



fischertechnik 

PROFI

Begleitheft
Activity booklet
Manual d'accompagnement
Begeleidend boekje
Cuaderno adjunto
Folheto
Libretto di istruzioni
Сопроводительная инструкция
附帶说明书



Mechanic & Static 2

30 MODELS

Sommaire



Les machines dans notre environnement	2
Qu'est-ce que la mécanique ?	2
Le moteur électrique	2
Engrenage à vis sans fin	3
Barrière	3
Plateau rotatif	4
Transmission par engrenage	4
Mécanisme à manivelle	4
Plan incliné	6
Réducteur de translation	7
Transmission par engrenage avec chaîne	7
Comparaison des modes de direction	9
Joint de cardan	10
Mécanisme intermittent à plusieurs vitesses	10
L'engrenage planétaire	12
Engrenage à pignon conique	13
Robot ménager	13
Différentiel	14
Plate-forme mobile à ciseaux	15
Engrenage accouplé	16
Essuie-glace	16
Chaîne cinématique à quatre joints articulés	16
Scie à archet	17
Levier	17
Crochetbascule	17
Balance à poids mobile	18
Poulies et palans	18
L'univers de la statique	20
Table	20
Echelle double	21
Pont à poutres droites	21
Pont avec solive transversale	22
Pont à membrure supérieure transversale	22
Pont à haubans	23
Grue	24

Les machines dans notre environnement

► Qui transporte encore de lourdes charges aux alentours de nos jours ? Qui perce encore un trou dans un mur en faisant usage de la force de ses muscles ? Qui lave encore son linge avec une planche à laver ? Pratiquement plus personne. L'homme a conçu d'innombrables appareils pour lui faciliter la vie et le travail. En commençant par la rouage d'un moulin jusqu'aux ordinateurs en passant par les moteurs à réaction d'un gros porteur. Les appareils qui vous facilitent le travail quotidien ou qui s'en charge à votre place sont appelés « machines » dans le langage du métier.

Les machines peuvent :	Exemples :
● Déplacer des charges	● Camions, voitures automobiles, grues, excavateur et pelle mécanique...
● Traiter des matériaux	● Machines à remuer la pâte, bétonnière, mixeur...
● Transformer l'énergie électrique en énergie cinétique	● Moteur électrique
● Traiter des données	● Calculatrice de poche, ordinateur...

Qu'est-ce que la mécanique ?

► La mécanique est le domaine de la physique ayant l'étude des effets et forces agissant sur des corps immobiles et en mouvement pour objet. La mécanique est divisée en différents domaines, qui sont p. ex. la statique, la dynamique, le cinétique ou la thermodynamique. Nous limitons les explications données dans ce manuel aux deux domaines de la dynamique et de la statique.

Les scientifiques ont examiné les domaines de la mécanique depuis l'Antiquité. Jadis, les maîtres bâtisseurs des cathédrales ont analysé l'équilibre des forces jusqu'à l'extrême en construisant des églises toujours plus hautes. De nos jours, un staticien se charge des calculs de stabilité d'une construction. Sa dénomination professionnelle – évidemment – provient du domaine mécanique de la statique. De plus amples détails vous sont donnés dans la partie réservée au sujet de la statique.

Les machines ou engrenages sont dynamiques dès qu'ils bougent. La **dynamique** étudie les relations entre les forces et les mouvements qu'elles produisent, par exemple le mouvement giratoire d'un arbre, les va-et-vient ou la transmission d'une roue dentée. La dynamique est donc la science des modifications des mouvements. Les chapitres ci-après vous apprendront à faire mieux connaissance des détails de cette science.

Le moteur électrique

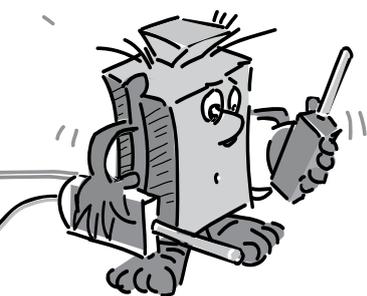


► Le moteur est une sorte de transmission pour une machine. Il faut faire la différence entre deux types de moteurs : les moteurs à combustion et les moteurs électriques. Une automobile tire habituellement son énergie mécanique d'un moteur à combustion. Il va de soi que ce type de moteur si compliqué

n'est pas compris dans votre boîte de construction, mais elle dispose d'un fameux moteur électrique.

Les moteurs électriques servent de transmissions à la plupart des machines dont nous nous servons quotidiennement. Leur emploi est possible partout où on dispose d'énergie électrique.

► Le moteur électrique intégré à votre boîte de construction se distingue par une vitesse de rotation très élevée, c.-à-d. qu'il tourne si vite que l'œil humain est dans l'incapacité de voir chaque tour. Mais ce moteur est aussi très « faible » et ne peut donc ni lever des charges ni entraîner un véhicule. Il faut évidemment se servir d'une transmission pour réduire les rotations rapides et pour donner plus de « force » au moteur.



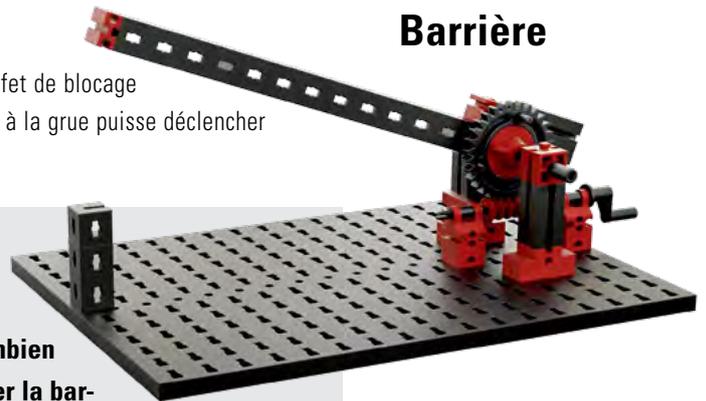
► Un engrenage à vis sans fin est la transmission la mieux appropriée pour réduire la vitesse de rotation trop élevée du moteur. Pour ce faire, on place une vis sans fin sur l'arbre du moteur, donc sur la tige qui fait saillie du boîtier du moteur. Cette vis sans fin entraîne une roue dentée. On utilise ce type d'engrenages chaque fois qu'on veut réduire une vitesse de rotation élevée dans un espace restreint.

Un engrenage à vis sans fin fonctionne de façon autobloquante, ceci signifie que la roue tangente est effectivement entraînée par la vis sans fin, mais que l'engrenage demeure cependant bloqué contre les mouvements en retour.

Engrenage à vis sans fin

► Les barrières et grues utilisent ce type d'engrenage par ce que l'effet de blocage sûr de la vis sans fin empêche que la barrière ou la charge suspendue à la grue puisse déclencher un « mouvement en retour ».

Barrière



Travaux pratiques :

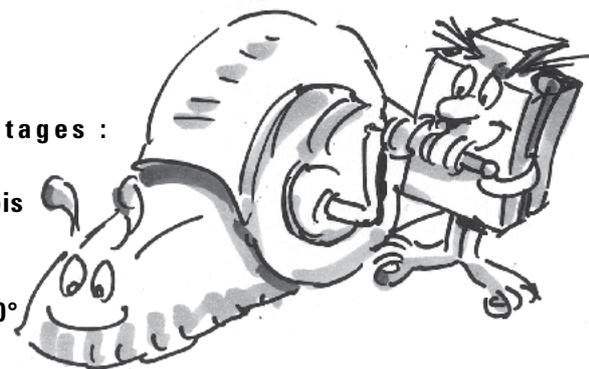
- Copiez la maquette de la barrière.
- Soulevez la barrière à l'aide de la manivelle. De combien de tours de manivelles avez-vous besoin pour amener la barrière à la verticale ?
- Tentez de tirer la barrière vers le bas avec les doigts. Que constatez-vous ?

Vous aviez certainement besoin de plusieurs tours de manivelle pour déplacer la barrière dans un angle de 90°. Étiez-vous en mesure de tirer la barrière vers le bas ? Bien sûr que non, car c'est ce qu'on entend par engrenage autobloquant.

Grâce à la petite manivelle, vous étiez en mesure de soulever la grande barrière sans peine et ceci prouve que l'engrenage à vis sans fin a accru la force motrice ou de traction.

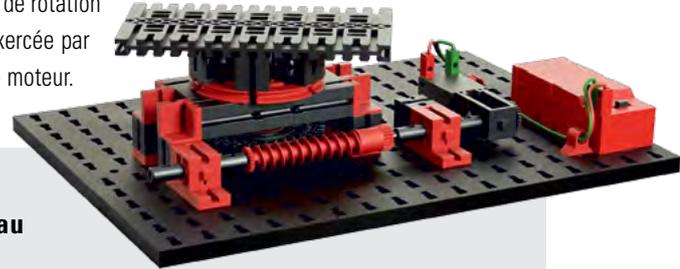
L'engrenage à vis sans fin possède de nombreux avantages :

- Il est peu encombrant
- Il démultiplie la vitesse de rotation de la transmission maintes fois
- Il est autobloquant
- Il augmente la force de transmission
- Mais il modifie aussi la direction du mouvement de rotation de 90°



Plateau rotatif

► Le mécanisme de l'engrenage à vis sans fin trouve son application dans d'innombrables machines. Un exemple des plus simples est le plateau rotatif, qui sert de prochaine maquette. Cette maquette a pour objectif de réduire la vitesse de rotation et de modifier le sens de rotation. La résistance exercée par le plateau rotatif sous charge ne doit pas arrêter le moteur.



Travaux pratiques :

- Copiez la construction du plateau rotatif.
- Placez un pot avec de l'eau ou de la terre sur le plateau rotatif et choisissez un pot d'une taille appropriée au plateau.
- Le petit moteur peut-il effectivement tourner le grand pot ?



Transmission par engrenage

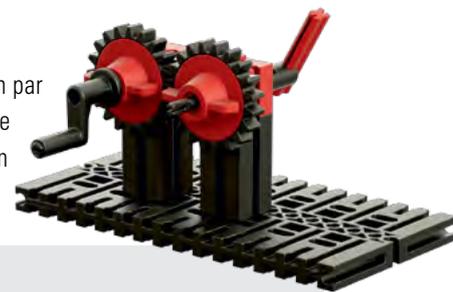
► Ce chapitre vous permet de faire la connaissance des engrenages composés de roues dentées. Les roues dentées comptent parmi les éléments de machines les plus anciens et robustes. Elles existent de différentes natures et tailles. Les transmissions par engrenage des bicyclettes possèdent par exemple des fonctions tout à fait similaires. Sauf que les roues dentées sont remplacées par des roues dentées à chaîne et une chaîne dans ce cas.

Les transmissions par engrenage permettent de transmettre et de modifier les mouvements de rotation. Une transmission par engrenage peut :

- Transmettre un mouvement de rotation
- Modifier une vitesse de rotation
- Augmenter ou réduire une force de rotation ou
- Modifier un sens de rotation

Mécanisme à manivelle

► Dans le cas des maquettes ci-après, vous construisez une transmission par engrenage avec des roues droites à crémaillère. On se sert toujours de roues droites lorsqu'on veut transmettre le mouvement de rotation sur un arbre couché parallèle.



Travaux pratiques :

- Copiez le mécanisme à manivelle 1.
- Effectuez un tour de manivelle. Combien de tours l'arbre avec la deuxième roue dentée a-t-il effectué ?
- Tournez la manivelle dans le sens de rotation des aiguilles de la montre. Dans quelle direction la roue motrice tourne-t-elle et bouge-t-elle le deuxième arbre ?

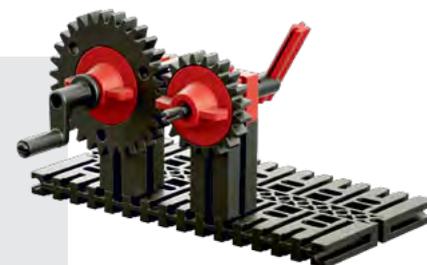


En admettant que vous vouliez déplacer un véhicule de cette façon, tout se passerait très lentement. Sans oublier que tout se passerait en marche arrière. Cette maquette est uniquement destinée à servir d'exemple pour la structure et le calcul d'un simple engrenage.

Calcul du rapport des transmissions par engrenage		
	Roue motrice	Roue réductrice
Roue n°	1	2
Nombre de dents d'une roue dentée	Z_1	Z_2
Nombre de rotations	n_1	n_2
Sens de rotation (gauche / droite)		

Travaux pratiques :

- Copiez le mécanisme à manivelle 2.
- Effectuez un tour de manivelle. Combien de tours l'arbre avec la deuxième roue dentée a-t-il effectué ?
- Tournez la manivelle dans le sens de rotation des aiguilles de la montre. Dans quelle direction la roue motrice tourne-t-elle et bouge-t-elle le deuxième arbre ?



Si vous tentiez de déplacer un véhicule de cette façon, le tout serait déjà un peu plus rapide qu'avec la première maquette. Procédez également au calcul du rapport de transmission de cet engrenage.

Calcul du rapport des transmissions par engrenage		
	Roue motrice	Roue réductrice
Roue n°	1	2
Nombre de dents d'une roue dentée	Z_1	Z_2
Nombre de rotations	n_1	n_2
Sens de rotation (gauche / droite)		

Plan incliné

► Vous trouviez-vous déjà à vélo au sommet d'une colline et ne saviez pas quelle route prendre des deux routes disponibles pour redescendre ? Le trajet à forte pente pour vous griser de vitesse ou le chemin plus plat et évidemment plus long, mais permettant de rouler plus loin. Mais est-ce exact ? Peut-on vraiment rouler plus loin sur un chemin plat que sur une route à forte pente ? Tentons de le découvrir tous ensemble au moyen d'un essai.

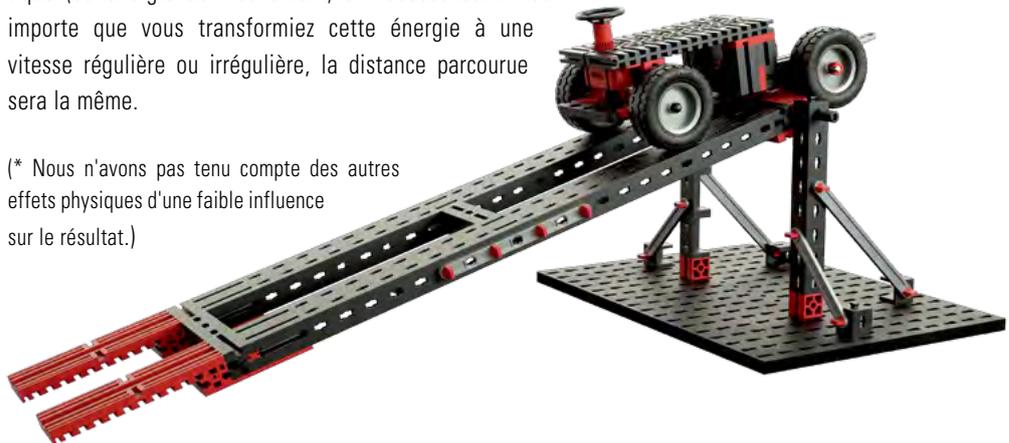
Travaux pratiques :

- **Montez la maquette du « plan incliné » avec le véhicule s'y rapportant en vous servant des instructions de montage.**
- **Placez le véhicule exactement au sommet sur la position de départ, de sorte à ce qu'il roule de manière parfaitement parallèle vers le bas de la rampe. Mesurez le chemin parcouru avec un mètre ruban ou pliant et notez la valeur dans le tableau. Répétez l'essai encore deux fois, parce que trois valeurs mesurées valent mieux qu'une.**
- **Raccourcissez maintenant la rampe sur environ un demi-mètre en enlevant quelques éléments de construction. Puis, répétez les trois cycles d'essai et prenez également note des nouvelles valeurs dans le tableau.**

	Rampe longue	Rampe courte
1 ^{er} chemin parcouru en cm :		
2 ^e chemin parcouru en cm :		
3 ^e chemin parcouru en cm :		

Cela vous surprend-il ? Il n'y a (presque) pas de différence entre une rampe à forte pente ou une rampe plate. Quelles sont les forces agissant sur la distance de roulage ? Dans notre essai, il s'agit de l'énergie de position* mémorisée, également appelée énergie potentielle. Une énergie que possède un corps du fait de sa position en altitude ou par rapport à la gravitation. Qu'il s'agisse de la voiture sur le haut de la rampe ou de vous-même avec votre vélo sur la colline. En montant, vous avez transformé l'énergie cinétique en énergie potentielle. C'est cette quantité définie d'énergie potentielle que vous pouvez retransformer en énergie cinétique (ou énergie de mouvement) en redescendant. Peu importe que vous transformiez cette énergie à une vitesse régulière ou irrégulière, la distance parcourue sera la même.

(* Nous n'avons pas tenu compte des autres effets physiques d'une faible influence sur le résultat.)



► Vous avez déjà appris bien des choses sur les engrenages et pouvez maintenant appliquer vos connaissances pour une maquette. Construisez le véhicule 1. Vous disposez dorénavant d'une véritable transmission pour le véhicule grâce au moteur et à l'engrenage.



Réducteur de translation



Pour continuer d'accélérer les choses, copiez le véhicule 2. Le mobile est dorénavant 1,5 fois plus rapide que son prédécesseur. Sauf que cette transmission peut être problématique en côte.

Le véhicule 3 est doté d'une structure d'engrenage « contraire » à celle du véhicule 2. Est-ce que sa vitesse sera différente en comparaison avec celle des autres maquettes ?

Par ces trois transmissions par engrenage, vous avez créé un rapport 1 : 1 avec une vitesse de rotation constante et un moment de force égal. Votre deuxième maquette possède un rapport de transmission de 1 : 1,5 et un moment de force réduit. Ceci signifie que cette maquette est plus rapide, mais moins « puissante ». Le troisième véhicule est doté du rapport de transmission 2 : 1 et avance donc plus lentement que les deux véhicules précédents et c'est aussi pour cette raison qu'on l'appelle démultiplicateur. Ce type de transmission présente l'avantage d'être plus « puissant », car doté d'un moment de force plus élevé. C'est un effet de ce principe qu'on se sert p. ex. pour les tracteurs. Ils avancent plus lentement que les automobiles, mais sont nettement plus puissants



► Vous connaissez les trois types de transmission par engrenages des vitesses de la bicyclette. L'entraînement du grand pignon à l'avant et du petit pignon à l'arrière permet d'accélérer sur une surface plane. Et vous ne manquerez pas de passer sur un rapport de transmission plus petit que 1 : 1 en côte ou même 2 : 1 sur une pente raide.

Transmission par engrenage avec chaîne



Pour relier de grandes distances entre deux arbres, on se sert habituellement de soi-disant engrenage à mécanisme de traction. Les mécanismes de traction peuvent être des courroies ou des chaînes. Ils relient les roues motrices et réductrices entre-elles sur des distances plus longues en maintenant les pièces de la machine dans un certain rapport.





Travaux pratiques :

- Copiez le véhicule avec la transmission à chaîne, avec une seule manivelle au lieu du moteur en attendant.
- Effectuez un tour de manivelle. Combien de tours la roue a-t-elle effectuée ?
- Tournez la manivelle dans le sens de rotation des aiguilles de la montre. Dans quelle direction la roue motrice tourne-t-elle ?

Calcul du rapport des transmissions par engrenage

	Roue motrice	Roue réductrice
Roue n°	1	2
Nombre de dents d'une roue dentée	Z_1	Z_2
Nombre de rotations	n_1	n_2
Sens de rotation (gauche / droite)		

Encore un engrenage de bicyclette. La distance entre le pédalier et la roue arrière est surmontée par une chaîne. Il est évident qu'un vélo TTC ou de course dispose toujours de plus d'une vitesse et qu'on peut sélectionner la vitesse la mieux appropriée. Vous adaptez donc tout naturellement votre vitesse à la force à appliquer et à transmettre et à la vitesse de rotation. Les roues dentées ne sont plus appelées roues droites dans un tel cas, mais roues dentées à chaînes ou pignons à chaîne.

Intégrez le moteur dans votre véhicule à transmission à chaîne. C'est exactement de cette façon que la transmission des vélomoteurs ou motocyclettes fonctionne. Maintenant, vous êtes certainement en mesure de construire votre propre motocyclette avec des pièces fischertechnik.

Mechanic & Static 2

► L'orientation d'un véhicule est possible à l'aide de différents systèmes.

Nous prendrons deux systèmes de direction en considération. La direction à fusée de votre véhicule à moteur et la direction à chariot de rotation du chariot à main.

Dans les directions à fusée modernes, les roues ne tournent pas ensemble avec l'essieu traversant comme pour la direction à chariot de rotation, mais elles sont orientables et reliées à un système de direction. Le guidon sert à guider le véhicule. Une tige avec une petite roue dentée fixée à son extrémité est insérée dans le guidon. La roue dentée s'engrène dans une crémaillère de direction transversale, également équipée de dents. Si vous tournez maintenant le guidon à gauche ou à droite, la petite roue dentée tourne également et pousse la crémaillère de direction à gauche ou à droite. Des pivots de roue orientables avec des leviers sont fixés aux extrémités de la crémaillère de direction. Le levier sur le pivot de roue est relié avec la crémaillère de direction. Le déplacement de la crémaillère de direction a pour effet de tourner le levier, ainsi que le pivot de roue avec la roue y étant fixée.



Comparaison des modes de direction



1 Colonne de direction



2 Roue dentée
3 Crémaillère



4 Timon



5 Pivot
6 Chariot de rotation
7 Guidon

► La direction à chariot de rotation est le mécanisme de direction le plus simple et le plus ancien jamais développée par l'homme. Elle dispose d'une structure simple et robuste, et il est même possible de la fabriquer en bois. Les Celtes (env. 600 à 30 av. J.-C.) ont conçu ce système pour leurs chariots il y a très longtemps. C'est justement cette simplicité et cette robustesse qui font que nous continuons de l'utiliser de nos jours pour de nombreuses, remorques, charrettes à bras et voitures de chevaux.

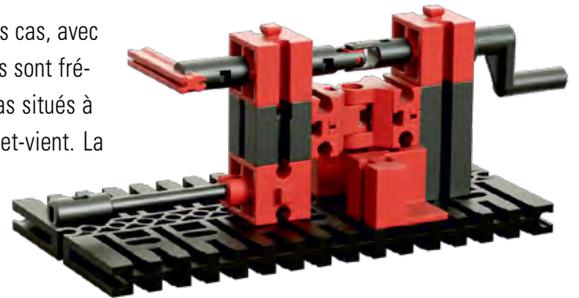
La direction à chariot de rotation est un mécanisme de direction avec une traverse pour l'essieu et les roues. Cette traverse s'appuie sur un pivot orientable logé dans la plaque de fond du véhicule. Le guidage s'effectue via une tige (timon) fixé sur le chariot de rotation.



traverse s'appuie sur un pivot
véhicule. Le guidage s'effectue via une

Joint de cardan

► La transmission mécanique se fait, dans la plupart des cas, avec un moteur et une machine à entraîner. Les deux éléments sont fréquemment un peu éloignés l'un de l'autre ; ils ne sont pas situés à la même hauteur ou exécutent des mouvements de va-et-vient. La liaison des deux éléments au moyen d'une barre rigide aurait la rupture de cette barre pour conséquence. Par contre, un arbre souple et flexible serait trop faible pour transmettre des forces importantes.



Travaux pratiques :

- Montez le joint de cardan en vous servant des instructions de montage.
- Déplacez la partie entraînée sur différentes positions, tournez simultanément la manivelle et observez le mouvement que l'articulation doit effectuer, notamment en position fortement coudée.

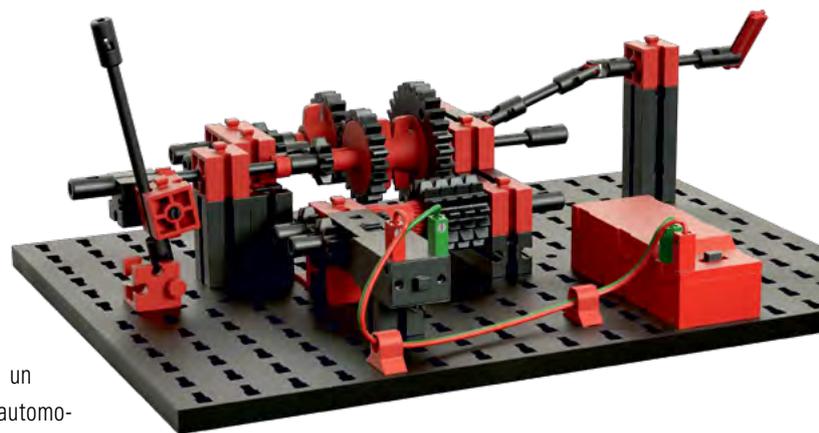
N'est-il pas surprenant de pouvoir courber un mouvement rotatif juste au coin ?

Le joint de cardan, également appelé joint homocinétique, est une articulation flexible et simultanément stable. Rien ne tournerait dans de nombreux domaines de notre vie quotidienne sans cette articulation. L'arbre de transmission de la maquette du « mécanisme intermittent » est un bon exemple pour l'emploi de cette articulation.

Mécanisme intermittent à plusieurs vitesses

► Par le biais de la construction ci-après, vous étendez la simple transmission par roue dentée par un couplage à plusieurs vitesses. C'est ainsi qu'on donne naissance à un train d'engrenages, comme pour une automobile, une perceuse ou une motocyclette. Cette maquette est un train d'engrenages accouplé, soit un train d'engrenages composé de plus de deux roues dentées. Tentez d'étudier l'effet de transmission de roues dentées et de paires de roues dentées commutées les unes derrière les autres.

L'arbre « plié » deux fois à la sortie de l'engrenage est une chose très particulière. Cet arbre de transmission permet d'appliquer un déplacement tridimensionnel au mouvement de rotation et de lui faire prendre le tournant en même temps. Ceci est par exemple nécessaire si la partie à entraîner effectue d'incessants mouvements montants et descendants comme l'essieu arrière d'une voiture.



Travaux pratiques :

- Copiez le train d'engrenages.
- Mettez le moteur en marche et déplacez le « levier de changement de vitesse » lentement de la 1ère vers la 3ème vitesse. Veillez à ce que les roues dentées d'une vitesse s'engrènent exactement.
- Prenez note de vos observations.



Observations relatives aux différentes vitesses

Vitesse numéro	1	2	3
Observation accélération / décélération			
Sens de rotation identique / contraire			

Ce train d'engrenages commande une autre direction en 3ème vitesse que pour la 1ère et 2ème vitesse. Ceci provient du fait que les trois roues dentées sont montées dans une rangée.

Chaque fois que les roues dentées d'un nombre inégal sont montées les unes derrière les autres, la roue réductrice tourne dans le même sens de rotation que la roue motrice. C'est notamment de cet effet qu'on se sert pour la marche arrière des automobiles.

Autres expérimentations

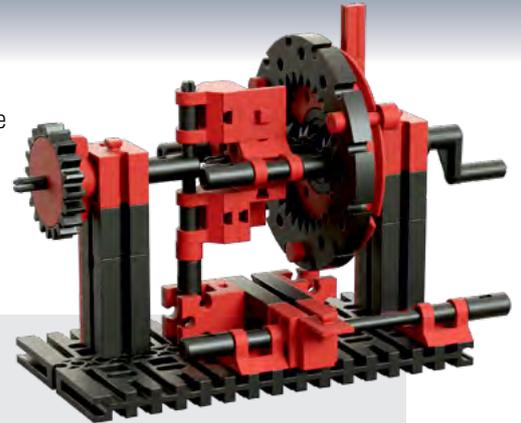
- Construisez votre propre maquette avec un nombre quelconque de roues dentées dans une rangée.
- Remplacez la plaque tournante par un tambour d'enroulement. Ainsi, vous obtenez un treuil de manoeuvre comme celui des grues, approprié à différentes charges.
- Pouvez-vous encore monter plus de vitesses dans votre train d'engrenages ? Testez vos possibilités à l'aide des roues dentées de votre boîte de construction fischertechnik.
- Mission pour experts : construisez un train d'engrenages avec une chaîne.



L'engrenage planétaire



► L'engrenage planétaire est un système complexe composé de différents genres de roues dentées. Son emploi est courant dans de nombreux domaines, p. ex. comme mixeur dans un robot ménager ou la boîte automatique d'une automobile. Sauf que sa construction est nettement plus compliquée dans un tel cas.



Travaux pratiques :

- Copiez l'engrenage planétaire.
- Tournez la manivelle, donc la « transmission », et observer quels arbres, roues dentées et groupes de roues dentées entrent en rotation.

A l'aide de la coulisse, c'est ainsi qu'on nomme le levier dans la partie inférieure de votre maquette, vous pouvez soit immobiliser le porte-pignons ou la couronne de train planétaire, afin qu'une de ces deux pièces ne puisse plus tourner..



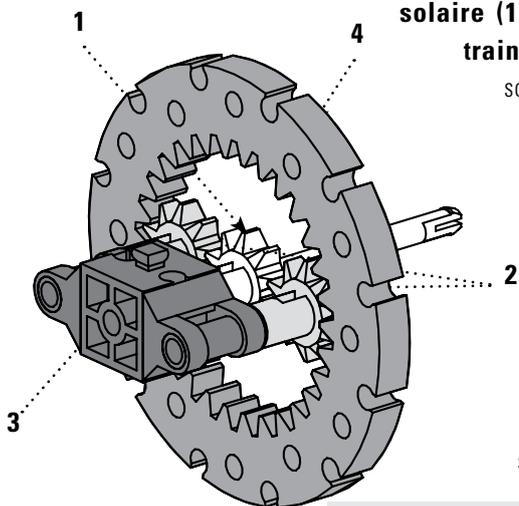
La mission d'un engrenage planétaire est simple. Il permet une modification du rapport de transmission sous charge, donc sans séparation du flux de force entre l'entraînement et la réduction. La disposition des roues dentées est particulièrement compacte en raison de la denture intérieure de la couronne de train planétaire. Un engrenage planétaire n'exige pas d'arbre supplémentaire avec roue de marche arrière pour la marche arrière.

En admettant l'exécution la plus simple possible, l'engrenage planétaire est composé d'une **roue solaire (1)**, de **roues planétaires (2)**, d'un **porte-pignons (3)** et d'une couronne de **train planétaire (4)**. Dans le cas de ce groupe simple de roues planétaires, la roue solaire est mécaniquement reliée à une couronne de train planétaire à denture en son milieu par plusieurs roues planétaires. La roue solaire, le porte-pignons et / ou la couronne de train planétaire peuvent

assurer la transmission, être entraînés ou arrêtés. Servez-vous de la coulisse pour tester toutes les possibilités de votre engrenage.

Immobilisez le **porte-pignons (3)** est régler l'engrenage sans roue dentée supplémentaire de façon à ce que la réduction se fasse une fois par le porte-pignons et une fois par la couronne de train planétaire.

La technique automobile se sert de cette opération pour passer une marche arrière. Dans ce contexte, l'entraînement (la manivelle) doit être relié avec la roue solaire et l'entraînement de l'essieu avec la couronne de train planétaire



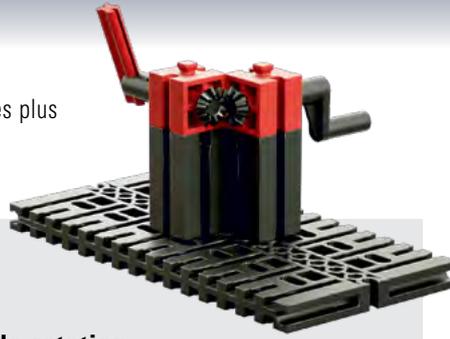
Travaux pratiques :

- Testez les caractéristiques de votre engrenage planétaire en immobilisant d'abord le porte-pignons puis en entraînant la couronne de train planétaire.
- Complétez le tableau ci-après :

Entraînement	Couronne de train planétaire	Porte-pignons
Sens de rotation		
Démultiplication		



► Le pignon conique est une transmission par roue dentée des plus simples.



Travaux pratiques :

- Copiez la maquette de l'engrenage.
- Observer les modifications de la vitesse de rotation, du sens de rotation et du couple de rotation sur cette maquette.



Cet engrenage ne modifie que le sens du mouvement de rotation de 90°, la vitesse de rotation et le couple de rotation demeurent constants.



► Cette maquette combine l'engrenage à pignon conique et l'engrenage planétaire. Construisez le robot ménager en suivant les instructions. Le robot ménager fischertechnik est une maquette pour pros confirmés. Connaissez-vous toutes les roues dentées et types d'engrenages agissant ensemble dans cet appareil ? Les possibilités de variation de cette maquette sont innombrables. Construisez selon vos propres idées. Vous pouvez placer un gobelet sur le support et remuer son contenu.

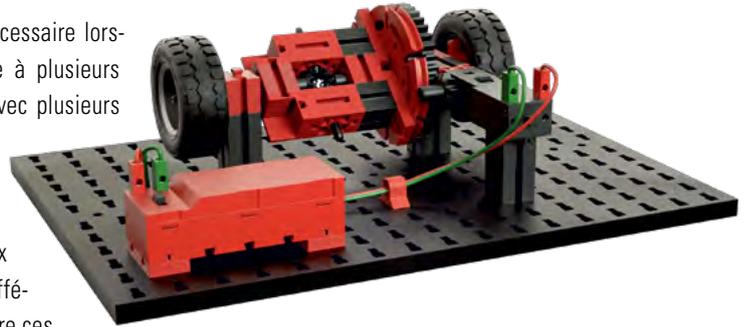
Engrenage à pignon conique

Robot ménager



Différentiel

► Un différentiel est toujours nécessaire lorsqu'on veut entraîner un véhicule à plusieurs voies, comme une automobile, avec plusieurs roues sur un essieu. Les différentiels accomplissent deux missions : la répartition de la puissance d'entraînement sur deux essieux et la compensation des différences de vitesses de rotation entre ces embranchements.



Dans cette fonction, le différentiel est employé à deux endroits :

Différentiel d'essieu : agissant sur l'essieu afin de répartir la puissance de l'arbre de transmission sur deux arbres d'entraînement sur les roues.

Différentiel central : utilisé entre deux essieux afin de répartir la puissance entre l'essieu avant et arrière.

Travaux pratiques :

- Copiez le maquette de l'engrenage.
- Observer les modifications de la vitesse de rotation, du sens de rotation et du couple de rotation chez cette maquette. Maintenez l'une ou l'autre roue par alternance, ensuite le corps en rotation (le logement des roues coniques centrales) au milieu.
- Prenez note de vos observations dans le tableau :



En retenant	Roue réductrice 1	Roue réductrice 2
Vitesse de rotation		
Sens de rotation		

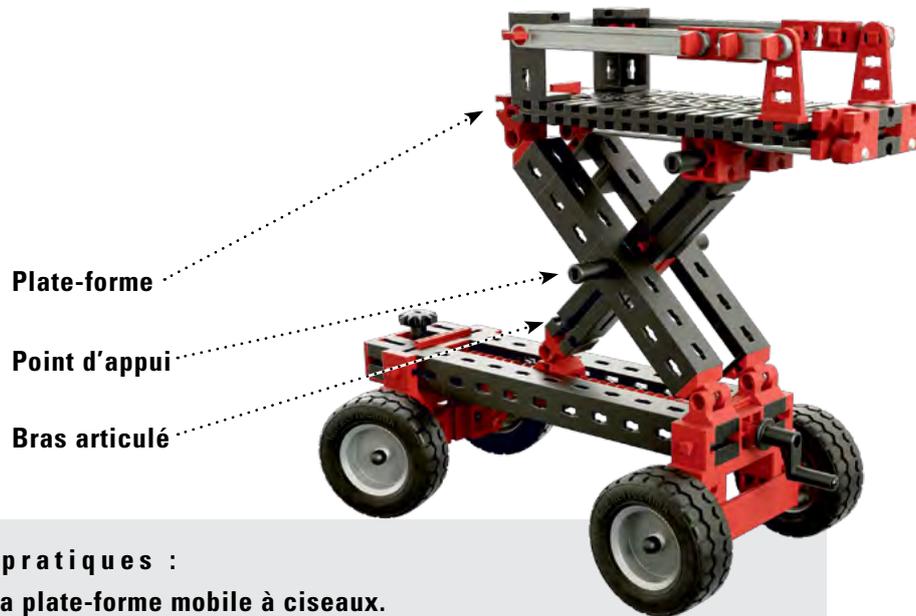
Le différentiel semble être un engrenage magique.

Son emploi est des plus courants dans les automobiles : lorsqu'on prend un virage, il est évident que la roue extérieure doit parcourir un chemin plus long que la roue à l'intérieur du virage. Sans le différentiel, les roues entraînées seraient soumises à un usure plus rapide due au gommage.

Le différentiel de l'essieu possède encore une autre caractéristique remarquable : il divise le couple de rotation dans un rapport égal (50:50), qu'il transmet aux roues.

► La plate-forme mobile à ciseaux montre la transformation d'un mouvement de rotation à l'aide d'une broche à vis, d'articulations et de leviers dans un mouvement de montée et de descente parallèle.

Plate-forme mobile à ciseaux



Travaux pratiques :

- Montez la plate-forme mobile à ciseaux.
- Posez un gobelet avec de l'eau sur la plate-forme.
- Que se passe-t-il avec la plate-forme et le gobelet lorsque vous tournez la manivelle ?

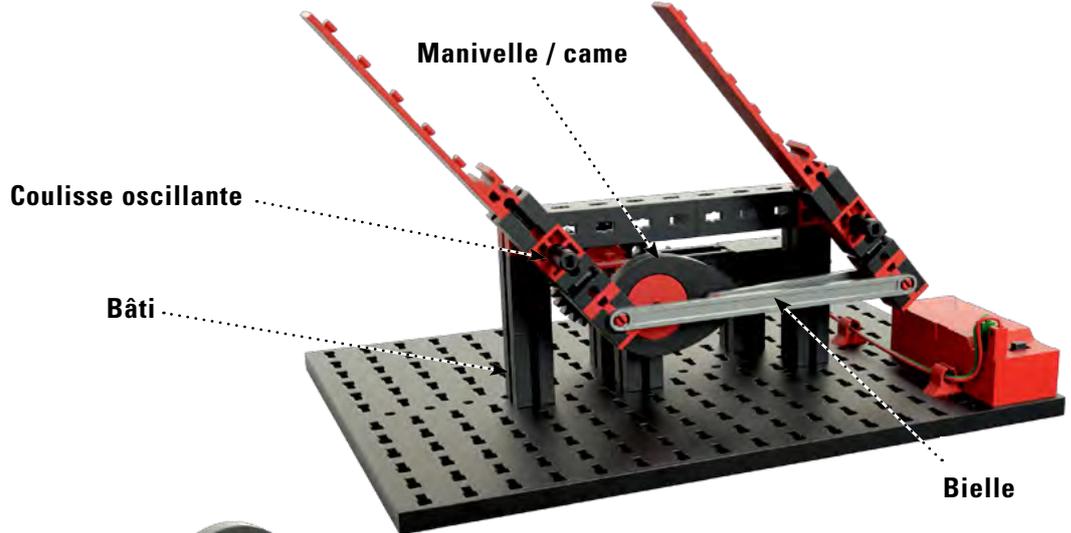


La broche à vis applique des mouvements de va-et-vient à l'écrou de la vis. Ce mouvement déplace l'articulation de la plate-forme vers le haut et le bas. Etant donné que le point d'appui des deux articulations se situe sur le même point central, la course, donc le mouvement de montée et de descente de la plate-forme, est parallèle à la broche à vis. Les deux articulations parcourent le même chemin comme pour des ciseaux, d'où le nom de plate-forme mobile à ciseaux.

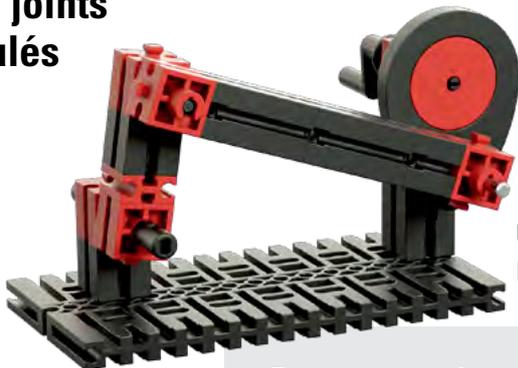
Engrenage accouplé

► Connaissez-vous le fonctionnement d'un essuie-glace ? La maquette ci-après vous le montre. Dans ce cas, un mouvement de rotation est transformé en mouvement de va-et-vient ou oscillant. Pour ce faire, on doit disposer d'une manivelle et d'un disque à cames. Cet engrenage est aussi appelé engrenage à levier oscillant. Il transforme un mouvement de rotation en mouvement droit et se compose des pièces suivantes comme double chaîne cinématique à quatre joints articulés :

Essuie-glace



Chaîne cinématique à quatre joints articulés



► La chaîne cinématique à quatre joints articulés est composée, selon sa dénomination, de quatre joints articulés, donc de quatre points qu'on peut bouger ou tourner. Une reproduction simplifiée de la chaîne cinématique à quatre joints articulés montre le fonctionnement. Connaissez-vous les composants ?

Travaux pratiques :

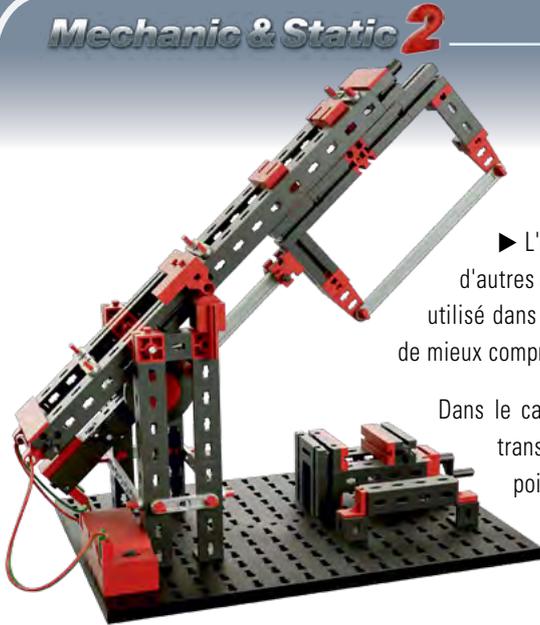
- Montez la chaîne cinématique à quatre joints articulés.
- Observez la cohésion des différents composants.
- Quels sont les composants en mouvement et ceux qui ne bougent pas ?
Donnez une description des mouvements dans le tableau.

Pièces ou composant	Mouvement (oui / non)	Nature du mouvement
Manivelle		
Bielle		
Coulisse oscillante		
Bâti		



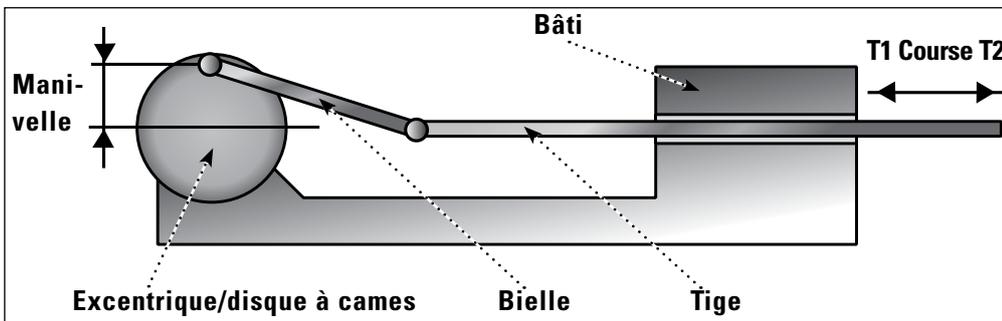
Le bâti est rigide et absorbe les mouvements. La manivelle doit être en mesure d'effectuer des tours complets et la bielle transmet le mouvement par la manivelle à la coulisse oscillante. La coulisse oscillante ne décrit d'un mouvement en arc étant donné qu'elle est logée dans le bâti. Afin que tous les engrenages puissent fonctionner, les longueurs des quatre éléments de construction de la manivelle oscillante doivent adopter une certaine position les uns par rapport aux autres.

Mechanic & Static 2



► L'effet de la manivelle oscillante est aussi connu dans d'autres domaines. La scie à archet était un outil fréquemment utilisé dans la charpente métallique. Sa structure simple permet de mieux comprendre l'engrenage accouplé.

Dans le cas de cet engrenage, un mouvement de rotation est transformé en mouvement linéaire de va-et-vient. Les points finaux respectifs limitant les déplacements de la scie sont appelés points morts (T1 et T2).



Travaux pratiques :

- Copiez la maquette de l'engrenage.
- Mesurez la course de votre scie.



Le cliquet d'arrêt (à droite de l'axe de la scie à archet) permet d'immobiliser l'archet de la scie à la position supérieure.

► Cela fait plus de 4000 ans que l'humanité compare les quantités de marchandises avec des poids pour déterminer le prix de la marchandise. Jadis, on se servait d'un crochet-bascule par le biais duquel la balance était déterminée par deux poids. Dans le cas de votre maquette, il s'agit d'un fléau logé sur le point d'appui central avec deux plateaux aux extrémités. Les deux aiguilles au milieu du fléau de la balance doivent se situer sur une ligne lors d'un équilibre des forces.

Travaux pratiques :

- Copiez le crochet-bascule.
- Posez un bloc fischertechnik sur chaque plateau de votre balance ?
- Cherchez maintenant deux objets d'un poids identique à votre avis. Posez ces objets sur les plateaux de la balance.
- Votre supposition est-elle exacte ?



La balance fonctionne d'après le principe du levier d'une même longueur. Un levier est un fléau droit et orientable soumis à l'action de deux forces. Les espacements entre les points initiaux des forces et le point d'appui sont appelés bras de levier. Les deux parties à côté du point d'appui présentent une longueur et un poids identiques. Vous connaissez le principe de cette balance sous forme de la bascule. En vue d'équilibrer le levier, le poids agissant sur les bras de levier et leur espacement par rapport au point d'appui de la balance doivent être identiques.

Levier

Crochetbascule



Balance à poids mobile

► Trouver deux objets d'un poids absolument identique demande de la patience. La balance équipée d'un poids mobile peut donc être considérée comme perfectionnement du crochet-bascule. Cette balance fonctionne aussi d'après le principe des leviers d'une longueur identique, sauf qu'elle se sert de petites astuces par le biais du couple de rotation. Les deux parties à côté du point d'appui sont les leviers d'entraînement. Plus un poids est éloigné du levier d'entraînement, plus sa puissance augmente. La coulisse permet donc de modifier le couple de rotation dans un levier d'entraînement. Le bras avec le plateau de la balance est appelé bras de puissance.



Travaux pratiques :

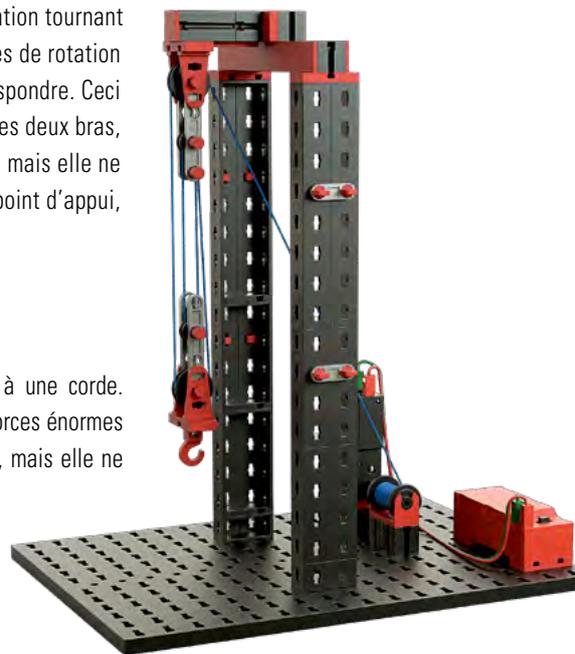
- Copiez la balance avec le levier d'entraînement et le bras de puissance et le poids mobile.
- Réglez les poids mobiles de façon à ce que la balance demeure en équilibre sans charge. L'aiguille au milieu de la balance peut servir de repère dans ce contexte.
- Posez un poids sur un plateau de la balance. Equilibrez à l'aide du poids mobile.



Poulies et palans

Afin que le levier soit en équilibre, le total des couples de rotation tournant contre le sens des aiguilles de la montre et le total des couples de rotation tournant dans le sens des aiguilles de la montre doivent correspondre. Ceci semble compliqué, mais ne l'est pas en réalité. La loi dit que les deux bras, gauche et droit du point d'appui, doivent avoir le même poids, mais elle ne parle pas d'une même longueur. Plus un poids est éloigné du point d'appui, plus la force de levier est grande et donc aussi son poids.

► Imaginez que vous voudriez soulever votre ami suspendu à une corde. Même s'il est aussi lourd que vous, vous devriez déployer des forces énormes pour le soulever. La poulie fixée au plafond est utile pour tenir, mais elle ne permet pas de soulever. La maquette du palan vous propose cependant quelques possibilités permettant de soulever des charges très lourdes facilement.





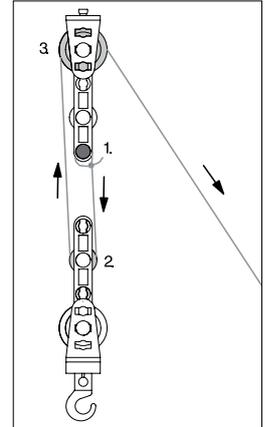
Palan avec 2 poulies

Travaux pratiques :

- Construisez la maquette du palan avec 2 poulies (une poulie fixe et une poulie lâche).
- Suspendez un poids au crochet.
- Tirez sur la corde et mesurez la distance parcourue jusqu'au levage de la charge de 10 cm. Vous fallait-il beaucoup de force ?
- Notez vos observations dans le tableau.

	Longueur de traction en cm	Force déployée à votre avis	Nombre de pièces de la poulie
2 poulies			

La force appliquée a été réduite de moitié dans le cadre de cette maquette. Que faut-il observer pour la longueur de traction ?



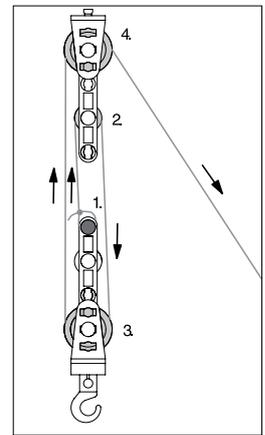
Palan avec 3 poulies

Travaux pratiques :

- Procédez à une extension de la première maquette pour créer un palan avec 3 poulies. Consultez les instructions de construction dans ce contexte.
- Tirez à nouveau sur la corde et mesurez la distance parcourue jusqu'au levage de la charge de 10 cm. Vous fallait-il beaucoup de force ?
- Notez vos observations dans le tableau.

	Longueur de traction en cm	Force déployée à votre avis	Nombre de pièces de la poulie
3 poulies			

Maintenant que vous connaissez l'effet exercé par un palan, vous pouvez construire un palan avec quatre poulies. Le moteur est monté en complément en remplacement de votre force.



Palan avec 4 poulies

Travaux pratiques :

- Procédez à une extension de la maquette pour créer un palan avec 4 poulies et moteur.
- Fixez un porte-monnaie avec des pièces de monnaie au crochet en vous servant d'un caoutchouc ménager.
- Le moteur est-il en mesure de soulever les pièces ?

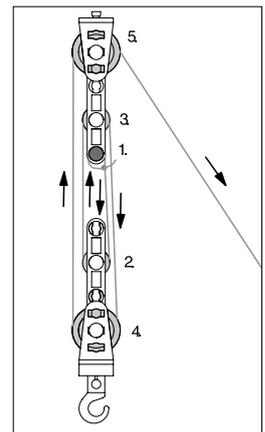
Les palans avec deux, quatre ou six poulies sont indispensables pour soulever les charges lourdes. En omettant de prendre le poids des poulies et les forces de friction en considération, le palan réduit la force à exercer de moitié, d'un quart ou d'un sixième selon le nombre de poulies.

Dans le cas de ce palan, le moteur ne doit soulever qu'un part de la charge.

Un inconvénient demeure cependant en vigueur : si la charge est soulevée de 10 cm, de combien de centimètres votre moteur doit-il alors enrouler la corde ?

- 10 cm 20 cm 30 cm 40 cm

La physique connaît le fonctionnement de votre palan et a inventé un précepte valable dans ce contexte, ce précepte que l'on a tout intérêt à suivre est appelé « Règle d'or ». Il énonce ce qui suit : « Nul ne saurait économiser le travail, la force que nous économisons est dépensée en durée et en trajet ! »



L'univers de la statique

► La statique a pour objet d'examiner l'équilibre des systèmes de forces agissant sur un corps. Il s'agit de la branche de la mécanique qui sert de base aux calculs et constructions d'édifices comme les ponts et les maisons.

Tous les composants de la statique sont soumis à des charges différentes. Le poids d'une construction est appelé charge propre. Le poids des personnes, du mobilier, des meubles et même des automobiles est appelé charge vive.

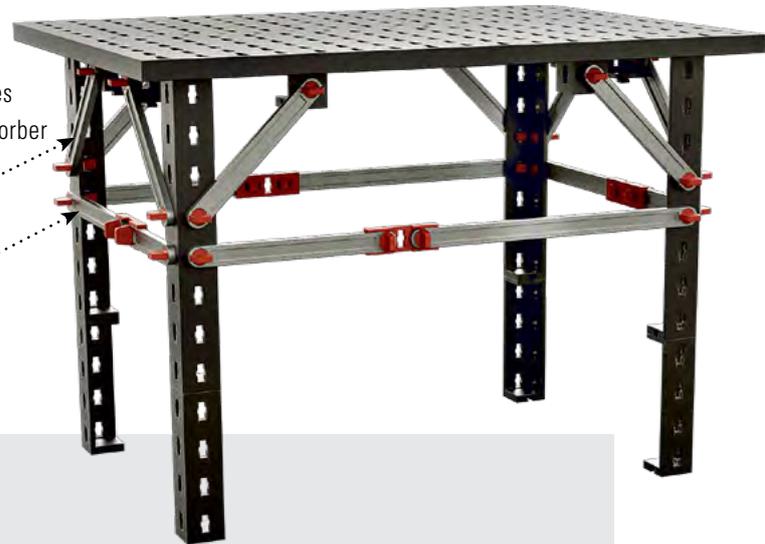
Table

► Une table est aussi un objet statique. Elle porte son propre poids, donc sa charge propre, et des charges vives. Ces charges peuvent être des assiettes, tasses, mets ou boissons posés sur la table, comme tout heurt de la table par inadvertance.

Une table doit disposer d'innombrables particularités statiques si elle veut absorber toutes ces charges.

Contrefiche

Haubanage



Travaux pratiques :

- Copiez la table.
- Veillez particulièrement à la liaison correcte des contrefiches.
- Chargez d'abord la table par le haut. Appuyez ensuite sur la partie latérale du panneau de la table, puis contre un pied de la table. Que se passe-t-il ?



Les critères statiques de votre table maquette sont les pieds coudés de la table. En raison de cet angle, la table est déjà stable dans deux directions. L'ossature de la table est par ailleurs dotée de contrefiches et haubans. Les contrefiches jaunes entre les pieds de la table servent de stabilisation contre la pression et la traction. Les points de jonction donnant naissance à des triangles servent de couronnement de la statique de cette table. Les triangles sont des corps stables, même si les points de jonction sont dotés d'articulations mobiles. Ce type de triangle est appelé triangle statique. Votre table maquette est donc statiquement stable à trois points de vue.

Les points de jonctions sont appelés nœuds en statique.

Travaux pratiques :

- Retirez les haubanages et appliquez une charge sur la table. Quels sont les effets de cette charge sur la statique de la table ?
- Remettez les haubanages en place. Retirez les contrefiches. Appliquez à nouveau une charge sur la table. Quelle est la stabilité de votre table maintenant ?
- Démontez les haubanages à nouveau. Appliquez une charge sur la table. Que constatez-vous ?



► L'échelle double est dotée d'une structure statique des plus simples. Elle dispose également de jambes coudées reliées par des contrefiches. Les contrefiches servent d'échelons. L'échelle double est composée de deux échelles individuelles, reliées par un point d'appui. Le tout est complété par un haubanage dans le bas des deux échelles.

Echelle double

Haubanage



Travaux pratiques :

- Construisez l'échelle double sans haubanage pour un premier temps.
- Redressez l'échelle double et faites pression sur les échelons et le point d'appui supérieur. L'échelle demeure-t-elle stable ?
- Montez ensuite l'haubanage sur votre échelle. Procédez au même essai. L'échelle demeure-t-elle en place ?

Une échelle double est composée de deux moitiés égales reliées par un point d'appui dans le haut. Les deux moitiés de l'échelle demeurent stables même sans haubanage selon l'angle d'incidence respectif. Mais dès l'atteinte d'un certain point, les « pieds » de l'échelle glissent et les moitiés de l'échelle sont poussées vers l'extérieur. L'haubanage sert à stabiliser l'échelle.

► Un pont optimal se distingue par quatre propriétés : il est sûr, long, économique et attrayant. Cette première maquette d'un pont est destinée à faire connaissance d'un classique dans le domaine de la construction des ponts.

Pont à poutres droites



Travaux pratiques :

- Copiez la maquette du pont.
- Faites pression sur le milieu du pont.
- Où ce pont pourrait-il trouver un emploi idéal ?



Ce pont à poutres droites à travée unique est approprié par excellence aux faibles charges et portées. Il remplit toutes les exigences. Sauf que le pont souffre en stabilité dès que la distance entre les centres d'appui s'agrandit.

Pont avec solive transversale

► Le pont avec solive transversale ressemble un peu aux ponts suspendus tendus entre des gorges sauvages. Sauf que ce type de pont n'a pratiquement rien de commun avec les ponts suspendus. Le comment et le pourquoi vous sont expliqués en cours des expérimentations avec les maquettes.



Travaux pratiques :

- Procédez à une extension de votre première maquette de pont pour créer un pont avec solive transversale.
- Faites pression sur le milieu du pont. Utilisez une charge d'un poids plus important cette fois-ci.



Dans le cadre des essais de charge, vous avez certainement constaté que votre pont est très stable et qu'il peut absorber des pressions importantes. Le pont avec solive transversale fonctionne comme une construction en treillis. Ce type de construction est approprié aux charges importantes, mais ne permet pas de surmonter des distances importantes entre les points d'appui. Les plus grandes portées ne sont réalisables qu'avec des ponts suspendus, qui présentent l'inconvénient de ne pas supporter les charges importantes. Le pont avec solive transversale et le pont suspendu ne semblent similaires qu'à priori. Leurs propriétés statiques sont totalement différentes.

Pont à membrure supérieure transversale

► Le pont à membrure supérieure transversale est approprié à des portées nettement plus longues et des charges nettement plus importantes. Il s'agit d'une construction en treillis comme la précédente. Les contrefiches, haubanages et triangles statiques stabilisent ce type de pont.



Travaux pratiques :

- Copiez le pont à membrure supérieure transversale.
- Faites à nouveau pression sur le milieu du pont.
- En quoi la stabilité du pont s'est-elle modifiée ?
- Désignez tous les éléments statiques connus sur le dessin : la membrure supérieure, les contrefiches, les haubanages et les appuis.

Ce type de pont peut supporter des charges plus importantes que le pont à poutres droites. La pression exercée sur le pont n'est pas seulement transmise aux poutres, mais répartie sur tous les composants et pièces supplémentaires. La membrure supérieure est composée de diagonales croisées et fixées au nœud supérieur respectif des éléments latéraux. Les diagonales de la membrure supérieure empêchent le gauchissement du pont. Si les contrefiches pointent vers le haut, cette construction de pont est appelé ferme suspendue.

► Voudriez-vous atteindre des distances entre les points d'appui encore plus grandes que pour les constructions en treillis ? Que pensez-vous d'un pont à haubans ? Ce type de pont est très long et a très belle allure – mais peut-il aussi supporter de lourdes charges ?

Pont à haubans



Travaux pratiques :

- Montez le pont à haubans.
- Placez un poids à gauche et à droite du pilier central du pont et comparez la stabilité avec celle des constructions en treillis.



Alors, quel résultat avez-vous obtenu avec le pont à haubans comparé aux autres ?

Comment se fait-il que ce pont soit si stable rien qu'en étant suspendu à des câbles *? Nous vous le révélons : l'astuce réside exactement dans l'emploi des câbles et leur disposition.

Le pont est composé de trois principaux éléments : le pilier central (pylône), les câbles d'acier et le tablier du pont. Il doit sa stabilité élevée à une construction peaufinée.

Les forces verticales qui tirent le tablier du pont vers le bas sont transmises au pilier central par les câbles qui les dirigent dans le sol.

Un pont à haubans est donc, non seulement, une construction très esthétique, mais peut aussi facilement enjamber 1000 mètres – de pilier en pilier.

(* Les barres de renfort se charge de la mission des câbles dans votre maquette.)

Grue

► Vous étiez en mesure de recueillir des informations utiles dans ce domaine lors de la réalisation des maquettes de la mécanique, du levier et de la statique. La maquette finale tient lieu de liaison de toutes ces expériences acquises. La grue vous permet d'identifier la cohésion des composants, pièces et groupes et de tester la capacité de charge statique.

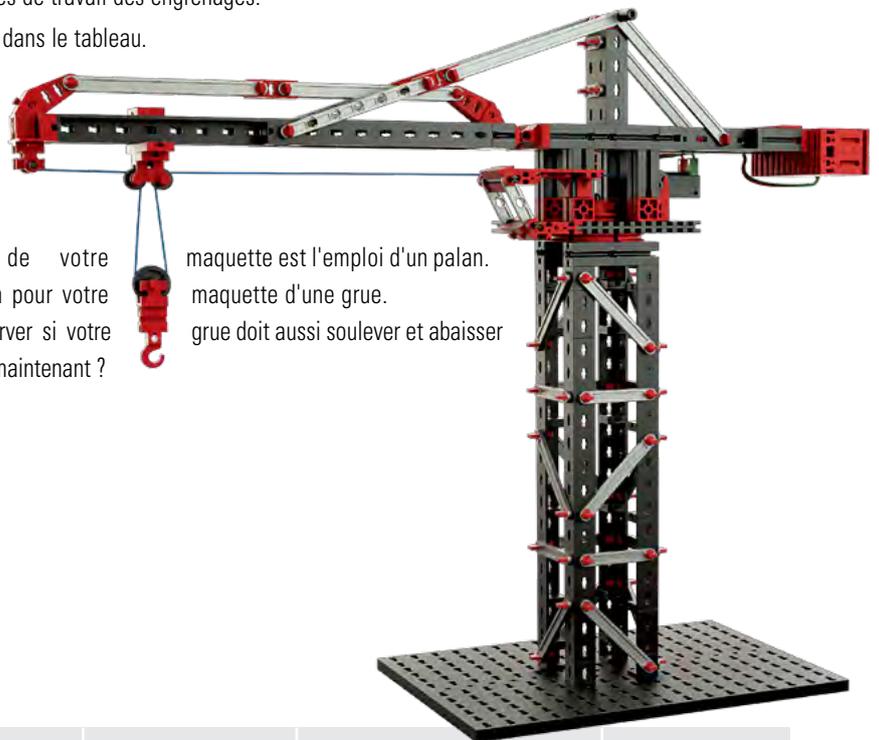
Travaux pratiques :

- Montez la grue en vous servant des instructions de montage.
- Montez d'abord la tour stationnaire avec sa structure à portique.
Connaissez-vous les éléments statiques utilisés ? Complétez le tableau.
- Procédez ensuite au montage de la flèche avec la couronne d'orientation.
La flèche de la grue est une certaine forme de levier. Comment se fait-il que la grue demeure en équilibre malgré tout ? Par quoi la flèche est-elle stabilisée ? Complétez également le tableau.
- À quoi sert le chariot de pont roulant de la flèche ? Déplacez le chariot et observez l'action du déplacement sur la hauteur du crochet.



Pour soulever les charges, vous pouvez faire votre choix parmi différents engrenages.

- Montez les différents engrenages dans votre maquette d'une grue.
- Comparez les méthodes de travail des engrenages.
- Inscrivez les résultats dans le tableau.



Le parachèvement de votre
 ● Développez un palan pour votre
 ● Que devez-vous observer si votre
 de très lourdes charges maintenant ?

maquette est l'emploi d'un palan.
 maquette d'une grue.
 grue doit aussi soulever et abaisser

Ensemble de pièces détachées	Avantages / particularités	Possibilités d'emploi	Pièces / composants
Mécanique			
Statique			
Lever			