

DOSSIER PÉDAGOGIQUE



INFOS PRATIQUES

Durée de la visite :
de 2 à 4 heures.

Nombre d'élèves :
classe entière ou demi-classe.

Encadrement :
deux animateurs.

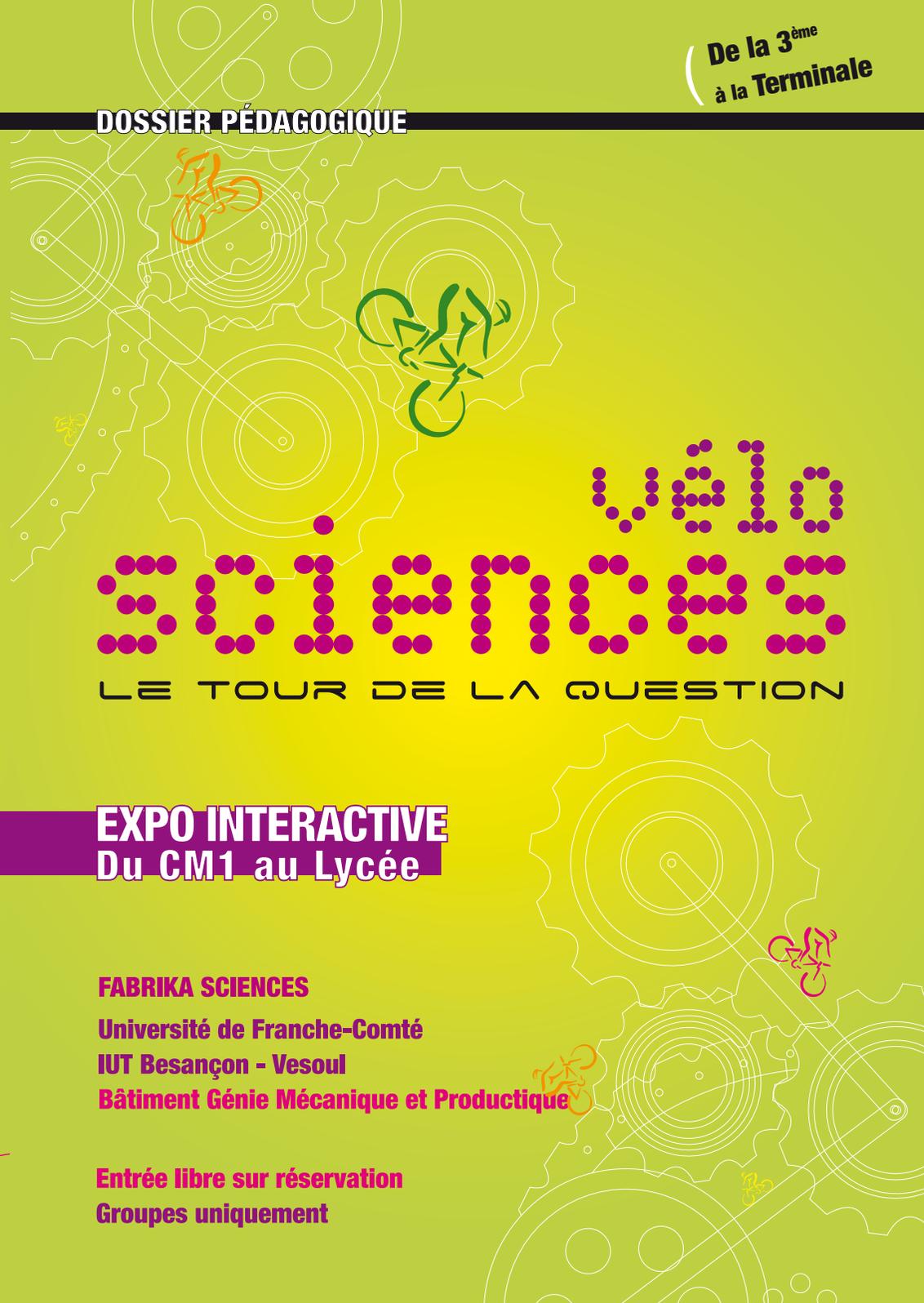
Niveau :
du CM1 à la terminale.
Animation adaptée à chaque niveau.

Pour compléter la visite :
possibilité de visiter un laboratoire,
l'Observatoire ou le Jardin botanique,
rencontrer un chercheur, etc.
(à programmer avec les animateurs
au moment de la réservation).

Informations, réservation et demande du dossier pédagogique :
Johanna Deridder ☎ 03 81 66 55 06
 ou **Marie-Pierre Terreaux** ☎ 03 81 66 20 95
 fabrika-sciences@univ-fcomte.fr
 Site internet : www.fabrika-sciences.fr



Graphisme : Isabelle Benaigle / © Photos : UFC - G. Panneton



fabrika sciences

LE TOUR DE LA QUESTION

EXPO INTERACTIVE Du CM1 au Lycée

FABRIKA SCIENCES
 Université de Franche-Comté
 IUT Besançon - Vesoul
 Bâtiment Génie Mécanique et Productique

Entrée libre sur réservation
Groupes uniquement

VELO LE TOUR DE LA QUESTION

La **Fabrika sciences** est née d'un partenariat entre deux structures visant à développer la culture scientifique en Franche Comté :

La Mission culture scientifique et technique (CST) de l'université de Franche-Comté développe différents types de médiations sur les recherches menées dans les laboratoires. Ses trois principaux objectifs sont d'expliquer au plus grand nombre les travaux réalisés par les chercheurs, de situer ces travaux dans leur contexte social et plus globalement de discuter et de débattre autour des sciences.

La Fabrika science : un espace dédié à la culture scientifique et technique à l'université

Le **Pavillon des sciences** est le centre de culture scientifique, technique et industriel (CCSTI) de Franche-Comté. Fort de ses 20 ans d'expérience, il est reconnu pour son savoir-faire en médiation scientifique.

Tout naturellement, ces deux structures, fortement soutenues par la Région Franche-Comté, se sont associées pour concevoir cet espace de 100m² de manips dédiées aux scolaires, mettant en scène les recherches de l'université, tout en abordant les principes scientifiques fondamentaux sur lesquels ces recherches s'appuient.

Le thème choisi pour la première exposition de la **Fabrika sciences** est le vélo et traite de mécanique et de science du sport.

Les étapes du tour...

UNE EXPOSITION SCIENTIFIQUE SUR LE SPORT ET LA BICYCLETTE Pourquoi le vélo ?

Parce qu'à l'heure des Vélodé et des Vélip', le vélo est en train de redevenir un moyen de transport majeur.

Parce que du vélo de route au BMX, la bicyclette attire la curiosité des plus petits comme des plus grands.

Enfin, Parce que l'université de Franche-Comté, via l'institut FEMTO ST, participe aux recherches menées sur l'amélioration des performances à vélo d'un point de vue biomécanique et mécanique.

Pour l'ensemble de ces raisons, le vélo a été choisi comme thématique pour la première exposition de la Fabrika sciences.

Les manips

Les manips. de l'exposition « Vélosciences », qui sont détaillées dans ce dossier pédagogique, traitent de phénomènes physiques de base tels que la force, le travail, la puissance et la démultiplication des forces, et abordent des problématiques plus spécifiquement liées à la performance sportive comme la résistance de l'air, l'inertie et la gestion de l'effort.

L'exposition est construite autour de 6 modules :

- **Un petit vélo dans la tête** : une invitation à entrer dans le monde de la recherche en mécanique et en sciences du sport
- **Garder la cadence** : le changement de vitesse
- **Bien se positionner** : la résistance de l'air
- **Gérer son effort** : la démultiplication des forces
- **Et ça roule** : inertie et effet gyroscopique
- **Tournez méninges** : les recherches en science du sport



DES THÉMATIQUES DE RECHERCHE ACTUELLES

Cette exposition interactive a été réalisée d'après le travail de chercheurs en mécanique et en sciences du sport de l'institut FEMTO ST.

Le laboratoire de « biomécanique » de l'institut FEMTO ST de l'université de Franche-Comté fédère des recherches en mécanique, en médecine et en sport, menées en collaboration avec les fédérations sportives, françaises ou internationales, afin d'améliorer les performances des sportifs.

Une meilleure compréhension scientifique des phénomènes impliqués dans la pratique d'une activité sportive favorise en effet la maîtrise de cette activité.

Dans le cas du cyclisme, les études menées par les chercheurs du laboratoire de biomécanique reposent sur le développement d'outils et de systèmes de mesure permettant de suivre les cyclistes, tant sur le plan physiologique que psychologique.

OBJECTIFS PÉDAGOGIQUES

L'objectif premier de cette exposition est de susciter l'envie de découvrir des thématiques scientifiques par l'intermédiaire du jeu et de la manipulation. Elle vise aussi à faire comprendre un certain nombre de concepts mécaniques, physiologiques et psychologiques qui régissent la pratique du cyclisme.

Parmi ces concepts, on trouve :

- le fonctionnement des engrenages,
- la démultiplication des forces,
- les notions de forces, de travail et de moment,
- la perception de l'effort,
- la résistance de l'air,
- l'inertie et l'effet gyroscopique.

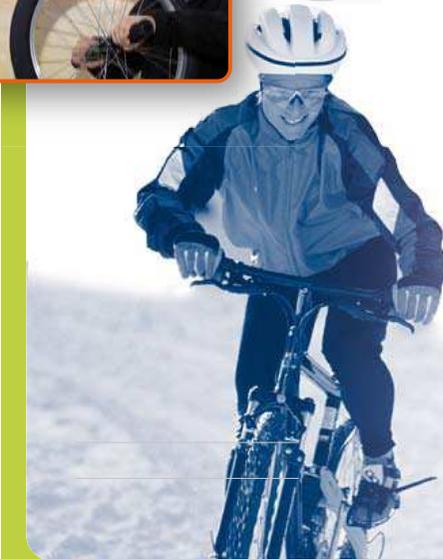
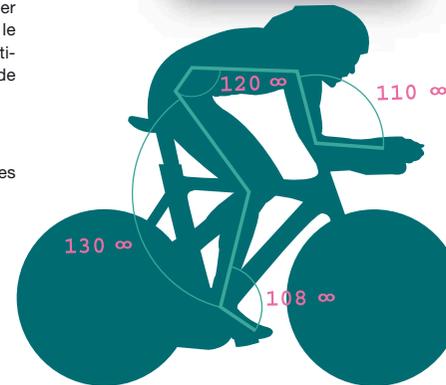
Quelques aspects sociaux et historiques de ces thématiques sont aussi abordés :

- les engrenages et l'industrialisation en Franche-Comté,
- le vélo dans le monde et au quotidien.

DÉROULEMENT DE LA VISITE

En arrivant à la **Fabrika sciences** les élèves sont immédiatement accueillis par deux animateurs qui débute la visite par une brève présentation du sujet de l'exposition et des recherches menées par l'université sur l'amélioration des performances à vélo. Ensuite les élèves sont invités à se rendre par groupes sur l'une des 25 manips de l'exposition et à suivre les explications indiquées sur les panneaux. Chaque manip. met en évidence un des concepts scientifiques précédemment cités.

Les animateurs assurent l'explication de tous les phénomènes mis en valeur par les élèves. Les professeurs sont aussi mis à contribution pour guider la réflexion des élèves.



LES ENGRENAGES

1

vélo
sciences
LE TOUR DE LA QUESTION



© Charfield Amberley Working Museum - Angleterre

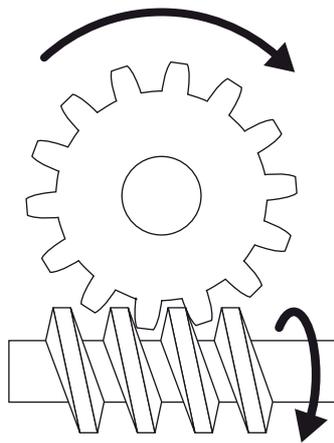
Les engrenages sont utilisés dans les microtechniques comme dans l'industrie.

POUR COMMENCER

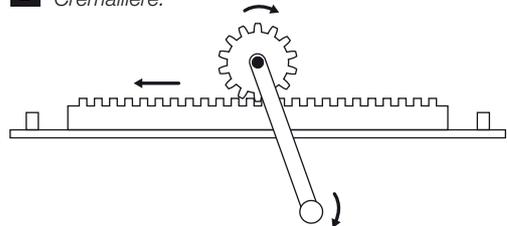
Pour faire passer un mouvement entre deux roues, on a d'abord eu l'idée de mettre une roue qui tourne en contact avec une roue qui n'est pas en mouvement. Mais on s'est rendu compte que les roues glissaient l'une sur l'autre. On a donc pensé à leurs mettre des dents. L'engrenage était né.

Il existe des engrenages simples, constitués de deux ou plusieurs engrenages (on parle alors de *train d'engrenages*) et des engrenages plus complexes qui transforment le mouvement initial.

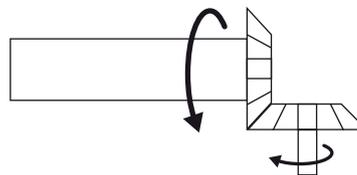
1 Vis sans fin.



2 Crémaillère.



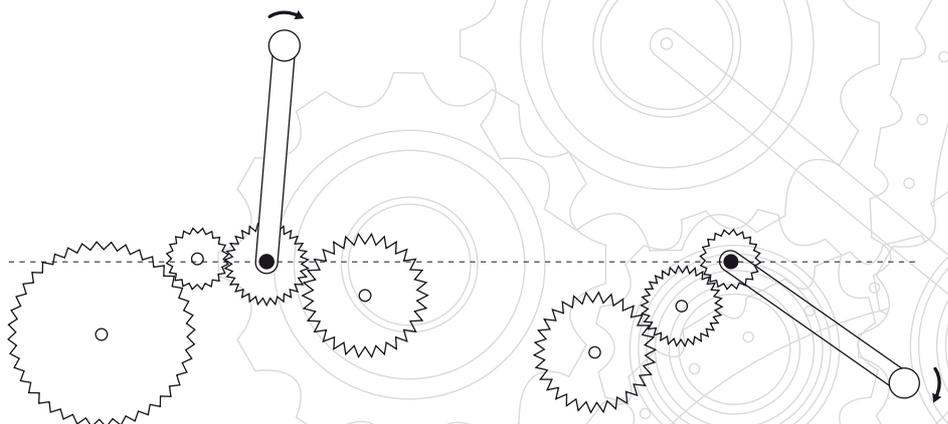
3 Engrenage cône avec changement d'axe de rotation.



LES MANIPS

Les engrenages : passeurs de mouvements

L'élève tourne deux manivelles qui actionnent chacune un train d'engrenages. Avec un feutre, il indique le sens de rotation de chaque roue. Il peut aussi comparer la vitesse de rotation de chaque roue en fonction de sa taille, grâce à des repères collés sur les engrenages. L'élève en déduit qu'un engrenage peut conserver, ralentir, accélérer ou changer le sens de rotation d'un mouvement.



Notions abordées

- rotation autour d'un axe
- transformation du mouvement
- transmission de l'énergie

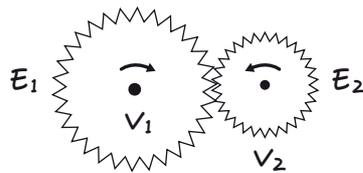


© MTCC / Cl. M. Paignard

Roue hydraulique du puits d'Amont, salines de Salins-les-Bains.

Le rapport de transmission (R)

Le rapport de vitesse obtenu entre l'entrée et la sortie dépend du nombre de dents des roues en contact.



$$R = \frac{V_2}{V_1} = \frac{\text{Nombre de dents } E_2}{\text{Nombre de dents } E_1}$$

Si R est supérieur à 1 on parle de multiplicateur, si R est inférieur à 1 on parle de réducteur.

Le rendement de transmission (η)

Le rendement de transmission permet de déterminer les pertes d'énergies dues au système de transmission du mouvement.

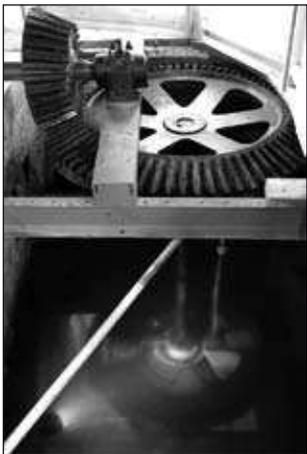
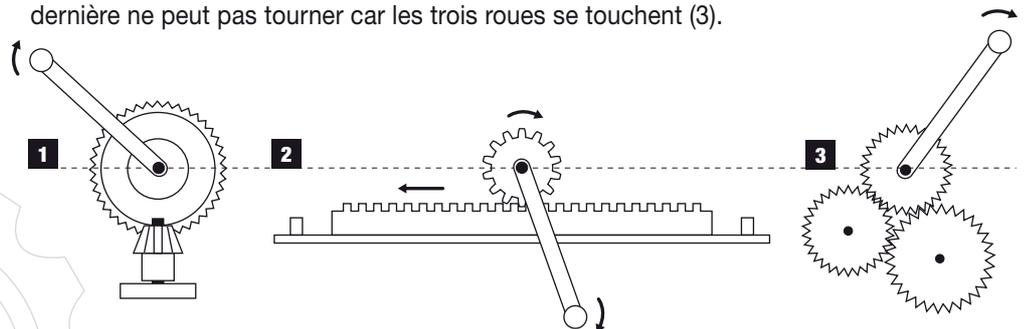
$$\eta = \frac{\text{Énergie } E_2}{\text{Énergie } E_1} = \frac{\text{Puissance } E_2}{\text{Puissance } E_1}$$

Les engrenages classiques ont des rendements supérieurs à 95%.

Ils sont très utilisés dans toutes les branches de la mécanique : de l'horlogerie jusqu'à l'industrie lourde.

Le pouvoir transformateur des engrenages

Trois manivelles déclenchent des engrenages qui transforment le mouvement initial. La première provoque un changement d'orientation de l'axe de rotation (1), la deuxième une transformation du mouvement de rotation en translation (2), et la dernière ne peut pas tourner car les trois roues se touchent (3).



© MTCC / Cl. P. Guénat

Turbine hydraulique actionnant une scie battante, musée de la boissellerie à Bois d'Amont.



© MTCC / Cl. M. Paignard

Ordon à martinet de forge, taillanderie de Nans-sous-Sainte-Anne.

Ouverture : les engrenages et l'industrialisation en Franche-Comté

Ce panneau invite à découvrir le patrimoine industriel de la région à travers ses engrenages magistraux (roue hydraulique des Salines de Salins-les-Bains, turbine hydraulique de la boissellerie de Bois d'Amont et ordon à martinet de forge de la taillanderie de Nans-sous-Sainte-Anne).

FORCES, MOMENT ET TRAVAIL

2

velo
sciences
LE TOUR DE LA QUESTION



POUR COMMENCER

Les forces

Depuis 1687, date de publication des *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* par Isaac Newton, la définition suivante de la force est adoptée : « une force est une action mécanique capable de créer une modification de la vitesse d'un objet ou d'une partie d'un objet, ce qui induit un déplacement ou une déformation de l'objet ».

Le moment

Le moment d'une force est l'aptitude de cette force à faire tourner un système mécanique autour d'un point donné ou d'un axe. Le moment est exprimé en newton-mètre (N.m). Si la direction de la force est confondue ou est parallèle à l'axe, le moment de cette force est nul car elle ne déclenche pas de rotation.

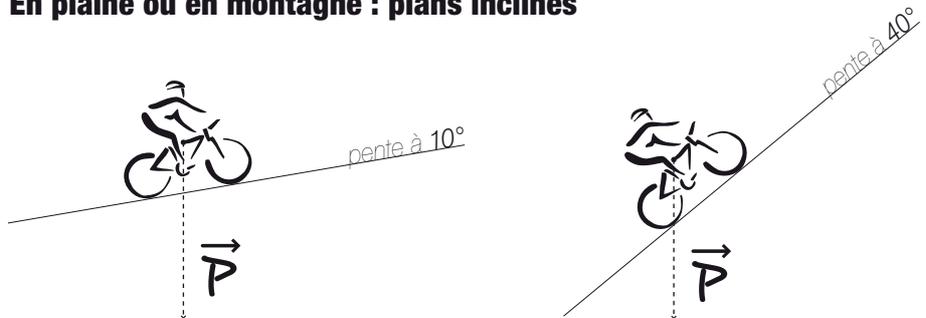
Le travail

Le travail est l'énergie fournie par une force qui induit le déplacement ou la déformation d'un objet. Le travail s'exprime en joule (J).

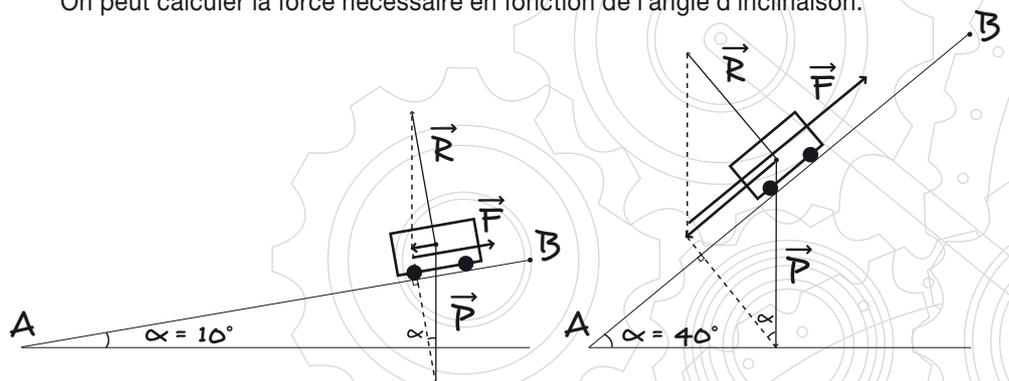


LES MANIPS

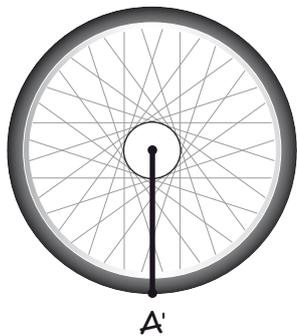
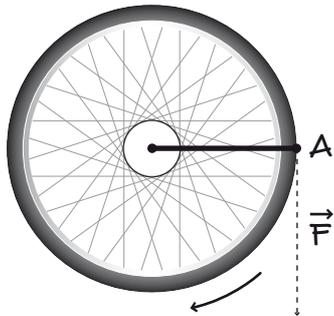
En plaine ou en montagne : plans inclinés



La manip comprend deux plans inclinés, l'un de 10° et l'autre de 40°, sur lesquels se déplacent des petits chariots avec ou sans roulettes. Ces chariots sont reliés à une masse que l'on peut faire varier. L'élève remarque que la force qui permet au chariot de se mouvoir est plus importante pour le plan incliné à 40°. Elle est encore plus grande lorsque le chariot n'a pas de roulettes et frotte sur le support. On peut calculer la force nécessaire en fonction de l'angle d'inclinaison.



Moment d'une force :



Notions abordées

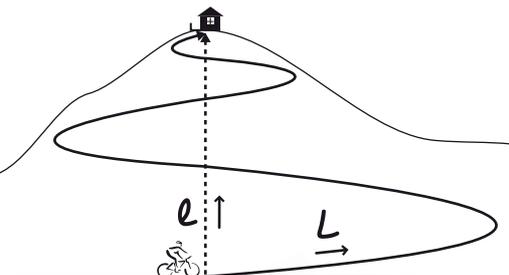
- vecteur d'une force
- trigonométrie
- moment d'une force
- travail d'une force
- lois de Newton
- puissance



LES FORCES



Pour arriver au refuge, plus le détour est long, plus la force à déployer est petite.



Réduis ta fatigue : passe le col !

Cette manip a été mise au point par les chercheurs en sciences du sport de l'université de Franche-Comté dans le cadre de leur étude sur la performance sportive. On simule une montagne à gravir à vélo en partant droit dans la pente ou en faisant des zigzags. Un petit appareil branché sur le vélo, le *Power tap*, réunit des informations telles que la distance parcourue, la puissance fournie, la vitesse moyenne et la fréquence cardiaque. L'élève peut concrètement appliquer la relation $W = F \times L$: pour arriver au sommet, plus le trajet (L) est long, moins la force (F) à déployer est importante. L'énergie fournie reste la même, quel que soit l'itinéraire choisi. L'élève peut calculer la force qu'il déploie en fonction de la distance parcourue.

Les leviers

Leviers du premier genre

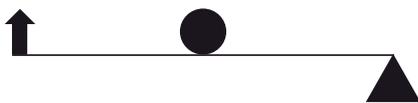


La balance : on constate qu'il est possible d'équilibrer une balance en posant moitié moins de masses d'un côté si on les pose à une distance double de l'axe.

La cisaille : à l'aide d'une cisaille dont on peut allonger les manches, l'élève remarque aussi qu'il est plus facile de couper un objet avec une cisaille à long manche.

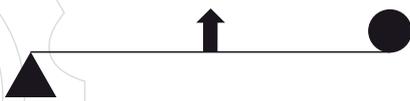
Le pied de biche : il est plus facile de soulever une charge à l'aide d'un levier.

Levier du deuxième genre



La brouette : on constate qu'il est plus facile de porter des sacs de sable en les posant le plus près possible de la roue.

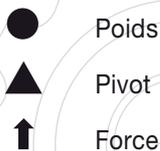
Levier du troisième genre



Le bras de levier : il permet de constater que la direction de la force que l'on exerce pour porter une masse joue sur son efficacité.

Tous ces types de leviers permettent de comprendre le moment d'une force. Plus la force est déployée loin de l'axe, plus elle est efficace ($M = F \times d$).

En mesurant les distances entre l'objet à soulever ou à couper, le point où la force est déployée et l'axe, on peut connaître les forces déployées dans chaque cas.



DÉMULTIPLICATION

3



Les poulies sont utilisées aussi bien pour déplacer des charges importantes sur des chantiers que pour hisser des voiles de bateau.

sciences
LE TOUR DE LA QUESTION

POUR COMMENCER

Quand un objet est trop lourd à soulever, c'est qu'on ne peut pas fournir toute la force nécessaire. Pour remédier à ce problème, on peut fournir une plus petite force mais plus longtemps pour soulever ce même objet : c'est la *démultiplication*. Pour cela, il faut des dispositifs particuliers tels que les poulies, les treuils, les leviers ou encore, comme dans le cas du vélo, des engrenages.

LES MANIPS

Multiplie les tours, démultiplie ta force

L'élève hisse une charge de 16 kg avec différents assemblages de poulies :

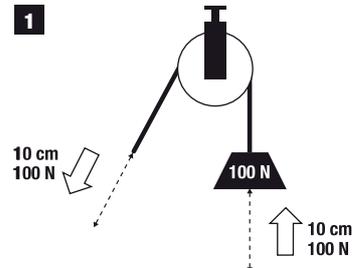
- une poulie fixe,
- une poulie fixe et une poulie mobile,
- un palan constitué de deux poulies fixes et de deux poulies mobiles.

L'élève essaie consécutivement les trois systèmes et constate que l'effort fourni pour hisser la charge avec le palan est moins important, mais oblige à tirer une plus grande longueur de corde.

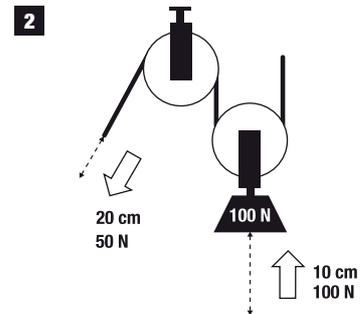
Cette manip permet de réintroduire les notions de *travail* et de *moment* (voir fiche n°2 Forces, moment et travail) :

Le travail

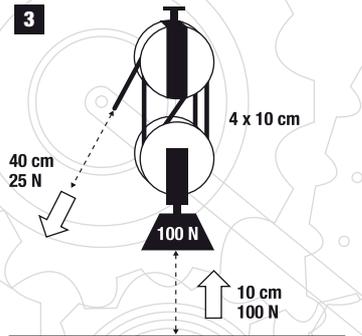
On peut calculer la démultiplication de la force pour le palan à quatre brins en mesurant la longueur de corde tirée. Comme $W = F \times L$, le travail est constant, si L est multiplié par 4, alors F est divisé par 4.



Poulie simple fixe



Poulie simple mobile

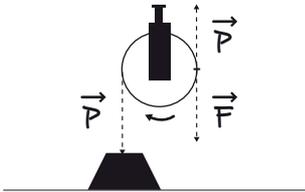


Palan à 4 brins

Notions abordées

- transformation du mouvement
- effets d'une force
- travail et moment d'une force
- vecteurs de forces

DÉMULTIPLICATION



Moment d'une force.

Le moment

On étudie les forces exercées sur l'une des poulies du palan. Comme la poulie est un mobile en rotation, une force exercée sur elle lui donne une aptitude à tourner autour de son axe. Cette aptitude se nomme moment (M en N.m). Et $M = F \times d$ avec F la force exercée et d la distance entre le point d'application de la force et de l'axe de rotation.

Pignons et plateaux : pour foncer ou se ménager

Deux systèmes d'engrenages permettent de hisser une charge de 3 kg. L'un correspond à un réglage des vitesses du vélo « grand plateau / petit pignon » et l'autre « petit plateau / grand pignon ». Le but est de les comparer. On constate qu'il est plus facile de soulever la charge avec le petit développement. Mais il faut aussi faire plus de tours de manivelle.



$$M = F \times d$$

$$M_{E_1} = F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2$$

$$F_{\text{pédale}} = \frac{F_{\text{plateau}} \times d_1}{d_2}$$

Comme d_2 est fixe

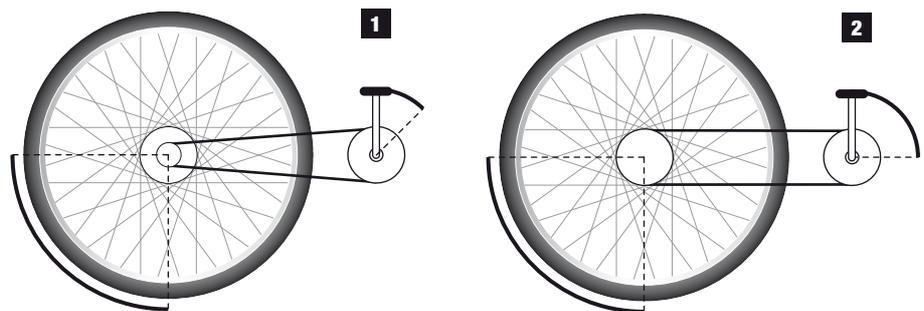
si $d_1 \searrow$

alors $F_{\text{pédale}} \searrow$

Le travail

Pour soulever la masse de 30 cm, dans le premier cas, il faut faire un quart de tour de roue équivalent à moins d'un quart de tour de pédale. La force à déployer est très importante (1). Dans le second cas, on fait un quart de tour de pédale, mais la force à déployer est moins importante (2).

Plus on fait de tours de pédale pour hisser la charge, moins la force à déployer est importante.



Le moment (3)

En augmentant la taille du pignon, on diminue la force nécessaire pour hisser la charge avec la roue arrière. En diminuant la taille du plateau, on diminue la force à exercer sur la pédale pour hisser la charge. En associant ces deux démultiplifications, on diminue fortement la force à exercer sur la pédale, mais on se contraint alors à faire un grand nombre de tours de pédale pour un seul tour de roue.

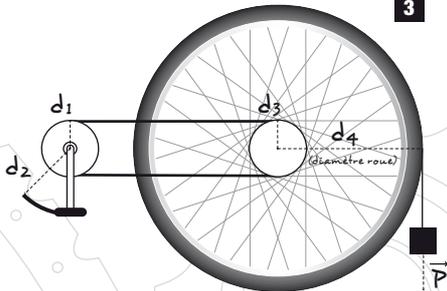
À chaque roue sa façon de tourner

On simule un trajet difficile à vélo. L'élève peut passer les vitesses pour réduire l'intensité de l'effort. Ses performances sont retransmises directement sur un écran et les autres élèves peuvent lui donner des conseils en fonction de sa cadence, son rythme cardiaque...

E_1

E_2

3



$$M_{E_2} = F_3 \times d_3 = F_4 \times d_4$$

$$F_{\text{pignon}} = \frac{P \times d_4}{d_{\text{pignon}}}$$

Comme d_4 est fixe

si $d_{\text{pignon}} \searrow$

alors $F_{\text{pignon}} \searrow$

PUISSANCE ET PERCEPTION DE L'EFFORT

4

vélo
sciences
LE TOUR DE LA QUESTION

POUR COMMENCER

La puissance

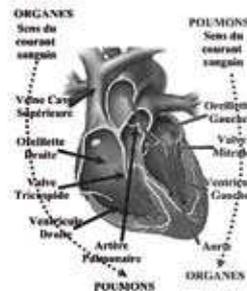
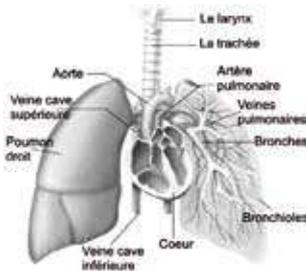
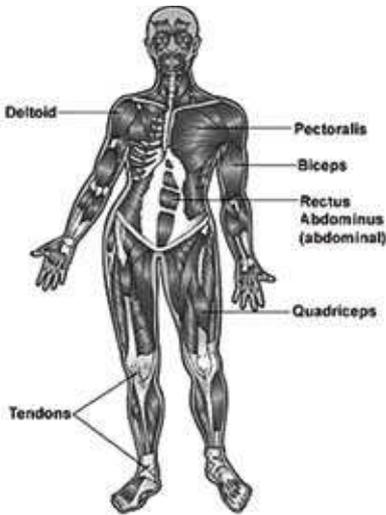
La puissance correspond à un débit d'énergie fourni pendant un temps donné : pour réaliser un même travail (une même énergie dépensée), un système plus puissant est plus rapide. L'unité de puissance est le watt (W) qui correspond à un joule fourni par seconde.

La puissance est toujours égale au produit d'une grandeur d'effort (force, couple, pression, tension...) par une grandeur de flux (vitesse, vitesse angulaire, débit, intensité du courant...).

La perception de l'effort

Il existe deux origines à la douleur due à un effort :

- la sensation physiologique locale (muscles et articulations),
- la sensation physiologique centrale (système respiratoire et cardiovasculaire).



Lorsqu'on réalise un effort, la douleur peut être due :

- à l'accumulation de déchets dans les muscles (locale),
- à une circulation insuffisante (centrale),
- à une respiration insuffisante (centrale),
- à une chute des réserves de glycogène (énergie) dans les muscles (locale),
- à une augmentation de la température (centrale).

L'effort d'un athlète est en général suivi grâce à la fréquence cardiaque de ce dernier et à la quantité d'acide lactique (déchets engendrés par l'exercice et stockés dans les muscles) présent dans son organisme. Ces paramètres sont les indicateurs objectifs de l'effort fourni.

Les chercheurs développent aujourd'hui une autre technique de mesure de l'effort. Un sportif qui « pousse un peu ses limites » ressent immédiatement une certaine douleur qui permet à son corps de limiter les éventuels déséquilibres biologiques provoqués par un exercice intense. Il peut donc utiliser ces différents seuils d'alerte pour quantifier sa douleur, et donc son effort, sur une échelle de 0 à 20. Lorsqu'elle est bien utilisée, cette perception, dite subjective, se révèle aussi précise que la perception physiologique objective.



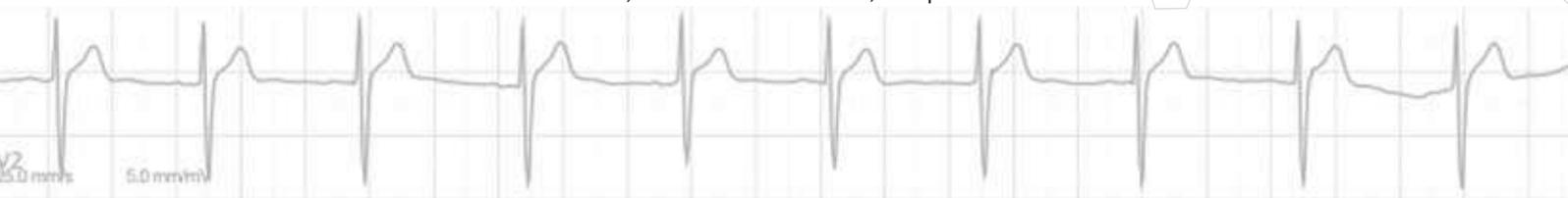
Notions abordées

- puissance et énergie
- travail d'une force
- réaction du corps humain à l'effort

LES MANIPS

Passé le col : lien entre travail et puissance

Nous avons déjà décrit cette manip, réalisée en collaboration avec les chercheurs en sciences du sport de l'université de Franche-Comté dans la fiche pédagogique n°2 *Force, moment et travail*. Ici, elle permet de mettre deux choses en évidence :



1 Le lien entre puissance, force et vitesse

Après avoir compris la notion de travail, on peut introduire la notion de puissance. Pour réaliser un même travail (toujours gravir cette montagne), on peut augmenter la distance à parcourir afin de diminuer la difficulté. Il est aussi possible de persister à vouloir prendre le chemin le plus raide et jouer sur sa vitesse pour diminuer

la difficulté. En effet, $P = F \times v$, donc si on roule à vitesse constante, la puissance augmente proportionnellement à la force exercée. En revanche, si on diminue sa vitesse (en changeant de développement par exemple), on peut réaliser le même travail avec la même force mais sur un temps plus long, avec une plus petite puissance développée.

2 Les liens entre puissance / perception objective / perception subjective de l'effort

Deux élèves – l'un à vélo, l'autre sur un tapis de course – doivent réaliser un effort qui augmente doucement et régulièrement. Le but est de comparer leur rythme cardiaque avec leur perception de l'effort (PE). On réalise ainsi deux courbes qui se révèlent être très proches.

Cette échelle de perception possède de nombreux avantages pour les sportifs qui peuvent :

- choisir de réaliser un entraînement proche de la douleur ressentie en compétition,
- avoir des instructions d'entraînement simples (*tu me fais 5 mn de course en PE 15/20*),
- être conscients de leurs propres seuils de douleur et s'habituer à les réduire pour un même effort.

ÉCHELLE DE PERCEPTION DE LA DOULEUR		
— 0	RIEN DU TOUT	pas de douleur
— 0,3		
— 0,5	EXTRÊMEMENT FAIBLE	à peine perceptible
— 1	TRÈS FAIBLE	
— 1,5		
— 2	FAIBLE	légère
— 2,5		
— 3	MODÉRÉE	
— 4		
— 5	FORTE	pénible
— 6		
— 7	TRÈS FORTE	
— 8		
— 9		
— 10	EXTRÊMEMENT FORTE	“douleur max.”
— 11		
— 12		
— MAXIMUM absolu		plus élevée possible



INERTIE, ÉNERGIE CINÉTIQUE et EFFET GYROSCOPIQUE



vélo
sciences
LE TOUR DE LA QUESTION

POUR COMMENCER

Inertie

L'inertie d'un corps est sa capacité à conserver une vitesse constante (ou à rester immobile) lorsque aucune force externe ne s'y applique, ou lorsque les forces qui s'y appliquent s'équilibrent.

La force d'inertie est la résistance qu'un corps oppose au mouvement, en raison de sa masse. Plus sa masse est importante, plus son inertie est grande.



© CIO / Y. Nagaya

La patineuse tend les bras pour ralentir sa vitesse de rotation.



Gyroscope

ÉNERGIE CINÉTIQUE

L'inertie est une grandeur qui reste mathématiquement floue. Les scientifiques ont donc inventé une grandeur qui traduit cette résistance au changement de mouvement en tenant compte de la masse et de la vitesse de l'objet. C'est l'énergie cinétique.

Dans tous les cas : $E_c = \frac{1}{2} m v^2$

Dans le cas d'une roue en rotation : $E_c = \frac{1}{2} m_{\Delta} \omega^2$

et $m = F \times l$

avec m_{Δ} = moment de rotation

ω = vitesse angulaire de rotation

l = distance à l'axe

donc $E_c = \frac{1}{2} \times F \times l \times \omega^2$

donc si $l \nearrow$ alors $\omega \searrow$

Donc, pour une énergie constante, si la masse est concentrée sur la périphérie de la roue (l grand), alors la vitesse diminue.

Effet gyroscopique

Une fois lancé, un solide en rotation résiste à tout changement de moment de rotation (voir fiche n°2 *Force, moment et travail*). Si on tente de changer l'axe de rotation de ce solide, il s'y oppose en développant une force perpendiculaire à la force exercée. Ainsi, lorsqu'on tient un gyroscope par un seul de ses côtés, il défie apparemment les lois de la gravité en ne chutant pas. En fait, son énergie cinétique est suffisante pour lui permettre de garder sa position initiale.

Notions abordées

- mouvement de translation et de rotation
- principe d'inertie
- effet gyroscopique
- effet cinétique
- précession

LES MANIPS

Fauteuil tournant

Assis sur un fauteuil tournant, l'élève met des masses autour de ses poignets. On lance la rotation du fauteuil et l'élève approche et éloigne les bras de son corps afin d'accélérer ou de ralentir la rotation. Cette manip permet de comprendre le rôle de la répartition des masses dans l'énergie cinétique d'un corps en rotation.





INERTIE et EFFET GYROSCOPIQUE

Tapis vibrant

Cette vidéo vise à donner une idée de l'application du phénomène d'inertie dans l'industrie.

Raquettes

Pour comprendre comment fonctionne un tapis vibrant, on utilise des raquettes dans les coins desquelles on place des objets plus ou moins lourds. Il faut amener les objets au centre de la raquette en trois coups. L'élève constate que l'inertie de l'objet le fait rester sur place alors que c'est la raquette qui bouge en dessous. Plus l'objet est lourd, plus il reste en place et plus il est facile de placer la raquette en dessous.



Des roues imprévisibles

L'élève tient une roue en rotation entre ses bras tendus. Quand on tente de pencher la roue dans une direction, l'effet gyroscopique résiste au mouvement et lui fait prendre la direction perpendiculaire.

Toupies et gyroscopes

Les élèves sont invités à essayer toutes sortes de toupies et de gyroscopes pour mettre en évidence la conservation du moment de rotation et l'effet gyroscopique d'un solide en rotation. On remarque aussi que lorsqu'on tient un gyroscope par une extrémité, l'extrémité libre de l'axe décrit lentement un cercle dans un plan horizontal : c'est la précession.



RÉSISTANCE DE L'AIR

6

vélo
sciences
LE TOUR DE LA QUESTION

POUR COMMENCER

Pour étudier la résistance de l'air sur le cycliste, il faut connaître un certain nombre de paramètres :



La vitesse du cycliste

Par temps calme, la résistance de l'air est proportionnelle au carré de la vitesse du cycliste. En cas de vent contraire, il faut encore compenser la vitesse du vent !



Les conditions atmosphériques

La masse volumique de l'air est plus faible par temps chaud et humide. C'est donc dans ces conditions que la résistance de l'air sera la plus faible.



Le profil aérodynamique

La résistance de l'air est proportionnelle à la surface frontale et au coefficient aérodynamique du cycliste.

Remarque

Le poids du cycliste ne joue absolument pas sur la résistance de l'air.
En revanche, il joue un rôle important dans le frottement du vélo sur la route.



© J. Derich

LES MANIPS

Se faire tout petit

On a déjà tous constaté qu'à vélo l'effort est beaucoup moins grand lorsqu'on se protège du vent. Il existe deux techniques pour se protéger de la résistance liée au vent : rouler juste derrière un autre cycliste et/ou se mettre dans une position qui offre le moins de surface de résistance.

Le peloton

Le cycliste qui roule au milieu d'un peloton consomme environ entre 30 et 40 % d'énergie de moins que quand il pédale devant le peloton, dans le vent. Une petite manip toute simple permet de mettre ce phénomène en évidence. Des petites figurines de cyclistes, montées sur ressorts, sont placées derrière un tube dans lequel on insuffle de l'air. Suivant la manière dont on place les cyclistes les uns par rapport aux autres, les figurines penchent plus ou moins sur leur ressort.



Notions abordées

- vitesse
- surface
- aérodynamique
- climat et pression atmosphérique



RÉSISTANCE DE L'AIR



© ASCO

Calcul de la résistance de l'air

Pour réaliser ce calcul, les élèves commencent par monter sur un vélo et simuler la position qu'ils adoptent en descente et sur un terrain plat. On prend une photo de l'élève dans chacune de ces deux positions et on note sa vitesse. L'élève découpe ensuite ses deux silhouettes, les pèse et transforme ces masses en surfaces. On fixe un coefficient aérodynamique (0,825 si le cycliste est en position haute et 0,775 s'il est en position basse). On fixe enfin la masse volumique de l'air qui varie entre 1,35 et 1,14 kg/m³ suivant qu'il fait plutôt froid et sec ou chaud et humide.

On fait ensuite plusieurs calculs permettant de comparer l'importance respective de la vitesse et de la surface frontale dans la résistance de l'air.



Calcul de la résistance au vent :

$$r = \frac{1}{2} \rho S C_x v^2$$

- r = résistance au vent*
- ρ = masse volumique de l'air*
- S = surface cycliste*
- C_x = coefficient d'aérodynamisme du cycliste*
- v = vitesse du vent*

