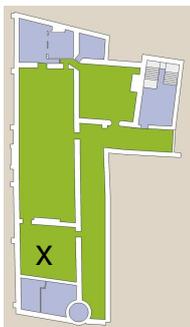


1^{er} étage

Qu'est-ce que l'isochronisme ?

Fiche professeur

La légende veut que Galilée, en observant un lustre de la cathédrale de Pise balancer, ait découvert l'isochronisme des oscillations du pendule : Il découvrit que le lustre, bien que diminuant au fur et à mesure son ampleur de battement, mettait le même temps à faire un aller et retour (appelé période en physique). Suite à cette observation, Galilée formula la loi de l'isochronisme : Un pendule conserve toujours la même période. Et : Sa période ne dépend pas de l'amplitude. Autrement dit, un pendule bat toujours au même rythme. Ce rythme ne dépend pas de l'ampleur du battement.

Cette loi s'est révélée plus tard inexacte... Elle est valable seulement si l'amplitude reste faible. (En physique, on parle de l'isochronisme des petites oscillations.) En effet, la période dépend toutefois de l'amplitude. Elle augmente légèrement si l'amplitude est grande. En simplifiant on peut dire que, si le pendule est lancé d'un point plus haut, si on augmente l'angle du battement, il va mettre à peine plus de temps à faire un aller et retour. Ce phénomène n'est guère percevable à l'œil nu, le pendule mettra moins d'une seconde plus longtemps pour faire un aller et retour. Tout de même, cette augmentation est fondamentale pour la mesure du temps où l'on cherche à atteindre la précision !

Pour cette raison et dans le but d'assurer un maximum de régularité dans le battement du pendule, **Huygens** eut l'idée de faire osciller le pendule entre deux lames en forme de joues (voir dessin). Ces joues devaient servir à diminuer la période.

Où ? Cabinet de curiosités, 1^{er} étage



Légende

1 Dessin des lames en forme de joues d'après Huygens, principe inventé et publié dans son traité *Horologium Oscillatorium* en 1673.

© Service médiation MDT.

2 Détail d'une horloge, cabinet de curiosités, MDT. Le pendule oscille entre deux lames limitant son mouvement.



... On passe à la pratique !

Corrigé



1. Recherchez l'horloge équipée de lames dans le musée.

On peut trouver ces joues sur une horloge dans la vitrine murale du cabinet de curiosités.

2. Observez sur le dessin ci-contre le fonctionnement de ce dispositif. Que se passe-t-il si le pendule oscille entre ces deux joues ?



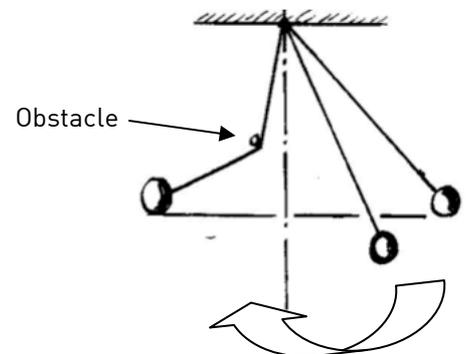
Ces joues limitent le mouvement à une faible amplitude.

3. Que peut-on dire du point d'attache de ce pendule ? Le mouvement d'oscillation se fait-il toujours par rapport au même point d'attache ?

Le point d'attache reste le même, mais le point de rotation du dispositif change. Il descend le long de la joue au fur et à mesure que le pendule s'incline du côté de celle-ci.

4. Que se passe-t-il si l'on dispose sur le parcours du pendule un obstacle comme sur le schéma ci-dessous ?

Le fil qui tient la masse heurte cet obstacle et le pendule continue sa course mais en tournant autour de ce nouveau centre de rotation.



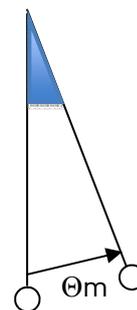
Compléments scientifiques

Un pendule simple n'est pas isochrone. Supposé par Galilée, mais invalidé par Huygens, le concept d'isochronisme n'est valable en théorie que pour les faibles amplitudes.

En fait sa période varie en fonction de l'amplitude. $T = T_0 (1 + \frac{\theta_m^2}{16})$

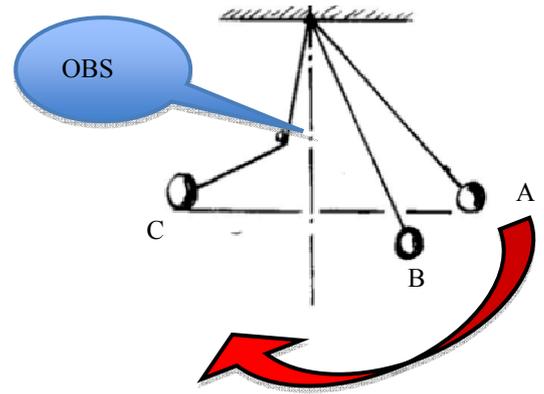
Donc plus θ_m (amplitude maximale) est importante, plus la période du mouvement augmente. Il s'agira donc de la raccourcir, pour que sa variation en fonction de l'amplitude cesse.

La valeur de l'amplitude maximale est noté θ_m .

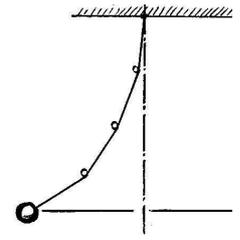


Procédons par étape !

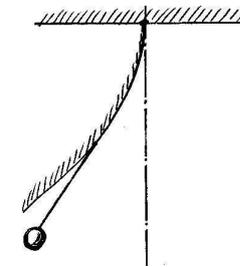
Si un obstacle vient perturber la remontée du pendule en OBS (obstacle), le pendule se casse en deux parties. La partie basse remonte alors avec une longueur raccourcie, donc une période plus courte. Il arrivera plus tôt en C, situé à la même hauteur que A en vertu de la conservation de l'énergie. Ce point sera notre départ d'un raisonnement pour obtenir l'isochronisme



Plus on augmente ces points-obstacles plus la variation de la période se fait progressivement.

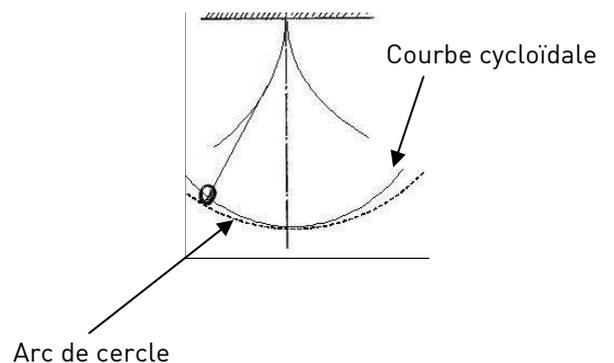


L'isochronisme parfait sera obtenu si la joue construite est d'une forme mathématique bien répertoriée, il s'agit de la fameuse cycloïde tant recherchée au XVII^e et XVIII^e siècle par de nombreux mathématiciens. Elle fut utilisée pour la première fois par Huygens dans une horloge en 1675.



Voyons pourquoi exactement... !

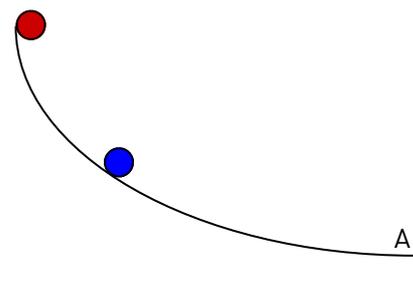
Lorsque le pendule oscille entre deux joues cycloïdales, la masse à son extrémité qui décrivait sans ces joues un arc de cercle, ne le décrit plus ! La courbe mathématique suivie est en fait également une cycloïde.



Avec ce dispositif, Huygens rejoint ainsi la solution à un autre problème de recherche très en vogue au XVII^e siècle :

Quelle doit être la forme exacte de cette pente pour que les billes bleue et rouge arrivent ensemble en A ?

Réponse ? Une cycloïde !

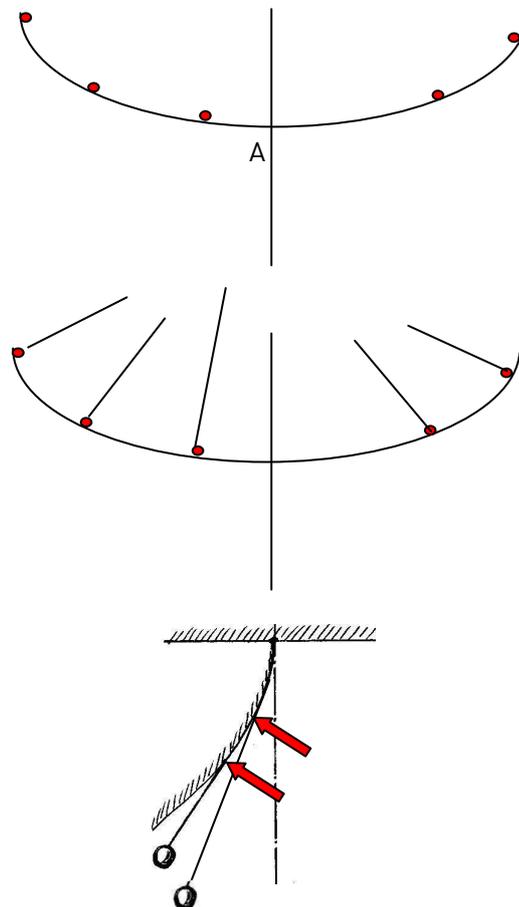


Cela signifie donc que la bille rouge met la même durée pour aller en A quel que soit son point de départ.

Le pendule formé de la même manière serait donc isochrone. Mais où serait alors son point d'attache ?

Il ne serait pas toujours au même endroit !

En effet, en suivant cette courbe, la masse pendulaire n'oscille pas toujours autour du même point, il descend le long de la cycloïde au fur et à mesure que l'angle augmente.



En résumé...

...on peut comparer le mouvement d'un pendule avec celui d'une bille sur une surface. Huygens a montré que si une bille parcourt un cercle, elle ne met pas la même durée de parcours suivant la hauteur dont elle part. De même, le pendule ne sera pas isochrone si sa trajectoire est un cercle.

En revanche, une bille parcourant un arc de cycloïde a une durée de parcours qui ne dépend pas de sa position de départ. Pour la même raison, le pendule dont la masse suit une cycloïde sera isochrone.

