

Le gain mécanique

Les conceptrices et concepteurs de systèmes physiques savent par expérience qu'il est possible d'accomplir une même tâche de plusieurs façons. Par exemple, on peut retirer des clous d'un morceau de bois avec des pinces ou avec un marteau (figure 1). Le marteau permet d'exécuter le travail sans grands efforts. Pourquoi? Parce que le marteau est un levier du premier type. Il amplifie la force légère appliquée pour produire une force importante. Lorsqu'un mécanisme multiplie une force inférieure pour obtenir une force supérieure, on dit qu'il permet un gain mécanique. Un **gain mécanique** correspond au rapport entre la force produite et la force appliquée (par exemple, la force produite divisée par la force appliquée).

gain mécanique : rapport entre la force produite par une machine et la force appliquée à cette machine



Figure 1 Ce marteau qui retire un clou d'une planche possède un gain mécanique de 15.

Imagine le marteau retirant le clou de la planche. Si le marteau exerce une force 15 fois supérieure à la force appliquée, il produit un gain mécanique. Il n'existe pas d'unités de mesure du gain mécanique, mais une formule simple permet de le calculer. Si la force appliquée et la force produite sont identiques, le gain mécanique est de 1. Les machines qui ont un gain mécanique supérieur à 1 facilitent l'exécution des tâches.

On peut évaluer le gain mécanique d'un levier en comparant la longueur du bras de levier à la longueur du bras de charge. La formule de calcul du gain mécanique est la suivante :

$$GM = \frac{\text{longueur du bras de levier}}{\text{longueur du bras de charge}}$$

PREMIER EXEMPLE DE PROBLÈME : Calcule le gain mécanique d'une brouette



La longueur du bras de levier de la brouette de la figure 2 est de 120 cm et la longueur de son bras de charge est de 40 cm. Quel est le gain mécanique ?

Données longueur du bras de levier = 120 cm
longueur du bras de charge = 40 cm

Recherché le gain mécanique (GM)

Analyse $GM = \frac{\text{longueur du bras de levier}}{\text{longueur du bras de charge}}$

Solution $GM = \frac{120 \text{ cm}}{40 \text{ cm}}$
 $GM = 3$

Énoncé La brouette possède un gain mécanique de 3.

Exercice Le bras de levier d'une brouette mesure 1,8 m. Son bras de charge mesure 0,50 m. Quel est le gain mécanique de la brouette ?



Figure 2 Cette brouette multiplie par 3 la force appliquée.

Un gain mécanique inférieur à 1 est également possible. Cette situation se produit lorsque la force appliquée est supérieure à la force produite. Un bâton de hockey (figure 3) est un exemple de levier du troisième type. Il faut une force appliquée nettement supérieure à la force produite pour le déplacer. Alors, quel est l'avantage d'utiliser ce type de machine? En fait, le bâton de hockey offre l'avantage de permettre à la joueuse ou au joueur de couvrir une plus grande distance très rapidement. La palette du bâton se déplace plus vite et plus loin que les mains de la joueuse ou du joueur. Le bâton transmet ce mouvement à la rondelle, qui glisse donc plus rapidement et plus loin que si la joueuse ou le joueur l'avait frappée avec une main ou un pied.

Tu peux aussi calculer le gain mécanique de machines en comparant la distance parcourue par la force appliquée et la distance parcourue par la force produite. Le gain mécanique correspond au rapport entre la distance parcourue par la force appliquée et la distance parcourue par la force produite.

$$GM = \frac{\text{distance parcourue par la force appliquée}}{\text{distance parcourue par la force produite}}$$

La distance parcourue par la force appliquée est la distance sur laquelle la force s'applique. La distance parcourue par la force produite indique la distance sur laquelle la charge a été déplacée. Dans le cas d'une poulie unique (figure 4), ces distances sont identiques et le gain mécanique est donc de 1.

DEUXIÈME EXEMPLE DE PROBLÈME : Calcule le gain mécanique d'une poulie

Il faut 15 cm de corde pour soulever une charge sur une distance de 5 cm à l'aide d'une poulie. Quel est le gain mécanique?

Données distance parcourue par la force appliquée = 15 cm
distance parcourue par la force produite = 5 cm

Recherché le gain mécanique (GM)

Analyse $GM = \frac{\text{distance parcourue par la force appliquée}}{\text{distance parcourue par la force produite}}$

Solution $GM = \frac{15 \text{ cm}}{5 \text{ cm}}$
 $GM = 3$

Énoncé La poulie possède un gain mécanique de 3.

Exercice Quel est le gain mécanique d'une poulie s'il faut 4 m de corde pour soulever une charge sur une distance de 1 m?



Figure 3 Le gain mécanique d'un bâton de hockey est inférieur à 1, ce qui permet d'obtenir un avantage important pour ce qui est de la distance et de la vitesse.

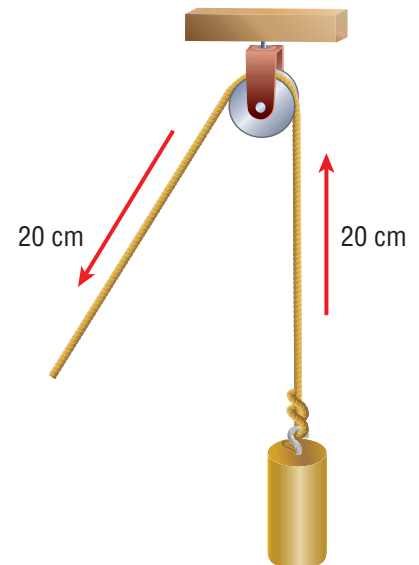


Figure 4 Une poulie unique possède un gain mécanique de 1.

gain mécanique idéal : gain mécanique d'une machine si la totalité de la force appliquée est transmise à la résistance, ce qui est impossible dans une situation réelle

gain mécanique réel : gain mécanique d'une machine dans une situation réelle ; ce gain correspond au gain mécanique idéal moins la perte d'une partie de la force à cause de la friction, du glissement et de la déformation

Le gain mécanique idéal et le gain mécanique réel

Les exemples 1 et 2 décrivent un gain mécanique idéal. Un **gain mécanique idéal** correspond à un gain mécanique dont la totalité de la force appliquée serait transformée en force produite. C'est évidemment impossible dans une situation réelle. Rappelle-toi l'exemple du marteau de la figure 1. La totalité de l'effort appliqué au marteau ne sert pas à retirer le clou de la planche. La friction entre le bois et le clou transforme une partie de la force appliquée en énergie thermique (par exemple, le bois et le clou s'échauffent légèrement). De plus, une partie de la force appliquée produit un son ou entaille le bois.

Le **gain mécanique réel** correspond au gain mécanique véritable. C'est le gain mécanique idéal moins la perte d'une partie de la force en raison de la friction interne, du glissement et de la déformation. Comment calcule-t-on le gain mécanique réel ? Par la mesure des forces en jeu. Il s'agit de diviser la force produite mesurée par la force appliquée mesurée pour obtenir le gain mécanique réel.

Cette formule permet de calculer le gain mécanique à partir des forces mesurées :

$$\text{GM réel} = \frac{\text{force produite mesurée}}{\text{force appliquée mesurée}}$$

TROISIÈME EXEMPLE DE PROBLÈME : Calcule le gain mécanique réel d'un levier

Imagine-toi soulever une dalle de terrasse à l'aide d'un levier (figure 5). Si la force appliquée mesurée est de 25 N et la force produite mesurée est de 250 N, quel est le gain mécanique réel ?

Données force appliquée mesurée = 25 N
force produite mesurée = 250 N

Recherché le gain mécanique réel

Analyse $\text{GM réel} = \frac{\text{force produite mesurée}}{\text{force appliquée mesurée}}$

Solution $\text{GM réel} = \frac{250 \text{ N}}{25 \text{ N}}$
 $\text{GM réel} = 10$

Énoncé Le levier possède un gain mécanique réel de 10.

Exercice Quel est le gain mécanique réel d'un levier si la force appliquée mesurée est de 37 N et la force produite mesurée est de 185 N ?

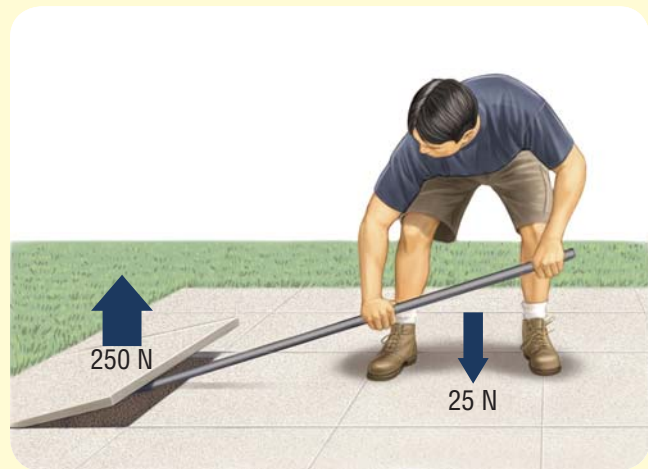


Figure 5

Tu peux aussi utiliser la formule du gain mécanique réel pour calculer le gain mécanique réel d'un système de poulies.

QUATRIÈME EXEMPLE DE PROBLÈME : Calcule le gain mécanique réel d'un système de poulies

Le système de poulies de la figure 6 permet de soulever une charge. La force appliquée au système est de 4 N et la force produite est de 12 N. Quel est le gain mécanique réel du système de poulies ?

Données force appliquée mesurée = 4 N
force produite mesurée = 12 N

Recherché le gain mécanique réel

Analyse $GM \text{ réel} = \frac{\text{force produite mesurée}}{\text{force appliquée mesurée}}$

Solution $GM \text{ réel} = \frac{12 \text{ N}}{4 \text{ N}}$
 $GM \text{ réel} = 3$

Énoncé Le gain mécanique réel du système de poulies est de 3.

Exercice Quel est le gain mécanique réel d'un système de poulies si la force appliquée mesurée est de 10 N et la force produite mesurée est de 48 N ?

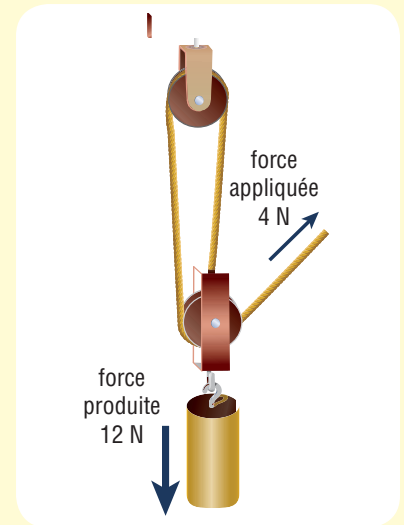


Figure 6

La précision des instruments (par exemple les balances) qui mesurent les forces influence le résultat, de même que l'importance de la force appliquée ou la nécessité d'obtenir des données exactes. Toutefois, l'activité ci-dessous montre bien que l'application d'une force, légère ou importante, est indispensable à l'exécution d'un travail.



SCIENCES EN ACTION : Calculer le gain mécanique d'un levier

HABILETÉS : planifier, exécuter, observer, analyser



LA BOÎTE À OUTILS
4.C.1., 6.A.

Si tu mesures la longueur du bras de charge et du bras de levier et les forces en jeu, tu peux alors comparer le gain mécanique idéal au gain mécanique réel.

Matériel : livre, sac de plastique, peson, mètre, chaise

1. Insère le livre dans le sac de plastique et mesure la force nécessaire pour le soulever. C'est la force appliquée mesurée.
2. Fabrique un levier du deuxième type avec le mètre en te servant du dos de la chaise comme point d'appui et du sac contenant le livre comme charge.

3. Accroche le peson au mètre et mesure la force nécessaire pour soutenir la charge, la longueur du bras de charge et la longueur du bras de levier.
4. À l'aide de ces données, calcule le gain mécanique réel et le gain mécanique idéal. Si tu as le temps, refais l'activité en choisissant un levier de type différent ou d'autres longueurs de bras.
 - A. Comment le gain mécanique réel se compare-t-il au gain mécanique idéal ?
 - B. Fais un croquis du levier que tu as choisi.



VÉRIFIE TA COMPRÉHENSION

1. Que signifie « gain mécanique » ?
2. a) Si une force produite est cinq fois supérieure à une force appliquée, quel est le gain mécanique ?
b) Si l'application d'une force de 0,6 N est nécessaire pour soulever une pierre de 36 N, quel est le gain mécanique réel ? Montre tes calculs à ton enseignante ou ton enseignant.
3. a) Le gain mécanique d'un levier du troisième type sera toujours de 1. Explique pourquoi.
b) Si les leviers du troisième type n'offrent aucun gain mécanique, quel avantage possèdent-ils ?
4. Quelles parties d'un système de poulies rendront-elles le gain mécanique réel inférieur au gain mécanique idéal ?