

# MECANISMES STANDARD MECCANO

## Section III. — Poulies et Palans

**L**ES poulies jouent un grand rôle en mécanique, et tous les mécaniciens professionnels ou amateurs devraient connaître les principes de leur fonctionnement.

Les poulies sont un perfectionnement du levier; leur emploi scientifique permet une grande économie de main-d'œuvre et d'énergie. On ne peut pas dire qu'une poulie fixe soit une force mécanique, car elle change simplement la direction d'une force sans l'augmenter, et même son emploi occasionne une petite perte d'énergie à cause de la friction. La combinaison d'une corde et de plusieurs poulies produit une force mécanique, et, à l'aide de quelques expériences, nous allons tâcher d'expliquer aussi simplement que possible plusieurs résultats intéressants ainsi obtenus.

Un homme qui transporte un sac de ciment à la partie supérieure d'un bâtiment supporte son propre poids en plus de celui du sac. S'il attache une corde à sa charge et qu'il passe la corde sur une poulie fixée à la partie supérieure du bâtiment, il est à même de soulever la charge en tirant sur l'autre extrémité de la corde, alors qu'il se trouve en bas. Ceci est un exemple de poulie employée comme méthode pratique pour le changement de direction d'une force, car elle transforme l'effort dirigé de haut en bas de l'homme, en une force dirigée de bas en haut lui permettant de soulever le sac de ciment. On doit se souvenir que bien que l'homme ait éliminé son propre poids, il n'a pas diminué sa charge. D'autre part, il l'a augmentée, car l'énergie qu'il exerce alors doit non seulement équilibrer le poids de la charge, mais doit aussi vaincre une certaine résistance de frottement.

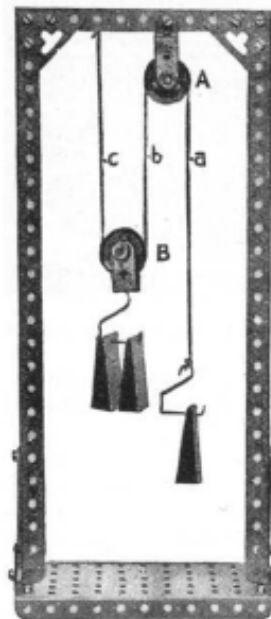


Fig. 2.  
Poulie mobile simple.

suffisante pour soulever une tonne à une hauteur de 1 mètre, mais il est impossible à un homme de déplacer un poids d'une tonne, même sur une très faible hauteur, bien qu'il puisse développer une énergie suffisante. Cependant, avec l'aide d'une série de poulies, il peut établir un dispositif lui permettant de soulever une tonne à une hauteur de 1 mètre, par les mêmes moyens, c'est-à-dire en déplaçant un poids plus faible, ou en exerçant une plus faible poussée sur une plus grande hauteur.

### Friction des Poulies

La friction joue un rôle très important si l'on calcule les avantages des poulies, mais, dans la majorité des modèles Meccano, ses effets sont évidemment très réduits. Dans chaque poulie, il y a une faible perte de force due à la nécessité de courber la corde, et dans la pratique où l'on emploie de grosses cordes, cette perte prend une grande importance. C'est pour cette raison que l'on donne généralement aux poulies les plus grandes dimensions possibles, car la courbure de la corde sur la circonférence d'une grande poulie crée moins de friction que sur une petite poulie. Les petites poulies déterminent également une détérioration de la corde, étant donnée la courbure excessive de cette dernière.

### Exemple 1.

La Fig. 1 représente une poulie fixe simple. Si l'on attache un crochet à la corde au point où cette dernière est fixée à la base, et que l'on suspende à ce crochet un poids égal à celui déjà montré, on

### Définition de l'Énergie

La somme de travail ou « énergie » que peut produire une machine se mesure en « kilogrammètres ». Cette unité est basée sur la quantité d'énergie nécessaire pour soulever une masse de 1 kilogramme à une hauteur de 1 mètre. Par exemple, supposons un poids de 2 kilos devant être soulevé à une hauteur de 1 mètre; l'énergie nécessaire serait exactement égale à celle nécessaire pour soulever un poids de 1 kilo à une hauteur de 2 mètres — c'est-à-dire 2 kilogrammètres.

Pour soulever un poids de 10 kilos à une hauteur de 100 mètres, il faut une énergie de 10 kilogrammètres pour le premier mètre, de même que pour le second, le troisième, et ainsi de suite, ce qui fait une énergie totale de 1.000 kilogrammètres.

Supposons un homme qui, à l'aide d'une corde, souève un poids de 50 kilos à une hauteur de 20 mètres. L'énergie qu'il dépense devrait être

voit que le poids primitif reste suspendu dans le vide, malgré la loi de la gravitation suivant laquelle le poids le plus élevé devrait tomber, soulevant ainsi le poids le moins élevé.

Puisque tel est le cas, on sait qu'il doit y avoir une force qui retient le poids suspendu. Cette force, c'est la friction, créée par la courbure de la corde et par le contact de la poulie avec ses supports. Si l'on attache un poids de 50 grammes à chaque crochet, on trouve que l'addition de cinq rondelles métalliques au crochet le plus élevé est nécessaire pour faire tomber le poids et ainsi soulever l'autre crochet supportant le poids le moins élevé. Ainsi, la quantité de friction qui existe dans notre modèle est égale au poids de cinq rondelles métalliques.

### Exemple 2

Dans la Fig. 2, nous avons une poulie mobile B en plus de notre poulie fixe A. La corde est fixée à la joue de la poulie fixe, passe

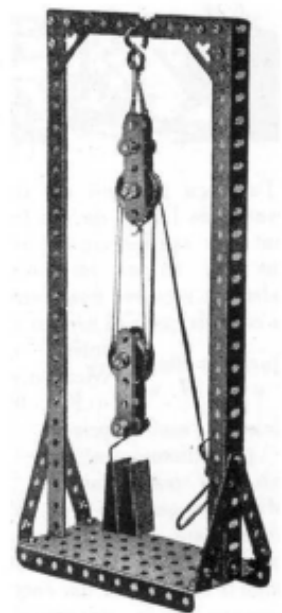


Fig. 3.  
Palan à deux poulies

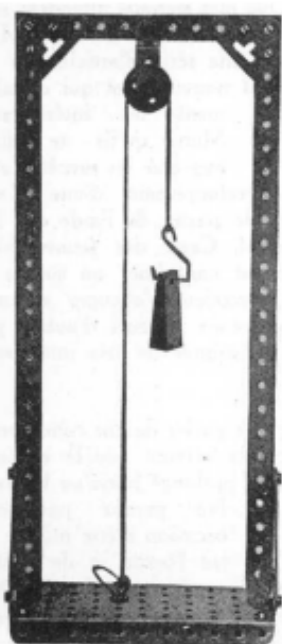


Fig. 1.  
Poulie fixe simple

à travers la poulie mobile B et autour de la poulie fixe A.

Avec ce dispositif, on verra qu'une charge, mettons de 11 kilos attachée à l'extrémité libre de la corde A, soulèvera un poids de 20 kilos, suspendu à la poulie mobile B. Dans ce cas, la poulie mobile B est employée comme force mécanique; elle produit une énergie effective presque double. La poulie fixe A ne contribue pas à cet avantage mécanique; elle change seulement la direction de la force, convertissant la poussée dirigée de haut en bas de la corde en A, en une force dirigée de bas en haut en B.

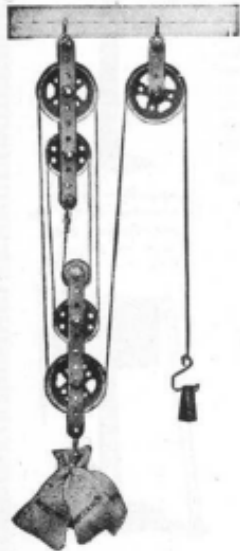


Fig. 4.

La raison de l'augmentation de force obtenue est la suivante. Dans notre modèle, nous voyons que pour soulever la charge d'un centimètre, la force agissante doit descendre de deux centimètres, car il est évident que si B doit monter d'un centimètre, les longueurs de corde c et b doivent être chacune raccourcies d'un centimètre — a doit donc être allongé de deux centimètres. Pour soulever 20 kilos sur une hauteur de 1 mètre, il faut 20 kilogrammètres. Mais la charge de 11 kilos qui descend sur une distance double — 2 mètres — nécessite 22 kilogrammètres. Cela fait 2 kilogrammètres de plus qu'il n'est nécessaire; on peut dire que la friction a absorbé 2 kilogrammètres de l'énergie exercée.

D'après cela, nous voyons qu'une poulie mobile permet à une force de se déplacer sur une plus grande distance que celle sur laquelle se déplace la charge qu'elle soulève. Nous savons aussi que l'énergie exercée augmente en proportion de la distance sur laquelle elle se déplace. Par conséquent, en employant une poulie mobile simple, nous pouvons presque diminuer de moitié la force qui serait nécessaire sans elle, car elle permet à la force de se déplacer sur une distance deux fois plus grande. Il est bon de noter que dans toutes les forces mécaniques, l'énergie augmente toujours aux dépens de la vitesse, car elle doit se déplacer sur une distance plus grande que le poids qu'elle soulève.

**Exemple 3.**

Dans la Fig. 3, le principe est le même que dans l'exemple 2, mais on a ajouté deux autres poulies. La corde passe sur l'une des poulies qui sont situées dans le palan fixe; de là, elle passe sous l'une des poulies du palan mobile inférieur, puis sur la seconde poulie fixe, et descend jusqu'à la seconde poulie mobile. Enfin, elle remonte et est fixée au bâti du palan fixe.

La charge est ainsi supportée par quatre longueurs de corde, et pour l'élever d'un centimètre, chacune des quatre parties de la corde du palan supérieur au palan inférieur doit être raccourcie d'un centimètre. Donc, l'extrémité libre de la corde doit être allongée de quatre centimètres, ce qui permet de calculer, sans tenir compte de la friction, qu'un quart de la charge attachée à l'extrémité libre de la corde suffirait à soulever la charge entière, car, ainsi que nous l'avons vu, l'énergie exercée par une force est proportionnelle à la distance dans laquelle elle se déplace. Dans la pratique, on verra qu'il faut un peu plus du quart de la charge pour soulever celle-ci, la différence étant absorbée par les frictions.

**Exemple 4.**

Le modèle Meccano N° 709 — Derrick à Pied Rigide — contient un dispositif de poulies très employé. Comme le montre le

M. S. 31, il se compose de deux palans, l'un fixe, l'autre mobile, comme dans l'exemple 3. Le palan supérieur contient deux poulies et le palan inférieur ou palan mobile en contient trois. L'extrémité de la corde qui passe sur la grande poulie de la flèche de la grue est le brin libre.

Le modèle représenté sur la Fig. 4 rend facile à comprendre la disposition des poulies et des cordes. Comme on le verra, les poulies d'un même palan, au lieu d'être situées sur le même axe, sont séparées les unes des autres. L'action des poulies de la Fig. 4 est analogue à celle des poulies du Derrick à Pied Rigide.

Dans ce cas, nous avons six longueurs de corde supportant le palan mobile. Par un calcul analogue à celui fait pour l'exemple 3, on verra que l'on obtient un avantage mécanique de six — c'est-à-dire qu'une force égale au sixième de la charge suffira à soulever celle-ci (sans tenir compte de la friction).



M 1. Dispositif de poulie dans le Derrick à pied rigide. (Modèle No 709)

**Exemple 5.**

Dans la Fig. 5, des cordes séparées sont substituées à la corde continue primitive. Une extrémité de la corde extérieure est fixée à une bande D et la corde passe alors sur la poulie A qui est boulonnée au bâti supérieur.

L'autre extrémité de cette corde est fixé au palan B. La corde centrale est également fixée au palan C.

Avec cet ingénieux dispositif, nous obtenons un avantage mécanique de sept, permettant de soulever une charge de 70 kilos par exemple par une force appliquée de seulement 10 kilos (sans tenir compte de la friction).

La raison de ce fait n'est peut être pas aussi apparente que dans nos exemples précédents. Si l'on élève D d'un centimètre, le palan B suspendu par la première corde qui passe sur A, doit baisser d'un centimètre. Puisque la poulie B descend d'un centimètre, la partie de la seconde corde qui se trouve entre B et C doit être allongée de 2 centimètres. (Nous avons appris dans l'exemple 2 que pour soulever une poulie mobile d'un centimètre, il faut soulever la corde de 2 centimètres — donc pour baisser une poulie mobile d'un centimètre, il faut baisser la corde de 2 centimètres). Rappelons-nous que D a monté d'un centimètre, de sorte que la seconde corde a été allongée d'un centimètre entre B C. Donc, la poulie C est descendue de trois centimètres.

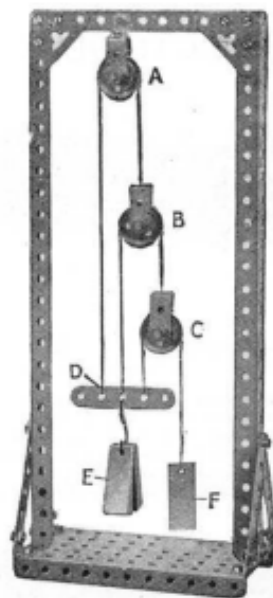


Fig. 5. Système à corde séparée

D'après cela, en nous basant toujours sur la théorie de la poulie mobile, nous voyons que le brin libre de la troisième corde qui passe sur la poulie C, doit descendre de 6 centimètres. Finalement, en ajoutant au brin libre une longueur supplémentaire d'un centimètre provenant du mouvement de D, nous arrivons au mouvement total de la charge F, c'est-à-dire 7 centimètres.

Donc si la charge est de 70 kilos, elle exerce une énergie de 70 kilogrammètres pour chaque centimètre de levage.

Il est bon de mentionner que, dans le modèle Meccano, il est nécessaire, en premier lieu, de contrebalancer le poids des palans B. C. Pour ceci, on peut suspendre un poids approximatif de 75 grammes à la bande en D. Puis, après avoir attaché une charge de, mettons 175 grammes en E, nous voyons qu'il faut environ 25 grammes sur le crochet F pour la contrebalancer. Pour soulever la charge, il faut ajouter environ huit rondelles métalliques; la perte occasionnée par la friction est donc égale au poids des rondelles métalliques. Cette disposition de cordes et poulies, bien que nécessitant l'emploi d'un plus petit nombre de poulies que le système à corde continue, est rarement employée par les ingénieurs qui trouvent ce dernier plus pratique.