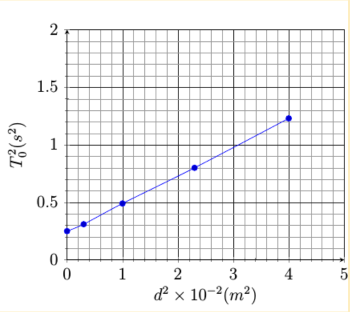
Exploitation :

- 1. Tracer la courbe de variation de $T_0^2 = f(d^2)$;
- La courbe $T_0^2 = f(d^2)$ est une droite affine , on peut l'écrire de la forme $T_0^2 = A.d^2 + B$
- 2. Comment varie le moment d'inertie du système (Tige + masselottes) ?
- Le moment d'inertie du système augmente avec d . car $J_\Delta = J_{0\Delta} + 2md^2$



Exploitation :

- 1. Tracer la courbe de variation de $T_0^2 = f(d^2)$;
- La courbe $T_0^2 = f(d^2)$ est une droite affine , on peut l'écrire de la forme $T_0^2 = A.d^2 + B$
- 2. Comment varie le moment d'inertie du système (Tige + masselottes) ?
- Le moment d'inertie du système augmente avec d . car $J_\Delta = J_{0\Delta} + 2md^2$



- 3. Exprimer T_0^2 en fonction de d^2
- On sait que la période propre du pendule de torsion est :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J_\Delta}{C}} = 2\pi\sqrt{\frac{J_{0\Delta} = 2md^2}{C}}$$

$$T_0^2 = \frac{4\pi^2 . J_\Delta}{C} + \frac{8\pi^2 m}{C} . d^2$$

4. Comment varie T_0 lorsque J_Δ augmente ? Lorsque d augmente la période T_0 augmente aussi , donc lorsque J_Δ augmente lorsque T_0 augmente .

- 3. Exprimer T_0^2 en fonction de d^2
- On sait que la période propre du pendule de torsion est :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J_\Delta}{C}} = 2\pi\sqrt{\frac{J_{0\Delta} = 2md^2}{C}}$$

$$T_0^2 = \frac{4\pi^2 . J_\Delta}{C} + \frac{8\pi^2 m}{C} . d^2$$

4. Comment varie T_0 lorsque J_Δ augmente ? Lorsque d augmente la période T_0 augmente aussi , donc lorsque J_Δ augmente lorsque T_0 augmente .

- 3. Exprimer T_0^2 en fonction de d^2
- On sait que la période propre du pendule de torsion est :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J_\Delta}{C}} = 2\pi\sqrt{\frac{J_{0\Delta} = 2md^2}{C}}$$

$$T_0^2 = \frac{4\pi^2.J_\Delta}{C} + \frac{8\pi^2 m}{C}.d^2$$

4. Comment varie T_0 lorsque J_Δ augmente ? Lorsque d augmente la période T_0 augmente aussi , donc lorsque J_Δ augmente lorsque T_0 augmente .

3. Influence de la constante de torsion C du fil métallique

On garde le même tige et la même distance et on fait changer les fils métallique (la constante de torsion C) et on mesure la durée de 10 oscillations , et on calcule la période propre pour chaque mesure .

$C(N.m/rad$	0.16	0.20	0.30
$T_0(s)$	0.49	0.44	0.36
$T_0^2.C(s^2)$	0.0384	0.0387	0.0388

III. Étude des oscillations d'un pendule de torsion

- 1. Calculer $T_0^2.C$ pour chaque mesure . Conclure .
- $T_0^2.C$ reste constante au cours de chaque mesure donc le carré de la période est inversement proportionnelle à la constante C .
- 2. Comment varie la période propre T_0 lorsque la constante de torsion C du fil augmente ?
- Lorsque C augmente la période T_0 diminue

III. Étude des oscillations d'un pendule de torsion

- 1. Calculer $T_0^2.C$ pour chaque mesure . Conclure .
- $T_0^2.C$ reste constante au cours de chaque mesure donc le carré de la période est inversement proportionnelle à la constante C .
- 2. Comment varie la période propre T_0 lorsque la constante de torsion C du fil augmente ?
- Lorsque C augmente la période T_0 diminue

III. Étude des oscillations d'un pendule de torsion

- 1. Calculer $T_0^2.C$ pour chaque mesure . Conclure .
- $T_0^2.C$ reste constante au cours de chaque mesure donc le carré de la période est inversement proportionnelle à la constante C .
- 2. Comment varie la période propre T_0 lorsque la constante de torsion C du fil augmente ?
- Lorsque C augmente la période T_0 diminue

- 1. Calculer $T_0^2.C$ pour chaque mesure . Conclure .
- $T_0^2.C$ reste constante au cours de chaque mesure donc le carré de la période est inversement proportionnelle à la constante C .
- 2. Comment varie la période propre T_0 lorsque la constante de torsion C du fil augmente ?
- Lorsque C augmente la période T_0 diminue

III. Étude des oscillations d'un pendule de torsion

- 1. Calculer $T_0^2.C$ pour chaque mesure . Conclure .
- $T_0^2.C$ reste constante au cours de chaque mesure donc le carré de la période est inversement proportionnelle à la constante C .
- 2. Comment varie la période propre T_0 lorsque la constante de torsion C du fil augmente ?
- Lorsque C augmente la période T_0 diminue

IV. Étude d'un pendule pesant

1. Équation différentielle du mouvement et sa solution

On considère un pendule pesant constitué d'un tige munie d'une masselotte . Ce système peut tourner autour d'un axe horizontal (Δ), son moment d'inertie par rapport à (Δ) est $J_\Delta$et sa masse est m . Écarter de sa position d'équilibre d'un angle θ_m, puis libéré sans vitesse initiale , le système (S) effectue un mouvement de va-et-vient autour de sa position d'équilibre . Les frottement sont supposés négligeables et les positions du pendule sont repérées par l'abscisse angulaire θ qui forme la tige avec la verticale passant par la position G_0 du centre d'inertie G du système . On étudie le mouvement du système dans un référentiel terrestre supposé Galiléen .

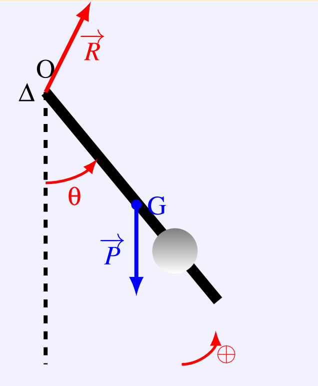
Système étudié : (S)

Bilan des forces extérieur exercées sur (S) :

* $\overrightarrow{P}$ le poids du système (S)

* $\overrightarrow{R}$ force exercée par l'axe (Δ) sur (S) ;

IV. Étude d'un pendule pesant



Position d'équilibre

Application de la relation fondamentale de la dynamique :

$$\mathcal{M}_\Delta(\overrightarrow{P}) + \mathcal{M}_\Delta(\overrightarrow{R}) = J_\Delta.\ddot{\theta}$$

$\mathcal{M}_\Delta(\overrightarrow{R}) = 0$ car la droite d'action de $\overrightarrow{R}$ coupe l'axe (Δ)
On pose $d = 0G$, où G est le centre d'inertie du système (S) . Dans ce cas nous avons :

$$\mathcal{M}_\Delta(\overrightarrow{P}) = -mgdsin\theta$$

$$-mgdsin\theta = J_\Delta.\ddot{\theta}$$

$$\boxed{\ddot{\theta} + \frac{mgd}{J_\Delta} sin\theta = 0}$$

C'est l'équation différentielle du mouvement du pendule pesant , elle est non linéaire .

IV. Étude d'un pendule pesant

Pour des faibles oscillations ($\theta \leqslant 0,26 rad$) on peut écrire avec une bonne approximation $sin\theta \simeq \theta$, d'où l'équation différentielle dans ce cas est :

$$\boxed{\ddot{\theta} + \frac{mgd}{J_\Delta}\theta = 0}$$

C'est une équation différentielle du mouvement du pendule pesant pour des faibles oscillations .

La solution de cette équation différentielle est de la forme :

$$\boxed{\theta(t) = \theta_m cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi_0\right)}$$

θ_m est l'amplitude des oscillations (rad) , φ_0 est la phase à l'origine des dates (rad) et T_0 la période propre du pendule de pesant .

IV. Étude d'un pendule pesant

2. La période propre

La période propre d'un pendule pesant libre et non amorti qui effectue des oscillations de faible amplitude, a pour expression :

$$\boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J_\Delta}{mgd}}}$$

T_0 la période propre du pendule (s)
J_Δ Moment d'inertie du système par rapport à l'axe (Δ) en $(kg.m^2)$
d distance séparant le centre d'inertie G du pendule à l'axe Δ en (m).
g intensité de pesanteur en (m/s^2) La fréquence propre du pendule pesant :

$$f_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{mgd}{J_\Delta}}$$

f_0 en Hz

3. Le pendule simple

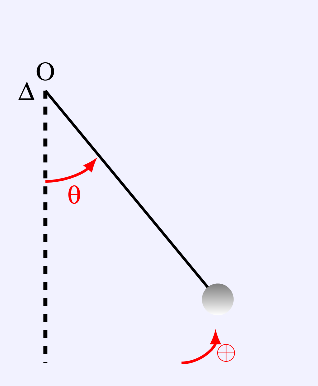
Le pendule simple est un modèle idéal d'un oscillateur mécanique : c'est un cas particulier du pendule pesant où : $d = l$ et $J_\Delta = ml^2$.
L'équation différentielle aura pour expression , dans le cas des oscillations de faibles amplitudes :

$$\boxed{\ddot{\theta} + \frac{g}{l}\theta = 0}$$

La solution de cette équation différentielle est de la forme :

$$\boxed{\theta(t) = \theta_m cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi_0\right)}$$

IV. Étude d'un pendule pesant



Position d'équilibre

IV. Étude d'un pendule pesant

Par conséquent , l'expression de la période propre du pendule simple est :

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

l la longueur du pendule en (m)
g intensité de pesanteur (m/s^2)

Remarque :

La longueur du pendule simple synchrone : pendule simple synchrone si il a la même période qu'un pendule pesant donné. c'est à dire que :

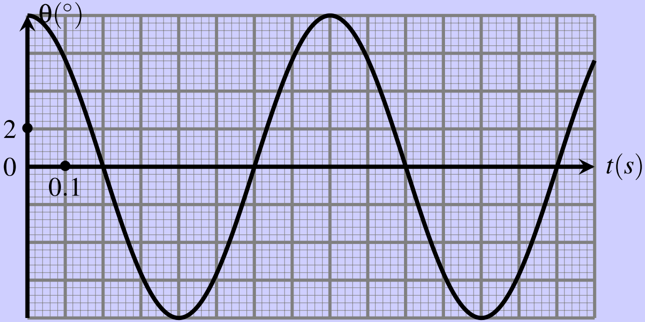
$$2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{mgd}{J_\Delta}}$$

$$\boxed{l = \frac{J_\Delta}{md}}$$

IV. Étude d'un pendule pesant

Exercice d'application 3 :

La courbe ci-dessus représente la variation de l'élongation angulaire d'un pendule simple en fonction du temps :



IV. Étude d'un pendule pesant

1. Les frottements ont-ils une influence sur le mouvement du pendule ?
2. Préciser les conditions initiales du mouvement .
3. Déterminer l'amplitude et la période propre du mouvement
4. Calculer l'intensité de pesanteur g sachant que la longueur du pendule est $l = 0,16m$

V.Oscillation forcée et résonance

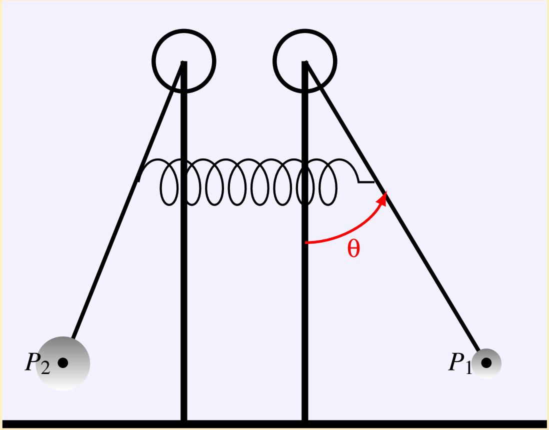
1. Oscillations forcées :

En réalité, les frottements amortissent le mouvement des oscillateurs mécaniques en absence de tout gain d'énergie du milieu extérieur . Cependant , un tel mouvement peut être entretenu en associant l'oscillateur à un élément extérieur qui lui fournit l'énergie nécessaire . **L'élément extérieur appelé excitateur** imposé sa période T_e au système oscillant qui effectue des oscillations forcées de période T_e. Dans certaines conditions , ces oscillations peuvent prendre une amplitude très grande : on dit que le système oscillant entre en résonance . De ce fait , l'**oscillateur mécanique est dit résonateur** .

2. Activité expérimentale

Un pendule simple (P_1) est composé d'un fil inextensible de longueur l_1 au bout duquel est fixée une sphère de masse m_1 .
Un second pendule (P_2) est également composé d'un fil inextensible de longueur l variable au bout duquel est fixée une sphère de masse m_2 plus grande que m_1.
Le pendule (P_1) est relié au pendule (P_2) par intermédiaire d'un ressort . (Voir schéma ci-contre).
Après avoir écarté de sa position d'équilibre , le pendule (P_2) est lâché sans vitesse initiale .
Un dispositif informatique permet dacquérir l'amplitude θ_{max} du pendule (P_1) en fonction de

V.Oscillation forcée et résonance



V.Oscillation forcée et résonance

la fréquence f_2 des oscillations du pendule (P_2).
On effectue plusieurs mesures en modifiant la longueur du pendule (P_2).

$f_2(Hz)$	0.70	0.74	0,79	0.84	0.91	1,00	1.11	1.29
$\theta_{max}(^\circ)$	13	14	16	20	30	20	15	14

- 1. Quel est l'excitateur et le résonateur ?
- *L'excitateur : P_2*
  Le résonateur : P_1

la fréquence f_2 des oscillations du pendule (P_2).
On effectue plusieurs mesures en modifiant la longueur du pendule (P_2).

$f_2(Hz)$	0.70	0.74	0,79	0.84	0.91	1,00	1.11	1.29
$\theta_{max}(°)$	13	14	16	20	30	20	15	14

- 1. Quel est l'excitateur et le résonateur ?
- *L'excitateur :* P_2
  Le résonateur : P_1

la fréquence f_2 des oscillations du pendule (P_2).
On effectue plusieurs mesures en modifiant la longueur du pendule (P_2).

$f_2(Hz)$	0.70	0.74	0,79	0.84	0.91	1,00	1.11	1.29
$\theta_{max}(°)$	13	14	16	20	30	20	15	14

- 1. Quel est l'excitateur et le résonateur ?
- *L'excitateur :* P_2
  Le résonateur : P_1

V.Oscillation forcée et résonance

- 2. Quelle est la fréquence des oscillations du pendule P_1 ?
- *La fréquence d'un pendule simple de longueur l_1 est :*

$$f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l_1}}$$

- 3. Tracer la représentation graphique de l'amplitude maximale θ_{max} en fonction de la fréquence d'oscillation .

- 2. Quelle est la fréquence des oscillations du pendule P_1 ?
- *La fréquence d'un pendule simple de longueur l_1 est :*

$$f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l_1}}$$

- 3. Tracer la représentation graphique de l'amplitude maximale θ_{max} en fonction de la fréquence d'oscillation .

V.Oscillation forcée et résonance

- 2. Quelle est la fréquence des oscillations du pendule P_1 ?
- *La fréquence d'un pendule simple de longueur l_1 est :*

$$f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l_1}}$$

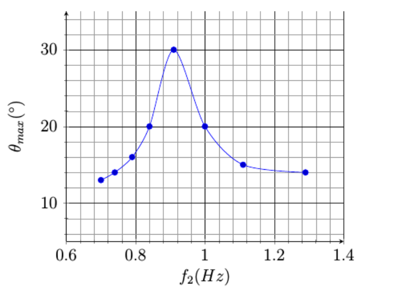
- 3. Tracer la représentation graphique de l'amplitude maximale θ_{max} en fonction de la fréquence d'oscillation .

- 2. Quelle est la fréquence des oscillations du pendule P_1 ?
- *La fréquence d'un pendule simple de longueur l_1 est :*

$$f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l_1}}$$

- 3. Tracer la représentation graphique de l'amplitude maximale θ_{max} en fonction de la fréquence d'oscillation .

V. Oscillation forcée et résonance



V. Oscillation forcée et résonance

- 4. Quelle phénomène se manifeste pour une certaine fréquence d'oscillation ?
- *Le phénomène qui mise en évidence par cette expérience lorsque $f_2 = f_1$ est la résonance mécanique .*
- 5. Déterminer la valeur de cette fréquence .
- $f_1 = 0.91 Hz$

- 4. Quelle phénomène se manifeste pour une certaine fréquence d'oscillation ?
- *Le phénomène qui mise en évidence par cette expérience lorsque $f_2 = f_1$ est la résonance mécanique .*
- 5. Déterminer la valeur de cette fréquence .
- $f_1 = 0.91Hz$

V. Oscillation forcée et résonance

- 4. Quelle phénomène se manifeste pour une certaine fréquence d'oscillation ?
- *Le phénomène qui mise en évidence par cette expérience lorsque $f_2 = f_1$ est la résonance mécanique .*
- 5. Déterminer la valeur de cette fréquence .
- $f_1 = 0.91Hz$

V. Oscillation forcée et résonance

- 4. Quelle phénomène se manifeste pour une certaine fréquence d'oscillation ?
- *Le phénomène qui mise en évidence par cette expérience lorsque* $f_2 = f_1$ *est la résonance mécanique .*
- 5. Déterminer la valeur de cette fréquence .
- $f_1 = 0.91 Hz$

- 4. Quelle phénomène se manifeste pour une certaine fréquence d'oscillation ?
- *Le phénomène qui mise en évidence par cette expérience lorsque* $f_2 = f_1$ *est la résonance mécanique .*
- 5. Déterminer la valeur de cette fréquence .
- $f_1 = 0.91Hz$

V.Oscillation forcée et résonance

- 6. Quelle est la longueur du pendule P_1 ?
- *Nous savons que :*

$$f_1 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l_1}}$$

$$l_1 = \frac{g}{4\pi^2 . f_1^2} = 0,30m$$

- 7. On rajoute un dispositif d'amortissement sur le pendule P_1 . Quel changement s'opère sur le phénomène observé ?
- *Lorsqu'on rajoute un dispositif d'amortissement des oscillations , l'amortissement de résonateur P_1 devient important et l'amplitude des oscillations forcées à la résonance du pendule P_1 sera faible ; on dit que la résonance devient floue*

- 6. Quelle est la longueur du pendule P_1 ?
- *Nous savons que :*

$$f_1 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l_1}}$$

$$l_1 = \frac{g}{4\pi^2 . f_1^2} = 0,30m$$

- 7. On rajoute un dispositif d'amortissement sur le pendule P_1 . Quel changement s'opère sur le phénomène observé ?
- *Lorsqu'on rajoute un dispositif d'amortissement des oscillations , l'amortissement de résonateur P_1 devient important et l'amplitude des oscillations forcées à la résonance du pendule P_1 sera faible ; on dit que la résonance devient floue*

V.Oscillation forcée et résonance

- 6. Quelle est la longueur du pendule P_1 ?
- *Nous savons que :*

$$f_1 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l_1}}$$

$$l_1 = \frac{g}{4\pi^2.f_1^2} = 0,30m$$

- 7. On rajoute un dispositif d'amortissement sur le pendule P_1 . Quel changement s'opère sur le phénomène observé ?
- *Lorsqu'on rajoute un dispositif d'amortissement des oscillations , l'amortissement de résonateur P_1 devient important et l'amplitude des oscillations forcées à la résonance du pendule P_1 sera faible ; on dit que la résonance devient floue*

V.Oscillation forcée et résonance

- 6. Quelle est la longueur du pendule P_1 ?
- *Nous savons que :*

$$f_1 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l_1}}$$

$$l_1 = \frac{g}{4\pi^2 . f_1^2} = 0,30m$$

- 7. On rajoute un dispositif d'amortissement sur le pendule P_1 . Quel changement s'opère sur le phénomène observé ?
- *Lorsqu'on rajoute un dispositif d'amortissement des oscillations , l'amortissement de résonateur P_1 devient important et l'amplitude des oscillations forcées à la résonance du pendule P_1 sera faible ; on dit que la résonance devient floue*

V.Oscillation forcée et résonance

- 6. Quelle est la longueur du pendule P_1 ?
- *Nous savons que :*

$$f_1 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l_1}}$$

$$l_1 = \frac{g}{4\pi^2.f_1^2} = 0,30m$$

- 7. On rajoute un dispositif d'amortissement sur le pendule P_1 . Quel changement s'opère sur le phénomène observé ?
- *Lorsqu'on rajoute un dispositif d'amortissement des oscillations , l'amortissement de résonateur P_1 devient important et l'amplitude des oscillations forcées à la résonance du pendule P_1 sera faible ; on dit que la résonance devient floue*

V.Oscillation forcée et résonance

Définition de la résonance mécanique :

Le phénomène de résonance mécanique se produit lorsque la période T_e des oscillations forcées est voisine de la période propre T_e du résonateur

Influence de l'amortissement sue la résonance :

Dans le cas d'un amortissement faible du résonateur , l'amplitude des oscillations forcées à la résonance prend une valeur grande ; on dit que la résonance est aigue .

Dans le cas d'un amortissement du résonateur fort , l'amplitude des oscillations prend une valeur faible , on dit que la résonance est floue ou obtûe .