LA PHYSIQUE

enseignée par MECCANO

Dans le précédent numéro du *Meccano Magazine*, j'avais étudié une des propriétés fondamentales de la matière, l'inertie, se manifestant par l'existence de la force centrifuge. Aujourd'hui, tout en me réservant de revenir sur ce dernier sujet, ainsi que sur celui de la chute des corps, je me proposerai de décrire quelques expériences au sujet d'une autre propriété générale des corps, l'élasticité.

Il est inutile de rappeler ici ce que c'est que l'élasticité, car il n'est personne qui ne s'en fasse une idée, mais les jeunes Meccanos ne seront peut-être pas fâchés de pouvoir eux-mêmes, à l'aide de quelques dispositifs très simples ,en vérifier les lois élémentaires.

Voici, en peu de mots, quelles sont ces lois : lorsqu'un corps est soumis à l'action d'une force quelconque tendant à le déformer d'une façon quelconque (par flexion, torsion, traction, compression, ou de toute autre manière), il subit une déformation en générale proportionnelle (nous verrons plus loin sous quelles restrictions) à la force qui la produit, et indépendante du sens d'action de cette force. Si, par exemple, une traction de 100 kilogr. est capable d'allonger une barre de fer d'une longueur donnée, une traction de 200 kilogr. lui communiquera approximativement un allonguement double. Si, au lieu d'une traction, on exerce une compression d'une valeur de 100 kil. poids, on raccourcira la barre, et d'une longueur égale à l'allongement qu'on lui aurait donné par une traction de 100 kilogr. Cette loi, d'un caractère général pour toutes les sortes de déformations ci-dessus énoncées, porte le nom de loi de Hooke. Proposons-nous de la vérifier dans les trois cas suivants, lesquels sont d'ailleurs régis chacun en outre par plusieurs lois particulières que nous essaierons de déterminer aussi :

1° Déformation d'une bande par *flexion;*

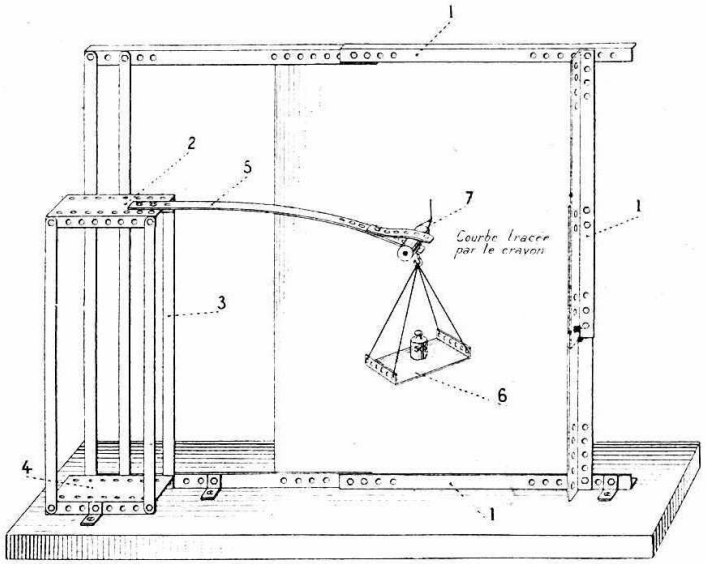
2° Déformation d'un fil de caoutchouc par *traction ;*

3° Déformation d'un fil de cuivre par *torsion.*

Comme applications d'ordre pratique, nous pourrons ensuite, en utilisant les résultats ainsi acquis, construire quelques dynamomètres qui, pour n'être pas d'une précision mathématique dans leurs résultats, feront cependant bien comprendre le principe des appareils analogues employés soit dans les laboratoires de physique, soit dans l'industrie.

I. — *Elasticité de flexion.*

Dispositif expérimental. — On construit un bâti semblable à celui qui est représenté ci-contre, et qui est formé de cornières 1 de 32 cm., constituant un cadre fixé verticalement sur une planche. Le cadre porte une



planchette sur laquelle on peut fixer un morceau de papier à dessin.

A ce cadre, on boulonne, aux deux tiers de la hauteur, une plaque 2 de 9×12 cm. qui est rattachée par des bandes 3 de 32 cm. à une autre plaque 4 vissée solidement à la planche qui porte l'appareil. A la plaque 2 est boulonnée une bande 5 de 32 cm. dont l'extrémité porte : un plateau 6, formé d'une plaque 6×9 cm. et un crayon 7 qui est maintenu en place par une bande de 6 cm. attachée à la bande 5.

Le plateau étant accroché au dernier trou de la bande 5, plaçons-y délicatement, sans à-coups, un poids de 50 grammes : la bande fléchit et le crayon trace une courbe sur le papier à dessin placé en face ; repérons par un trait cette première position du crayon. Puis, ajoutons 50 gr., puis encore 50 gr., etc., en voyant chaque fois la position de la pointe du crayon jusqu'à ce que nous soyons arrivés à 350 gr. (il faut bien avoir soin de placer le poids doucement dans le plateau, pour éviter d'imprimer des oscillations au système, ce qui nuirait évidemment beaucoup aux résultats). Après quoi on enlève 50 gr. par 50 gr. et toujours sans brusquerie, tous les poids, repérant à nouveau les positions successives du crayon.

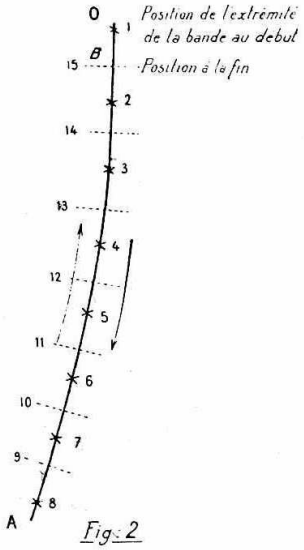


Fig. 2

On obtient ainsi la courbe que j'ai représentée fig. 2, et où j'ai marqué par des croix en traits pleins les positions 1 à 8 de l'extrémité de la bande pendant la flexion, et par des traits pointillés les positions 9 à 15 de ladite extrémité lors du retour de la bande à sa forme normale au fur et à mesure de l'enlèvement des poids.

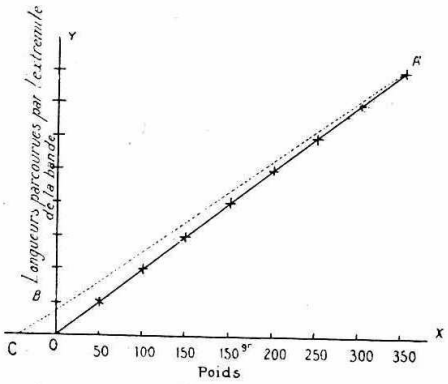


Fig. 3

Ces résultats peuvent se traduire par le graphique de la figure 3, que l'on établit en portant en abcisses (c'est-à-dire sur l'axe *ox*) les poids, et en ordonnées (sur l'axe *oy*) les longueurs parcourues par l'extrémité de la bande sous leur action. On voit que la courbe obtenue a une forme sensiblement rectiligne, ce qu'on traduit par l'énoncé suivant : la valeur de la déformation par flexion est proportionnelle au poids qui la produit. De plus la courbe de retour (parcours AB, représenté en pointillé) ne coïncide pas avec la courbe d'aller : l bande conserve pour ainsi dire une déformation résiduelle, d'autantplus forte que l'expérience a duré plus longtemps ; son retour à la forme normale retarde sur la diminution de valeur des poids, et lorsque le poids est nul, la déformation conserve encore une valeur OB, qui se nomme la *déformation résiduelle*. On donne à ce phénomène de retard, qui est une manifestation de l'inertie de la matière, le nom d'*hystérésis*. Si nous voulons faire disparaître la déformation résiduelle, il nous faudra appliquer, de bas en haut cette

fois, un poids d'une valeur OC = 40 gr. environ, auquel on donne le nom de *force coercitive*. Cela est facile à réaliser dans notre appareil, en faisant agir de bas en

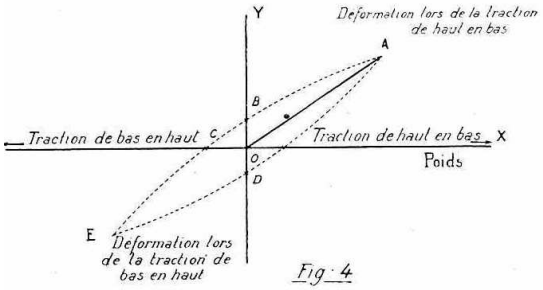


Fig: 4

haut, grâce à une poulie fixée au sommet du bâti, les poids contenus dans le plateau. (Voyez fig. 5.)

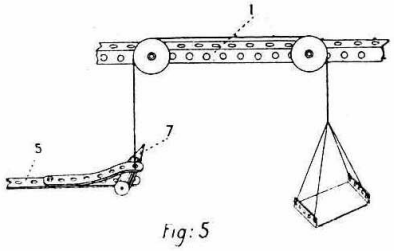


Fig: 5

Si, à l'aide de cette variante du dispositif, on étudie la loi de flexion dans l'autre sens, on constate (loi de Hooke) que la valeur de la déformation est exactement la même que lorsque la traction s'exerçait de haut en bas. Le phénomène d'hystérésis se manifeste d'une façon identique, et la déformation résiduelle OB (fig. 4) présente une valeur égale et de sens inverse à la valeur OB. Le graphique complet de l'expérience présnte l'aspect représenté fig. 4 : on l'appelle *cycle d'hystérésis*.

Jusqu'ici, nous n'avons pas fait agir des poids supérieurs à 350 gr. Qu'arrivera-t-il si nous dépassons cette valeur ? La courbe tracée alors par l'extrémité du crayon est représentée fig. 6. Elle montre clairement :

1° Qu'au delà d'une certaine charge, la proportionnalité de la déformation au poids qui la produit n'est plus vérifiée ;

2° Que, dans ces conditions ,la déformation résiduelle OB acquiert une valeur considérable.

On dit que la *limite d'élasticité a été dépassée*. Les lois énoncées plus haut doivent donc toujours être accompagnées de la restriction suivante : « Tant qu'on est en-deçà de la limite d'élasticité. »

Toutes les expériences ci-dessus ont été faites avec une bande de dimensions constantes : ne serait-il pas intéressant aussi de savoir quel rapport existe entre la valeur de la déformation et la longueur, la largeur, ou l'épaisseur de la bande ? Toutes les bandes Meccano étant de même largeur et de même épaisseur, notre appareil ne nous permet pas de faire varier ces deux facteurs. On pourrait, dira-t-on, essayer de doubler l'épaisseur en opérant sur deux bandes boulonnées solidement l'une à l'autre : en fait, on obtiendrait des résultats faux, puisqu'on n'aurait pas affaire à une bande homogène. Ce qu'on peut faire varier, c'est la longueur de la bande, et il est facile de vérifier ainsi que la déformation est proportionnelle au cube de la longueur. Voici les résultats que j'obtins dans une expérience faite de la sorte :

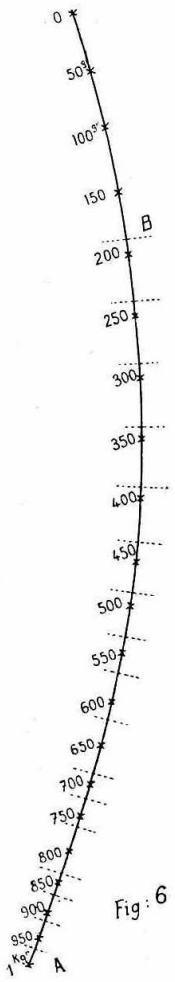


Fig: 6

	1re exp.	2e exp.
Longueurs de la partie libre de la bande comptées depuis la place 2 jusqu'à l'extrémité.....	21 tr.	17 trous
Distance entre les 2 positions successives de l'extrémité de la bande pour une variation de charge de 200 gr. (on est resté dans les limites d'élasticité)....	23mm	18mm

On doit avoir, d'après la loi énoncée plus haut, et on a en effet :

$$\frac{52}{28} = \frac{(21)^3}{(17)^3} = 1.8.$$

La loi est donc vérifiée.

L'étude de l'élasticité de torsion et de traction fera l'objet d'un prochain article.

Ch. CLAVEL.

Historique du Meccano (suite)

Au sortir des presses, les bandes et les plaques sont acheminées vers les ateliers de foulage et versées dans d'immenses tonneaux contenant des produits nettoyeurs, dans lesquels elles rouleront pendant des heures jusqu'à purge complète, et polissage parfait des bords. Chaque bande, séparément, passe ensuite dans des cylindres redresseurs, et de là sont dirigées vers les ateliers de nickelage.

Dans l'opération du foulage les pièces y subissent une bonne première opération de nettoyage, mais incomplète ,chimiquement parlant. En vue du nickelage on doit les replonger dans une solution chimique qui les débarrasse définitivement de toutes impuretés, et il ne reste plus qu'à leur donner trois autres lavages successifs dans de l'eau courante, ayant ensuite bien soin, au sortir de l'eau, d'éviter de les saisir avec les mains, car le nickelage n'aurait plus sur elles l'action désirée.

Notre procédé d'électro-nickelage constitue une opération des plus délicates. Les pièces sont plongées dans d'immenses cuves contenant une solution de composés chimiques divers, et la préparation de ces bains exige beaucoup d'adresse et de connaissances techniques.

Une préparation défectueuse dans les proportions, ou bien l'emploi de produits de qualité inférieure, ferait manquer toute l'opération, et équivaudrait à une grande perte de temps et de matériaux. Une solution ancienne donne parfois de meilleurs résultats qu'une toute récente, et les opérateurs préfèrent presque toujours ce qu'ils nomment une solution « mûrie ».

Pendant le nickelage, chaque pièce est suspendue séparément à des claies spéciales plongeant dans les cuves, et pour que le résultat désiré soit complet, elles doivent y séjourner deux heures au moins. Au bout de ce laps de temps, les pièces sont lavées soigneusement pour les débarrasser de toutes traces de solution chimique, et séchées ensuite dans de la sciure de bois chaude.

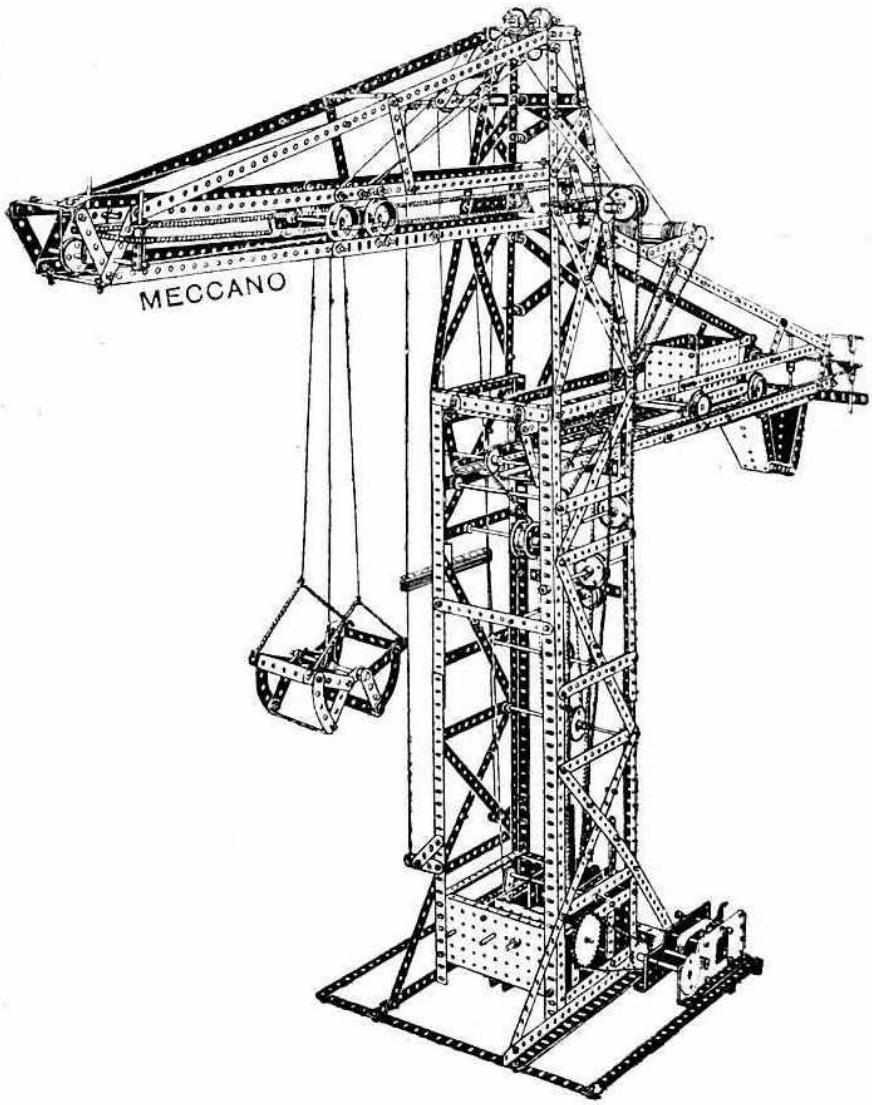
Les quelques millions de pièces Meccano qui doivent ainsi passer au nickelage dans le cours d'une année exigent un nombre imposant de cuves gigantesques ainsi que de puissantes dynamos. Notre matériel de nickelage est, dans son genre, un des plus considérables du monde entier, et fait l'admiration de tous les visiteurs qui viennent honorer de leur curiosité justifiée les Usines Meccano.

La tige de cuivre qui transporte jusqu'aux cuves le courant électrique représente, à elle seule, des kilomètres en longueur, et des milliers de livres sterling en valeur. Dans ce service, notre consommation d'eau est énorme et représente des milliers de litres pour chaque jour.

Nos pièces de cuivre telles que les roues, les engrenages, etc., ont également à subir un traitement spécial à seule fin de leur assurer ce brillant particulier qui est comme leur toilette caractéristique. Elles doivent, à cet effet, séjourner dans des bains d'acides à intensité variée, et après avoir subi lavage et séchage, elles reçoivent un laquage soigné qui constitue le brillant que vous leur connaissez.

Dommage, petits amis, qu'il ne vous soit pas facile peut-être — cela ne dépend pas de moi — de venir constater *de visu* le beau travail réalisé par ces merveilleuses machines automatiques qui produisent notamment toutes nos petites pièces détachées, telles que boulons et écrous, accouplements, vis sans fin, etc., sans oublier celles non moins admirables qui taillent les pignons, les engrenages et roues de champ.

(*A suivre.*)



GRUE A CHARBON

à grand rendement

Ce splendide modèle fut primé à un des précédent concours