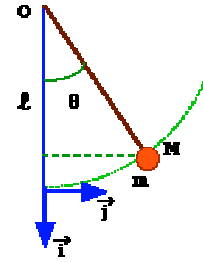




@TELIER 4 : Lois de Newton (2)

Niveau : L1 **PHYSIQUE**
UE **LP 102**



Pendule pesant

http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/Meca/Oscillateurs/pend_pesant.html.

L'animation représente le mouvement d'un solide considéré comme ponctuel suspendu à un fil inextensible de masse négligeable.

Pour arrêter le mouvement, il suffit de déplacer la souris hors du cadre de l'animation (partie verte), et pour la faire repartir de l'y ramener (un clic de souris dans le cadre de l'animation donne le même résultat). En haut à droite les interrupteurs permettent d'afficher ou non, suivant leur position, les forces et/ou la vitesse et l'accélération.

Il est possible de faire varier les paramètres suivants : masse du solide et longueur du pendule en jouant sur la longueur des segments en haut à gauche de l'animation ; amplitude initiale en faisant glisser le point M_0 avec la souris. Il n'y a pas de frottement.

- **Analyse cinématique.** Conserver les valeurs par défaut des paramètres. Faire disparaître la représentation des forces et faire apparaître celle des grandeurs cinématiques. Repérer sur l'animation :
 - les différentes phases du mouvement : phase accélérée, phase retardée (observer l'angle entre les vecteurs vitesse et accélération). Commenter par rapport au travail du poids.
 - les points où la vitesse s'annule : que dire alors de l'accélération (en direction et norme) ?
 - les points où la vitesse passe par un maximum : même question.
 - où est choisie l'origine de l'énergie potentielle ?

Pour vérifier vos réponses (au moins en partie) : http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/Meca/Cinematique/circ_sin.html#applet

- **Analyse dynamique.** Faire disparaître vitesse et accélération et faire apparaître les forces appliquées au solide suspendu au bout du fil.
 - Comment varie la tension du fil au cours du mouvement (direction et norme) ?
 - Déterminer l'équation différentielle du mouvement en appliquant au solide le principe fondamental de la dynamique. Quel repère choisirez-vous ? (justifier). Pour revoir le principe du repérage d'un point dans le référentiel de Frenet voir le corrigé d'exercice à l'adresse : <http://www.uel.pcsm.education.fr/consultation/reference/physique/meca/sevaluer/mouvement/aevmouv18/solution.htm>
 - Dans l'exercice : <http://www.uel.cicrp.jussieu.fr/physique/meca/sexercer/chapd/d-08/enonce.htm> on demande d'établir l'équation du mouvement en coordonnées cartésiennes. Commenter la solution donnée à l'adresse <http://www.uel.cicrp.jussieu.fr/physique/meca/sexercer/chapd/d-08/solution.htm> : peut-on en déduire les équation paramétriques du mouvement $x(t)$, $y(t)$?
 - Déterminer pour de petites oscillations l'expression de l'élongation angulaire en fonction du temps (préciser le terme « petites oscillations ») et calculer littéralement la période. D'après le résultat comment varie la période quand la longueur du pendule varie ? quand sa masse varie ? Vérifier sur l'animation en faisant varier les paramètres.

Augmenter l'amplitude des oscillations : comment varie la période ? (utiliser l'animation ou tracer directement le graphe en allant à

http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/Meca/Oscillateurs/periode_pendule.html).

Faire le calcul numérique de la période (par exemple pour $l = 6,00 \text{ cm} \pm 0,02 \text{ cm}$; $\theta = 10,0^\circ \pm 0,3^\circ$ et vérifier sa valeur sur l'animation, aux incertitudes près (à quoi sont-elles dues ?).

- Donner l'expression de l'accélération normale et tangentielle en fonction de la position (repérée par l'angle θ) et des paramètres du mouvement. Commenter : signe de l'accélération tangentielle ?

sens de l'accélération normale ? s'annulent-elles en certains points ? Vérifier vos résultats sur l'animation et commenter par rapport aux différentes phases du mouvement.

➤ Appliquer au pendule pesant l'expression générale de l'accélération en coordonnées polaires, donnée à l'adresse <http://www.uel.cicrp.jussieu.fr/physique/meca/apprendre/chapitre/a/aresume.htm>. Comparer au résultat obtenu dans le repère de Frenet.

• **Exercice** (avec réponse) à l'adresse <http://www.n-vandewiele.com/serv.htm> : sélectionner *Mécanique, série 12 : dynamique du point matériel, exercice 10*.

Chute libre : exercices de tir et autres projectiles.

• **Comment atteindre un point donné au cours d'un tir** : http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/Meca/R.F.D/Tir_parabolique.html

Le point de lancement est fixé. Les paramètres que l'on peut faire varier sont la norme et la direction de la vitesse initiale (dans tout le demi-plan au-dessus de l'horizontale). Il faut faire glisser l'extrémité du vecteur V_0 avec la souris pour modifier sa direction, et faire glisser le point rouge sur l'horizontale pour modifier sa norme. Le point M_0 peut être déplacé avec la souris. On arrête l'animation en plaçant la souris en dehors du cadre de l'animation ou en cliquant à l'intérieur du cadre.

➤ Conserver les valeurs par défaut des paramètres. Faire glisser vers la gauche le bouton rouge de l'interrupteur, pour faire apparaître les deux trajectoires passant par le point M_0 donné. Donner les étapes du calcul des deux directions de V_0 qui permettent d'atteindre M_0 ?

➤ Déplacer le point M_0 en dehors de la « parabole de sécurité » : quel paramètre (norme ou direction de V_0) doit-on nécessairement modifier pour l'atteindre ? quelle valeur minimum faut-il donner à V_0 ? Comment définir la « parabole de sécurité » ?

• Pour exercer votre sagacité, d'étonnantes coïncidences dans le mouvement de chute libre :

<http://www.uel.cicrp.jussieu.fr/physique/meca/simuler/chutehl/lance.htm>

<http://www.uel.cicrp.jussieu.fr/physique/meca/simuler/tirciblehl/tirsmultipcible.htm>

Décrire le phénomène et l'interpréter. Les « exercices de tir » que vous trouverez à <http://www.uel.cicrp.jussieu.fr/physique/meca/index.htm>, S'évaluer, Loi fondamentale de la dynamique (n° 3, 4, 5, 10, 11) correspondent au même problème, et peuvent vous aider à l'expliquer.

• **Système ouvert** à l'adresse <http://www.n-vandewiele.com/serv.htm> sélectionner *série 17 Systèmes de points matériels exercice 6* : système ouvert (mouvement d'une fusée). (avec réponse).

• **D'autres exercices de base** à <http://www.uel.cicrp.jussieu.fr/physique/meca/index.htm>, s'évaluer, loi fondamentale de la dynamique (1 à 14).

• **Résolution du problème de la chute libre** à l'adresse <http://e.m.c.2.free.fr/chutes.htm>. Sur la simulation (cliquer sur « voir l'animation virtuelle ») vous pouvez régler les paramètres suivants : hauteur initiale (ascenseur à gauche de la simulation), vitesse initiale, angle alpha entre la vitesse initiale et l'horizontale (curseurs au-dessus de la simulation). Les coordonnées de la flèche et de la portée sont indiquées, ainsi que les énergies au passage en ces points.

Solide sur plan incliné avec frottement : équilibre ou chute ?

Forces de contact :

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/viewtopic.php?t=16&sid=9a5a9084fd04b31b82e00bcfe0e05650>

• cette animation permet d'étudier les forces appliquées à un solide posé sur un plan incliné avec frottement . Attention : **elle ne montre jamais le mouvement du solide**, même quand les conditions du mouvement sont réunies. De nombreux paramètres sont réglables : force appliquée, masse du corps, angle θ du plan incliné avec l'horizontale, coefficient de frottement « friction coefficient »... Les normes des forces sont affichées (« net forces » est la somme des forces extérieures appliquées au solide).

➤ Conserver les valeurs par défaut des paramètres. Définir les différentes forces (vecteurs rouge, bleu, jaune). Le solide est-il en équilibre (justifier) ? Saisir le cercle gris (coin supérieur droit du solide) et tirer pour appliquer une force extérieure de plus en plus grande, parallèlement au plan incliné. Comment

varie la force de frottement (bleue)? Ecrire l'inégalité vérifiée pour la force de frottement tant que la somme des forces appliquées est nulle, puis l'égalité vérifiée quand elle est différente de 0. Faire chaque fois les calculs et vérifier vos résultats sur l'animation. A partir de quelle valeur de la force extérieure appliquée le solide se met-il en mouvement ? (Calculer, vérifier sur l'animation).

➤ Tirer maintenant le cercle gris perpendiculairement au plan incliné : comment varient les forces appliquées ? A partir de quelle valeur de la force extérieure appliquée le solide se met-il en mouvement ?

- **Exercices d'application :**

Frottements solides :

http://69.13.76.73/j/mod_perl/got.pl?dir=p/mias1/mecapt/dynamic/gen/968&backurl=/z/p/mias1/mecapt/dynamic/zf.htm (2 solides reliés par une tige reposent sur un plan incliné).¹

Masse sur un plateau : à quelle condition décolle-t-elle ?

<http://www.uel.cicrp.jussieu.fr/physique/meca/sexercer/chape/e-04/enonce.htm> (énoncé).

<http://www.uel.cicrp.jussieu.fr/physique/meca/sexercer/chape/e-04/solution.htm> (corrigé)

Revoir le cours :

<http://www.uel.cicrp.jussieu.fr/physique/> : sélectionner successivement *mécanique, chapitre D, efforts exercés sur un système matériel*.

¹ Cliquer tout d'abord, sous l'énoncé, sur « **masquer les solutions** » pour éviter la tentation d'y jeter un coup d'œil avant d'avoir cherché et rédigé sa propre solution.