La physique des poulies

Blueprint respectif	Les poulies
Description	Dans cette séquence pédagogique, les élèves apprennent les propriétés des poulies, et les forces utilisant le système de poulies
Objectifs pédagogiques	Les élèves vont : - Apprendre à créer un système de poulie - Comprendre les forces et la gravité - Apprendre à calculer la tension et l'accélération dans un système de poulies. - Être capable d'utiliser la deuxième loi de Newton.

Matière(s) scolaire(s) correspondante(s)	Physique, Histoire
Conditions préalables / actions préparatoires pour les enseignants	Les enseignants doivent rassembler les matériaux pour le blueprint
Conditions préalables / actions préparatoires pour les élèves	Comprendre les bases de la physique, savoir comment utiliser et créer une poulie. Avoir des connaissances de base sur les forces.
Âge des élèves	12-15
Durée	2-3 heures
Niveau de difficulté	Difficile

Description des tâches étape par étape

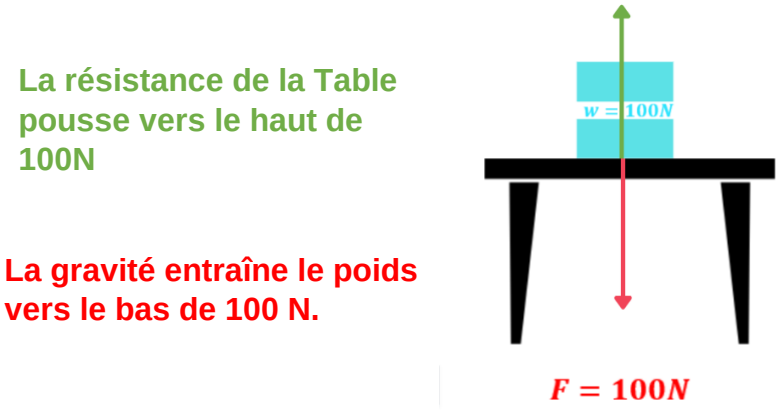
Étape 1 : Qu'est-ce qu'une poulie ?

L'enseignant présente le concept de poulie à la classe.

Les premières preuves de l'existence des poulies remontent à l'Égypte ancienne (1991-1802 av. J.-C.) et à la Mésopotamie au début du 2e millénaire av. J.-C. Les poulies sont identifiées comme l'une des six machines simples utilisées pour soulever des poids par Héron d'Alexandrie (vers 10-70 de notre ère), dans l'Égypte romaine. Elles sont formées par un bloc et un palan afin de fournir un avantage mécanique pour appliquer des forces importantes. Les poulies peuvent également être assemblées comme des courroies et des chaînes afin de transmettre la puissance d'un arbre rotatif à un autre. Les Vies parallèles de Plutarque relatent une scène dans laquelle Archimède utilise des poulies composées et le système de palan pour tirer vers lui un navire chargé comme s'il glissait sur l'eau, prouvant ainsi son efficacité[1]. Les poulies étaient également couramment utilisées dans l'agriculture, les travaux de construction et les puits.

Étape 2 : Petit rappel du concept de Force et de Newtons

La **force** : "Une **force** est une poussée ou une traction sur un objet résultant de l'**interaction** de cet objet avec un autre objet. Chaque fois qu'il y a une **interaction** entre deux objets, une force s'exerce sur chacun d'eux. Lorsque l'**interaction** cesse, les deux objets ne ressentent plus cette force. Les forces n'existent que comme résultat d'une interaction."[2]



Les systèmes de poulies sont utilisés dans les problèmes de mécanique en physique. La meilleure façon de résoudre les problèmes de poulies en mécanique est d'utiliser la deuxième loi du mouvement de Newton et de comprendre la troisième et la première loi du mouvement de Newton.

La deuxième loi de Newton stipule :

$$\boldsymbol{F = m.a}$$

[1] *Pulley*. (2001, September 5). Wikipedia, the free encyclopedia. Retrieved April 4, 2022, from https://en.wikipedia.org/wiki/Pulley#:~:text=The%20earliest%20evidence%20of%20pulleys,machines%20used

[2] *The meaning of force*. (n.d.). The Physics Classroom. https://www.physicsclassroom.com/class/newtlaws/Lesson-2/The-Meaning-of-Force

Où F représente la force nette, qui est la somme vectorielle de toutes les forces agissant sur l'objet. m représente la masse de l'objet, qui est une quantité scalaire, ce qui signifie que la masse n'a qu'une magnitude. L'accélération donne à la deuxième loi de Newton sa propriété vectorielle.

Le Newton : "La force est une quantité qui se mesure à l'aide de l'unité métrique standard connue sous le nom de Newton. Un Newton est abrégé par un "N". Dire "10,0 N" signifie 10,0 Newton de force. Un Newton est la quantité de force nécessaire pour donner à une masse de 1 kg une accélération de 1 m/s/s. Ainsi, l'équivalence d'unités suivante peut être énoncée :

1 Newton = 1 kg • m/s2 "[3]

Etape 3 : Demandez aux élèves de réfléchir à la façon dont les poulies peuvent fonctionner et être utilisées dans la vie quotidienne.

Alors à quoi sert-elle ? Tout d'abord, faites une séance de brainstorming avec les élèves pour essayer de comprendre comment et à quoi la poulie peut servir. Si possible, faites-leur une démonstration de poulies réelles (un puits proche, un rideau, etc). S'il n'est pas possible d'avoir une poulie réelle en classe, montrez aux élèves des vidéos de poulies fonctionnant dans différents contextes (nautisme, construction, puits, etc). Après avoir écouté leurs réflexions, vous pouvez leur demander dans quelle mesure ils pensent que les poulies sont utiles ? Et peuvent-ils penser à une manière de les utiliser pour faciliter leur vie quotidienne?

[3] *Ibid.*

Étape 4 : Expliquer et/ou construire un système de poulie - la machine Atwood[4]

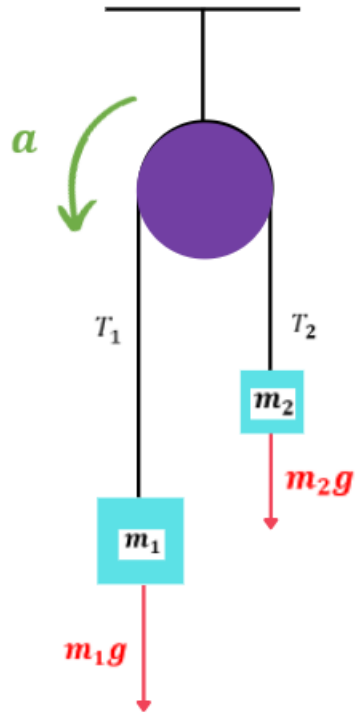
L'enseignant explique la machine Atwood comme une illustration de la deuxième loi de Newton. Parallèlement, il peut construire le système de poulies avec les élèves pour illustrer chaque étape avec une poulie, 2 poulies, 3 poulies, etc. Au lieu d'utiliser des kg, vous pouvez utiliser de la petite monnaie (les mêmes pièces). Vous pourrez voir les rapports de poids nécessaires pour soulever un poids initial avec différents systèmes de poulies. Nous vous conseillons de laisser les élèves s'essayer au système de poulies par eux-mêmes avant d'explorer la théorie.

Avec une seule poulie, la machine Atwood :

Une corde est placée avec une poulie sans masse et sans friction (pour simplifier l'exercice, nous considérons que la masse et la friction de la poulie sont négligeables).

Une masse de 8 kg est suspendue à une extrémité tandis qu'une masse de 5 kg est suspendue à l'autre extrémité de la corde. Quelle est l'accélération du système ?

[4] Michel van Biezen. (2013, January 20). *Physics - Mechanics: The Pulley (1 of 2)*. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=kvCnjVSpuv0



$$m_1 = 8kg \qquad m_2 = 5kg$$

$$F = m.a$$

$$a = \frac{F_{net}}{m_T}$$

$$a = \frac{m_1g - m_2g}{m_1 + m_2}$$

$$a = \frac{(m_1 - m_2).g}{m_1 + m_2}$$

$$a = \frac{(8kg - 5kg).(9.8m/sec^2)}{8kg + 5kg}$$

$$a = \frac{(3kg).(9.8m/sec^2)}{13kg}$$

$$a = \frac{(3\cancel{kg}).(9.8\ m/sec^2)}{13\cancel{kg}}$$

$$a = 2.26\frac{m}{sec^2} = 2m/sec^2$$

Maintenant, comment pouvons-nous calculer la tension des cordes?

$$T_1 = m_1g - m_1a$$

$$T_2 = m_2g + m_2a$$

$$T_1 = (8kg).\left(9.\frac{8m}{sec^2}\right) - (5kg).(2.26m/sec^2)$$

$$\boldsymbol{T_1 = (8kg).\left(9.\frac{8m}{sec^2}\right) - (8kg).(2.26m/sec^2)}$$

$$\boldsymbol{T_1 = 60.32\ N}$$

$$\boldsymbol{T_2 = (5kg).\left(9.\frac{8m}{sec^2}\right) + (5kg).(2.26m/sec^2)}$$

$$\boldsymbol{T_2 = 60.3\ N}$$

$$\boldsymbol{T_1 = T_2}$$

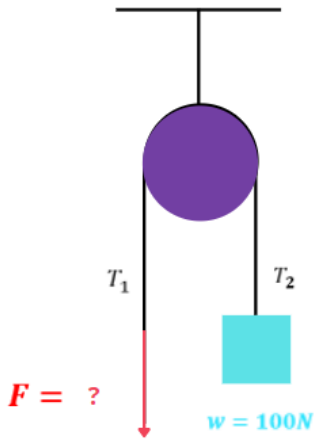
Ainsi, la tension de deux cordes retenant des poids de part et d'autre d'une poulie est toujours égale.

Vous pouvez demander aux élèves de rechercher d'autres informations en ligne. Si l'enseignant le souhaite, il peut utiliser le système de poulie que nous avons créé pour illustrer le principe de la machine Atwood avec les élèves.

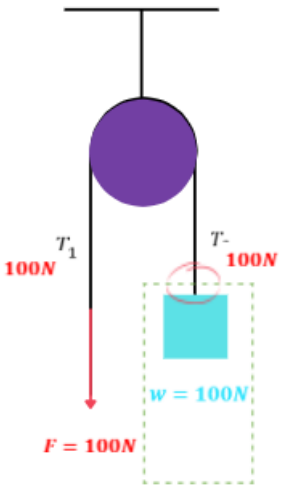
Maintenant que nous savons comment calculer la tension et l'accélération, nous pouvons pimenter un peu les choses.

Étape 5 : Présentation de la science derrière l'expérience du système de poulie[5]

L'enseignant doit expliquer les principes de la mécanique des poulies et de l'avantage mécanique. Pour chaque étape, faites-le d'abord physiquement avec les élèves et laissez-les tirer des conclusions, puis reprenez la théorie et expliquez-la à nouveau en utilisant le système de poulie comme exemple.



Nous avons vu avec la machine Atwood, qu'avec une seule poulie, la tension 1 et la tension 2 sont toujours égales. Donc, avec un poids de 100N, quelle force est nécessaire pour le soulever avec 1, 2, 3 ou 4 poulies ?

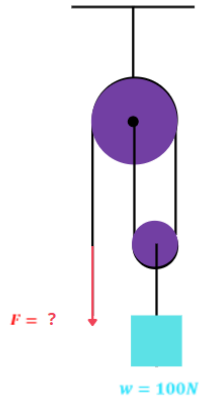


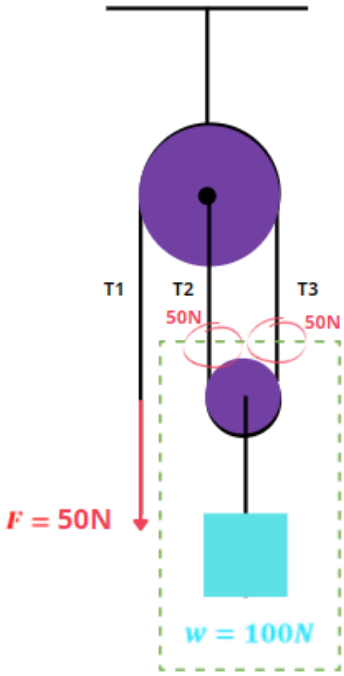
Avec une seule poulie, c'est la même chose qu'avec la machine Atwood.
Lorsque vous regardez les cordes qui retiennent le poids, il n'y en a qu'une, et l'autre corde de la poulie est celle que vous tirez. La tension T1 = T2. Ainsi, vous avez besoin d'une force de 100 Newton pour soulever un poids de 100N. La distance soulevée et la distance tirée sont également identiques. $F = 100N$

[5] Michel van Biezen. (2015, June 23). *Mechanical Engineering: Particle Equilibrium (11 of 19) Why are Pulleys a Mechanical Advantage?* YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=6GuldysCVjI

Maintenant, observons avec deux poulies :

Observons le nombre de cordes et la tension dans chacune d'entre elles.





Le poids est aidé par deux cordes. (T2 et T3) Autour de la deuxième poulie, T2 = T3. Et sur la première poulie, T1 = T3. Ce qui signifie que T1 = T2 = T3. Donc, pour soulever un poids de 100 Newtons, nous avons besoin d'une force de 50 Newtons, puisqu'elle est divisée en deux cordes de soutien. Le prix à payer pour cette force réduite est que pour soulever les 100 N de 1m au-dessus du sol, vous devrez tirer la corde de 2m.

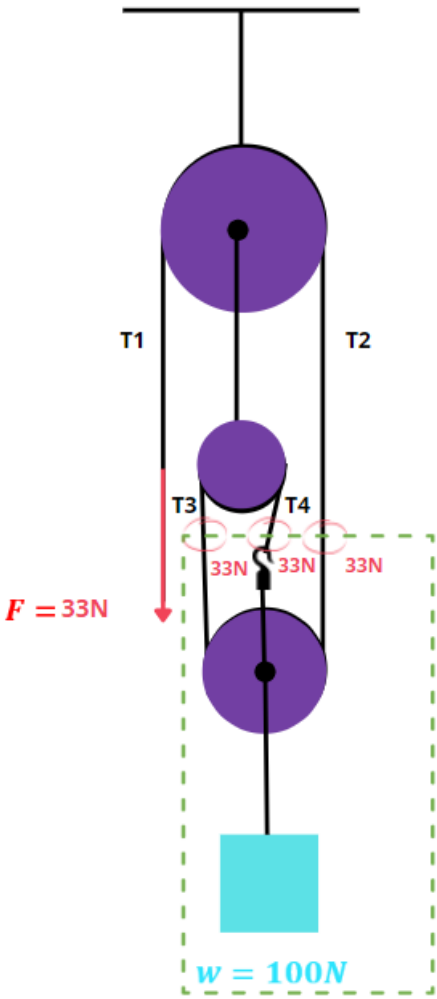
Maintenant la même chose avec 3 poulies.

Nous pouvons voir que le poids est maintenu par 3 cordes différentes. Étant donné que T1 = T2, et que T2 = T3, et T3 = T4, alors T1 = T2 = T3 = T4.

Donc, comme le poids est réparti sur 3 longueurs de corde : T2, T3, T4. La force nécessaire est de 100N/3 = 33N.

Cependant, pour soulever le poids de 1m, vous devrez tirer sur la corde sur 3m.

La distance soulevée = la distance tirée/le nombre de cordes retenant le poids.



Conclusion

Dans cette leçon, les élèves découvrent l'utilisation des poulies et le théorème de Newton. Ils apprennent comment elles étaient utilisées dans l'Égypte ancienne et comment elles peuvent être utilisées pour accomplir certaines de nos tâches quotidiennes. Ils apprennent à calculer la force nécessaire pour soulever des poids à l'aide de plusieurs

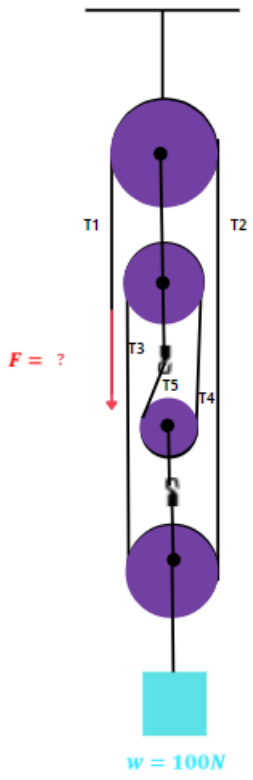
poulies, ainsi que la tension de chaque corde et l'accélération d'un système.

Activités d'évaluation

Activité 1. Trouvez des informations sur la poulie et ses composants et présentez-les à la classe.

Activité 2. Recherchez des informations sur la façon dont la deuxième loi de Newton peut être utilisée.

Activité 3. Avec vos élèves, dessinez et complétez le schéma d'un système à 4 poulies.



[6]

Quelle est la force nécessaire pour soulever 100N ?

..... N

Pour soulever un poids de 100N de 1m, combien de mètres de corde devrez-vous tirer ?

.....m

[6] Tous les graphiques des poulies ont été créés par Logopsycom, à l'aide de Canva.

Références

- *Double trouble: Two body problems*. (n.d.). The Physics Classroom. https://www.physicsclassroom.com/class/newtlaws/Lesson-3/Double-Trouble
- *Ford end Watermill : A guide for teachers and schools*. (n.d.). Ford End Watermill. https://www.fordendwatermill.co.uk/schguide.html
- *The meaning of force*. (n.d.). The Physics Classroom. https://www.physicsclassroom.com/class/newtlaws/Lesson-2/The-Meaning-of-Force
- *Mechanical advantage*. (n.d.). https://energyeducation.ca/encyclopedia/Mechanical_advantage
- Michel van Biezen. (2013, January 20). *Physics - Mechanics: The Pulley (1 of 2)*. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=kvCnjVSpuv0
- Michel van Biezen. (2015, June 23). *Mechanical Engineering: Particle Equilibrium (11 of 19) Why are Pulleys a Mechanical Advantage?* YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=6GuldysCVjI
- *Pulley*. (2001, September 5). Wikipedia, the free encyclopedia. Retrieved April 4, 2022, from https://en.wikipedia.org/wiki/Pulley#:~:text=The%20earliest%20evidence%20of%20pulleys,machines%20used%20to%20lift%20weights

- *Pulley*. (n.d.). Energy Education. https://energyeducation.ca/encyclopedia/Pulley