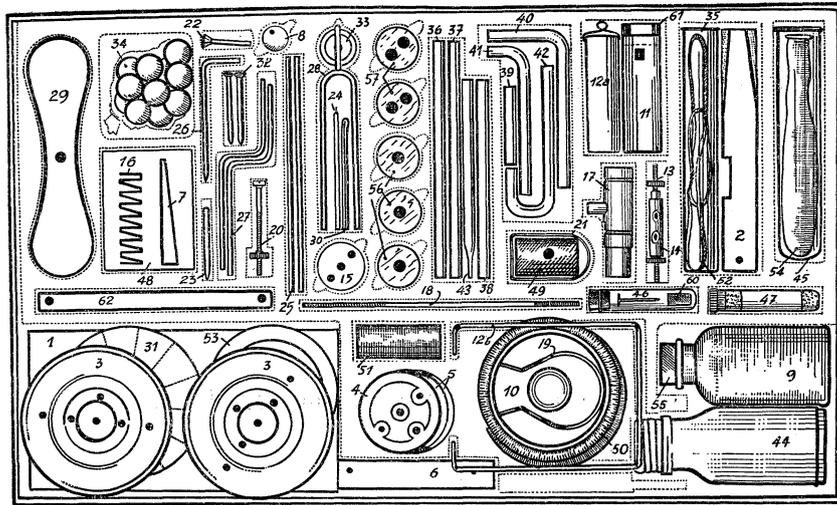


LA BOITE DU PETIT PHYSICIEN

et ses éléments



- | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 1 socle | 18 tige de la pompe | 42 tube de verre recourbé en |
| 2 tringle-support | 19 bande métallique | crochet |
| 3 deux disques à gorge | 20 vis de liaison avec écrou | 43 tube de verre effilé |
| de poulie | 21 pince de support | 44 bouteille de verre |
| 4 petit disque plastique à | 22 soupape conique | 45 éprouvette |
| gorge de poulie | 23 clou sans tête 4 cm | 46 tube à pastilles avec |
| 5 deux petits disques | 24 clou sans tête 7,5 cm | bouchon et clou |
| plastiques | 25 deux clous sans tête 12 cm | 47 tube à pastilles avec sel |
| 6 fléau de balance | 26 tige métallique coudée | ammoniac |
| 7 coin de bois | 27 deux tiges métalliques | 48 deux plaques de verre |
| 8 bille de bois | 28 diapason | 49 bouchon de caoutchouc |
| 9 bouteille métallique | 29 hélice | 50 tuyau de caoutchouc |
| 10 lampe à alcool | 30 fil à souder | 51 tuyau de caoutchouc large |
| 11 tuyau sonore | 31 roue éolienne | 52 deux rubans de caoutchouc |
| 12a piston plongeur de la | 32 deux clous | 53 anneau de caoutchouc |
| machine à vapeur | 33 joint en cuir | 54 membrane de ballon |
| 12b étrier de fil de fer | 34 billes de pierre | 55 bouchon de liège non per- |
| 13 arbre de la machine à | 35 tube de verre 20 mm 0 | foré |
| vapeur avec deux écrous | 36 tube de verre 6 mm 0 | 56 trois bouchons de liège |
| ronds | à paroi mince | perforés |
| 14 palier de l'arbre de la | 37 tube de verre 6 mm 0 | 57 deux bouchons à 2 perfo- |
| machine à vapeur | à paroi épaisse | rations |
| 15 disque métallique avec | 38 tube de verre à étirer 10 cm | 60 petit bouchon de liège |
| gorge pour ficelle | 39 tube de verre 4 cm | 61 bouchon de liège aplati à |
| 16 ressort de pression avec | 40 tube de verre coudé ouvert | encoche |
| disque perforé | 41 tube de verre coudé fermé | 62 lame bimétallique |
| 17 trompe à eau | | manuel d'instruction |

Toute pièce détachée peut être livrée séparément

Copyright 1962 by Jouets GéGé, Sté G. GIROUD & C^{ie}, Montbrison, France. Licence de Kosmos, Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart. Fabrication GéGé pour la France et la Communauté — Tous droits réservés, y compris ceux de la traduction. Traduction de la 19^e édition allemande par René-Albert Beaume. Imprimé en France par l'Imprimerie spéciale *GéOé*. Dépôt légal : 3^e trimestre 1962 N^o 776

**Le Physicien construit de nombreuses machines
et l'eau, l'air et la vapeur sont ses principaux aides.**

Posséder un laboratoire de physique, tel est le désir ardent de tout jeune qui s'intéresse à la technique. Tous les éléments de ce laboratoire lui sont offerts par le « PETIT PHYSICIEN », sous une forme qu'il serait bien difficile de trouver dans le commerce. Grâce au coffret dont on vient de lui faire cadeau, le jeune expérimentateur peut s'en donner à cœur joie ; les expériences qu'il n'a peut-être vues que de loin à l'école, il peut les répéter lui-même à la maison, seul ou en compagnie de ses amis ; et peut-être en trouvera-t-il de nouvelles.

Comme appui pour ses expériences, il utilise le *socle* de bois, où peuvent être fixés toutes sortes de *clous sans tête* et une *tringle-support*. Celle-ci sert, par exemple, de support au levier. Sur la face excavée du support, il peut aussi fixer le *tube de verre large* au moyen du *coin* et de la *pince du support*. Dans le *tuyau sonore* il peut introduire le *piston plongeur* pour construire une machine à vapeur, ou la *tige de pompe* avec le *joint en cuir* dans le tube de verre large pour monter une pompe. Avec le tube sonore il peut aussi produire un son, après avoir produit d'autres sons déjà au moyen de l'*éprouvette de verre* et du *diapason*. Il utilise la *bouteille métallique* comme chaudière ; sur celle-ci peuvent s'adapter toutes sortes de *bouchons de liège* ou de *caoutchouc*. Ces bouchons peuvent être traversés par des *tubes de verre droits ou coudés, étroits ou larges* ou encore *effilés*, ou même reliés entre eux par un *tuyau de caoutchouc*. L'eau est chauffée au moyen de la *lampe à alcool*. Le couvercle de celle-ci peut s'ajuster, avec *Vanneau de caoutchouc*, sur une plaque de verre de sorte qu'avec la *trompe à eau*, on y peut faire le vide. Avec les *poulies*, le petit Physicien réalise toutes sortes de transmissions, tel un volant sur *Arbre de la machine à vapeur*. Il les utilise également pour monter un canon, qui lui permet de lancer une *bille de bois* ou de *pierre*, grâce à un ressort. C'est une vraie fête lorsque le petit Physicien fait monter le *ballon* qu'il a gonflé lui-même avec du gaz.

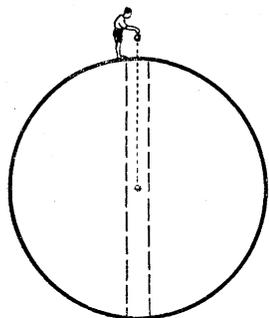
Un Physicien consciencieux veillera naturellement à ce que son matériel de travail soit toujours correctement rangé, et il commencera par des expériences simples, et non pas immédiatement par la construction de la machine à vapeur. Et maintenant, cher petit Physicien, nous vous souhaitons un heureux voyage !

De la force

1. Tout commencement est difficile,

même lorsqu'on est un jeune homme intelligent, et qu'on commence avec la chose la plus simple. Parmi les nombreux et beaux objets de notre boîte, quel est celui qui est le plus simple ? Ce sont assurément les petites billes de diverses couleurs. Leur hauteur n'est-elle pas égale à leur largeur et à leur longueur, leur courbure n'est-elle pas la même dans tous les sens ; n'ont-elles pas le même aspect, que nous les voyions de dessus ou de dessous ? Nous commencerons donc nos expériences avec ces billes.

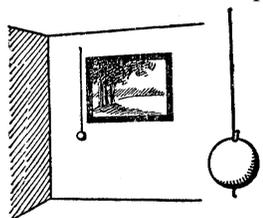
Sortez une bille du petit sac et posez-la sur la table ; peut-être commencera-t-elle déjà seule l'expérience, en roulant sur la table et en tombant par terre. Ne vous êtes-vous jamais demandé pourquoi elle tombe, et pourquoi elle ne « tombe pas en haut », mais toujours en bas, vers le sol ? C'est comme si la terre renfermait un grand aimant, qui attirerait à lui les billes et tous les autres objets. Représentez-vous un trou passant à travers le plancher, à travers les étages, et la cave, puis se continuant à travers toute la terre ; notre bille continuerait alors de tomber et parviendrait finalement au centre de la terre. La terre a le pouvoir



d'attirer tous les corps vers son centre. Si cette force attractive n'existait pas, vous pourriez placer la bille n'importe où dans l'air, et elle y resterait jusqu'au moment où un inconscient irait s'y cogner. Ce serait là un vilain tour de polisson, et il est bon que la force attractive le rende impossible.

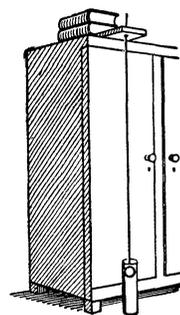
2. La chute empêchée

Afin que la bille ne tombe pas à terre, nous l'attachons à un fil ; la chose est très facile si nous employons la bille perforée. Quand nous tenons le fil immobile, la bille indique exactement la direction du centre de la terre. Cette direction s'appelle la verticale, et au moyen de notre bille nous pouvons vérifier si des objets de la maison sont également verticaux. Ainsi, au moyen de notre « fil à plomb » nous pouvons aisément mettre dans la bonne position certains tableaux qui ne sont pas droits.



3. Une chute merveilleuse

A présent vous montez sur une chaise, de préférence tout près d'une armoire ; vous tenez la bille dans la main, et vous déclarez que vous allez la laisser tomber dans le tuyau sonore de la boîte, placé sur le plancher. Chacun estimera que



la chose est impossible. Mais vous pouvez tranquillement parier une plaque de chocolat, car vous savez qu'un corps tombe exactement suivant la verticale. Vous suspendez donc la bille à un long fil que vous passez par le trou du socle, celui-ci étant placé sur l'armoire et lesté par des livres, par exemple. Le fil doit descendre jusque dans le tube. Vous déplacez le tube jusqu'à ce que la bille y soit suspendue librement sans toucher les parois ; vous pouvez maintenant remonter le fil jusqu'au socle, en ayant soin de ne pas déplacer celui-ci. Si vous coupez alors le fil délicatement au-dessus du socle, ou si vous le brûlez, la bille

tombera dans le tube avec une certitude absolue. Vos amis seront stupéfaits de voir tomber la bille avec une telle exactitude.

4. Laquelle est la plus rapide,

la bille légère en bois, ou la lourde bille de pierre, lorsque debout sur la chaise, vous les laissez tomber simultanément de la même hauteur ? Vous avez sûrement pensé que la bille lourde atteindrait plus rapidement le sol, et vous êtes surpris de constater qu'en réalité la bille lourde et la bille légère tombent avec la même vitesse.

5. Une exception

Nous allons montrer ici que, dans certains cas, deux corps ayant le même poids tombent avec des vitesses différentes. Découpons dans un journal deux feuilles de la grandeur d'une carte postale. Elles sont toutes deux du même poids. Si nous chiffonnons l'une d'elles pour en faire une petite boule, que nous laissons tomber en même temps que la deuxième feuille mince, étalée, la boule arrive plus vite au sol. Ceci provient du fait que le papier non chiffonné éprouve de la part de l'air une plus grande résistance que la petite boule de papier. Cette résistance de l'air a pour effet de diminuer la vitesse de chute des corps ayant une grande superficie.

6. Vol plané

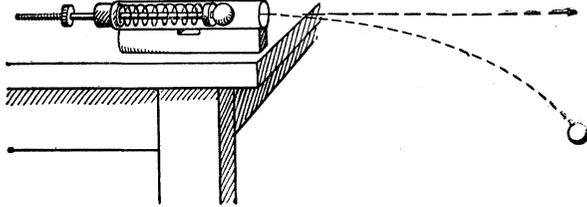
Le vol est basé sur la résistance de l'air. Lorsque nous abandonnons une carte postale dans l'air, dans la position horizontale, elle oscille et descend en zig-



zaguant jusqu'au sol. Mais si nous lestons la carte d'une petite pièce de monnaie, posée au milieu de l'un des bords, la carte accomplit un beau vol plané notamment lorsque les longs bords ont été légèrement relevés.

7. Le vol dans l'espace

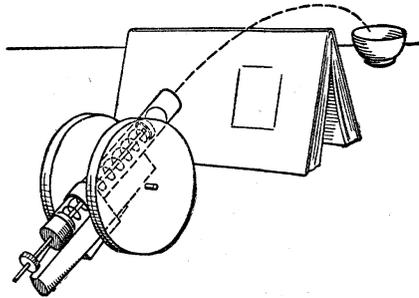
La chute dans la direction de la terre s'effectue en quelque sorte d'elle-même, ou plus précisément sous l'influence de la force émanant de la terre. Pour déplacer la bille dans le sens horizontal, et non plus dans le sens vertical, nous



devons faire agir une autre force. Notre ressort de pression, que nous comprimons entre les doigts, nous montre qu'il a de la force. Avec le tube de verre large

ce ressort peut constituer une espèce de canon. A l'extrémité antérieure de la tige de pompe nous adaptons le petit disque perforé et vissons l'un des écrous ronds. Puis nous passons la tige dans le ressort et à travers le liège perforé qui ferme le tube. Tirons maintenant le ressort à l'intérieur du tube et à l'extrémité postérieure de la tige vissons également un écrou. Plaçons enfin le tuyau dans la face excavée de la tringle-support, horizontalement, au bord de la table. Visons, suivant le « tube du canon », un point de la paroi, et tirons. Cette fois-ci nous n'avons pas été aussi adroits que précédemment. Ceci provient du fait que la bille tirée n'obéit pas uniquement à la force du ressort ; la pesanteur agit également sur elle, et la bille décrit par conséquent un arc.

8. Tir indirect

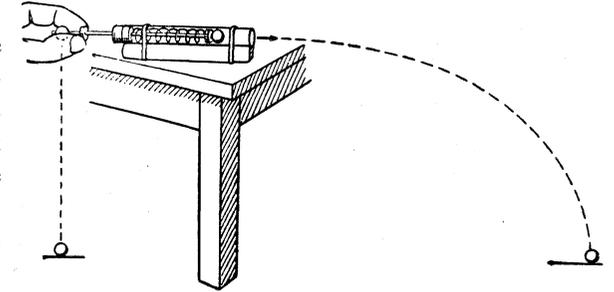


D'ailleurs les projectiles des gros canons décrivent aussi des arcs, parce qu'ils se déplacent également sous l'influence de la pesanteur, qui les attire vers le sol. C'est pourquoi on peut tirer par-dessus les montagnes sans voir le but. Au moyen de la tringle-support, des grandes poulies, du tuyau, etc., nous montons un canon. Le tube est fixé au support au moyen de la bande métallique arrondie

— pince du support — et du coin. Un bon exercice consisterait à tirer, à l'aide de notre arme à ressort, des balles de papier par-dessus un livre figurant une montagne, dans un bol placé derrière.

9. La ligne droite est le plus court chemin

Quelle bille atteindra la première le sol, celle qui tombe verticalement ou celle qui est tirée horizontalement ? Certainement la première. Voici un dispositif qui vous permet de lâcher les deux billes en même temps. La bille sans trou est placée dans le tube du canon, et celle qui est perforée est enfilée sur l'extrémité libre de la tige de traction,



celle-ci pouvant être saisie par l'écrou. Lorsqu'on lâche la tige, l'une des billes est lancée horizontalement hors du tube, et en même temps, l'extrémité de la tige du piston glisse hors du trou de la bille perforée.

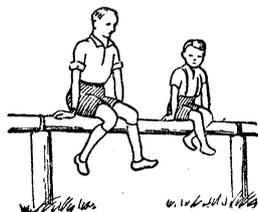
Celle-ci tombe. Laquelle des deux billes atteint la première le sol ? Avec étonnement vous constatez qu'elles y arrivent en même temps. La bille tirée commence à tomber aussitôt qu'elle a quitté le tube, et ce n'est que par la force du ressort qu'elle accomplit en outre un mouvement horizontal.

10. Un projectile liquide

Si nous voulons voir distinctement la trajectoire, reportons-nous à l'expérience 122 et nous verrons la façon de monter une petite seringue au moyen du tube ; grâce à celle-ci nous pourrions tirer un filet d'eau qui accomplira un grand arc dans l'air. Ce projectile liquide n'est pas dangereux, mais il est préférable de le tirer en plein air.

Temps et vitesse

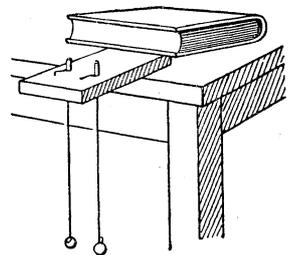
11. Pendant les vacances



d'une longue règle et d'une plus courte : elles balancent ou oscillent différemment.

Ces gamins, assis sur la clôture, et qui balancent les jambes avec satisfaction, sont certainement en vacances. Le plus jeune des deux remarque que ses jambes se balancent beaucoup plus vite que les longues jambes de son grand frère. Avec la meilleure volonté, le plus grand ne parvient pas à balancer ses jambes aussi vite que le petit. Il en est de même

12. Pendule léger et pendule lourd



Fabriquons un fil à plomb au moyen de la bille en bois et d'un fil. Suspendons-le de façon que, depuis le point de suspension jusqu'au centre de la bille, la distance soit exactement de 25 cm. Si nous tirons alors la bille un peu de côté pour la lâcher ensuite, elle commence à balancer ou à osciller. Si nous fixons également un fil à la bille en pierre, au moyen de cire à cacheter chauffée ou d'un ruban adhésif, nous avons un deuxième pendule plus lourd que le premier. Celui-ci doit être exactement de même longueur que le premier. Lequel des deux oscille le plus vite, le pendule lourd ou le pendule léger ? Ils oscillent tous deux, chose étrange, à la même cadence. Le poids du pendule n'a aucune influence sur le nombre des oscillations.

13. Hâte-toi lentement !

Quelle différence pourrions-nous observer si, reprenant les deux pendules qui oscillent de façon identique, nous écartons l'un d'eux de 2 cm de sa position de repos et l'autre de 6 cm ? Lequel des deux fera le plus grand nombre d'oscillations ? Nous présumons que le pendule qui a la plus grande amplitude a besoin de plus de temps pour parcourir le chemin le plus long. L'expérience nous montre que les deux pendules oscillent au même rythme. Le pendule qui a le plus long chemin à parcourir se hâte, tandis que celui qui a une distance d'oscillation plus courte parcourt son chemin avec moins de diligence. Cette concordance, il est vrai, ne joue plus quand l'amplitude devient trop grande.

14. Nous mesurons le temps

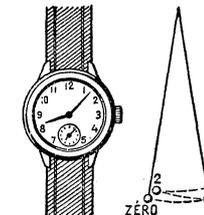
Notre pendule mesure 25 cm depuis le milieu de la bille jusqu'au point de suspension. Observons l'aiguille des secondes d'une montre, et comptons le nombre des oscillations du pendule en une minute.

Au moment où nous lâchons le pendule nous comptons comme suit :

Zéro 1 2 3 4 5 6 7 8 9 **10** etc.

6 7 8 9 **20** 1 2 3 4 5

Si, par exemple, on a compté 120 oscillations en une minute, on peut calculer que la durée d'une oscillation est exactement d'une $\frac{1}{2}$ seconde. Si nous comptons seulement les oscillations dans un sens, par exemple vers la droite, nous pouvons compter exactement à la cadence des secondes.



15. Deux fois, et pourtant pas le double

Nous aimerions constituer un pendule qui oscillerait avec une durée double, donc avec une oscillation par seconde ; nous aurions ainsi un pendule à seconde. Pour qu'il oscille plus lentement, nous l'allongeons ; peut-être faut-il doubler sa longueur, c'est-à-dire lui donner une longueur de 50 cm. Essayons et comptons les oscillations pendant une minute ; nous en compterons peut-être 81. Calculons la durée d'une oscillation ?

$$81 \text{ oscillations} = 60 \text{ secondes}$$

$$1 \text{ oscillation} = 60 : 81 = 0,74 \text{ seconde.}$$

Remarquons ceci : lorsque nous multiplions par 2 la longueur du pendule, la durée de ses oscillations n'est pas doublée.

16. Le pendule à seconde

Le pendule doit osciller encore beaucoup plus lentement, c'est pourquoi nous doublons encore une fois sa longueur, de sorte qu'il mesure à présent 1 mètre depuis le milieu de la bille jusqu'au point de suspension. Comptons de nouveau. Quelle coïncidence ! Quand la minute est écoulée, nous avons compté exactement 60 oscillations : le pendule fait ainsi une oscillation par seconde, c'est donc un pendule à seconde. Pour battre la seconde, le pendule doit avoir une longueur de 1 m, ou plus exactement de 99,4 cm.

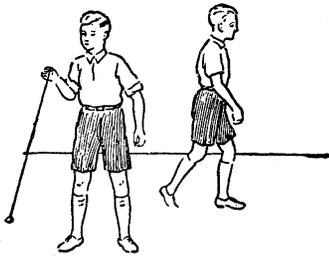
17. La minute qui dure une éternité !

Une minute est si vite passée ! Mais si nous nous proposons de rester assis immobile, pendant une minute, à regarder le pendule osciller, nous nous rendons compte qu'une minute dure vraiment très longtemps.

18. Une pendule à minute,

c'est-à-dire un pendule qui n'oscillerait qu'une seule fois en une minute, devrait être très long. Nous avons précédemment remarqué que le pendule dont les oscillations devaient avoir une durée double, devait être quadruplé en longueur ; pour une durée d'oscillation triple, il devrait être 9 fois plus long, et pour une durée quatre fois plus grande, 16 fois plus long. Un pendule d'une durée d'oscillation de 5 secondes correspondrait à une longueur de $5 \times 5 \text{ m} = 25 \text{ m}$. Le pendule à minute aurait par conséquent une longueur de $60 \times 60 = 3.600 \text{ m}$, et devrait être suspendu à un ballon !

19. Une pendule à seconde



peut toujours être fabriqué facilement au moyen d'une pierre attachée à une ficelle. Mais il faut que ce pendule mesure exactement 1 m de longueur. Quand il oscille alors à la seconde, nous pouvons déterminer le temps mis par un camarade pour traverser la chambre dans sa longueur. Si, par exemple, la chambre mesure 6,5 m de long, et que cette distance est parcourue en 5 secondes, il se déplace avec une vitesse de 1,3 m à la seconde.

La vitesse est toujours = distance : temps.

20. Quelle est la vitesse d'un cycliste ?

Mesurons une distance de 60 m au moyen d'une ficelle qui a, par exemple, une longueur de 5 m. Un camarade se tient au commencement de la distance me-

surée, et au moment où un cycliste passe devant lui, il fait un signe. A l'autre extrémité de la distance marquée nous comptons les secondes et déterminons la vitesse. Nous comptons 12 secondes, ce qui nous permet de calculer :

$$\text{vitesse} = 60:12 = 5\text{m à la seconde.}$$

Nous en déduisons

$$\text{la vitesse par minute} = 60 \times 5 \text{ m} = 300 \text{ m,}$$

$$\text{la vitesse par heure} = 60 \times 300 \text{ m} = 18\,000 \text{ m} = 18 \text{ km.}$$

21. Contrôle de la vitesse d'un camion

La distance mesurée peut également servir à contrôler si un camion ne dépasse pas la vitesse maximum de 30 km, autorisée pour la circulation en ville.

Exemple : distance 60 m, temps 8 secondes,

$$\text{vitesse à la seconde} = 60 : 8 = 7,5 \text{ m,}$$

ce qui correspond à une vitesse à l'heure de

$$3.600 \times 7,5 = 27.000 \text{ m} = 27 \text{ km.}$$



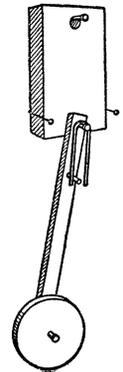
22. Course d'escargot

Même les escargots, aussi lents soient-ils, ont une vitesse déterminée. Faisons ramper un escargot sur notre plaque de verre, et mesurons la distance qu'il parcourt en une minute. Le calcul nous montre que la vitesse est d'environ 1 mm par seconde. Il est intéressant aussi de suivre sur la face inférieure de la plaque de verre, le jeu curieux des muscles du pied de l'escargot.



23. Le tic-tac de l'horloge

Construisons un pendule, semblable à celui d'une horloge, au moyen de la longue tringle et d'une grande poulie. La planchette est fixée à la paroi à l'aide de trois grosses épingles. Si nous suspendons maintenant notre diapason à deux clous sans tête, le pendule produit un tic-tac comme une véritable horloge.



24. La montre diligente

Au cours de nos expériences il n'est pas certain que nous comptons très exactement les secondes ; en comptant, nous devons également regarder l'aiguille des secondes de notre montre. Mais lorsque nous regardons la montre, nous ne pouvons pas regarder l'automobiliste ou le cycliste. On ne peut pas regarder deux choses en même temps. Le seul moyen pour suivre tranquillement le cycliste des yeux est de compter les secondes d'après le tic-tac de la montre. Comptons. Nous constatons que les tic-tac sont beaucoup trop rapides, et ne correspondent pas aux secondes ! Ils sont si rapides que nous pouvons à peine les suivre en comptant. Si l'on compte plus simplement, par exemple :

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
1 2 3 4 5 6 7 8 9 20
1 2 3 4 5 6 7 8 9 30
1 2 3

en disant mentalement les chiffres, on peut arriver à déterminer combien de fois la montre bat en une seconde. Si la montre a 50 tic-tac en 10 secondes, elle bat 5 fois par seconde, et chaque tic-tac correspond à un cinquième de seconde. Comptez à présent les tic-tac de votre montre ; pendant que vous tenez la montre à votre oreille, un camarade observe la sienne, et vous fait signe au moment où vous devez commencer, puis cesser de compter. Vous constaterez que votre montre aussi, bat les cinquièmes de seconde, autrement dit que chaque tic-tac correspond à 0,2 seconde.

25. Mesure exacte du temps

Nous pouvons donc mesurer la durée exacte d'une course, en cinquièmes de seconde, aussi exactement qu'avec un chronographe, en comptant tout simplement les battements de la montre, qui correspondent chacun à un cinquième de seconde.

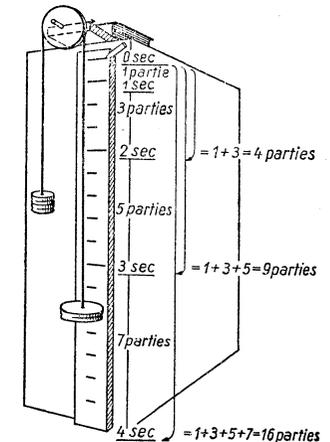
Chute et mouvement de bas en haut

26. La chute du haut de l'armoire

Appliquons cette mesure précise du temps à la détermination du temps qu'il faut à notre bille de bois, pour tomber du haut d'une armoire jusqu'au sol. Si nous comptons trois tic-tac de la montre, nous en déduisons que la bille a parcouru la distance en $3/5$ de seconde.

27. La chute retardée

Construisons un genre d'ascenseur. Plaçons sur l'armoire notre socle lesté avec quelque chose de lourd, un gros livre par exemple ; le socle doit dépasser le bord de l'armoire. Dans un des trous du socle, côté largeur, nous introduisons un long clou sans tête portant l'une des grandes poulies. Sur la poulie, passons un fil qui doit être un peu plus long que la hauteur de l'armoire. A l'une des extrémités du fil, fixons la deuxième grande poulie au moyen d'allumettes en guise de coins, de façon qu'elle soit horizontale ; à l'autre extrémité, attachons deux petites poulies. La grande poulie étant en haut, nous la lâchons. La descente commence lentement pour devenir toujours plus rapide. Le mouvement vers le bas est accéléré. Avec de la craie nous traçons sur une petite baguette placée à côté du fil, la position de la grande poulie à chaque seconde. Nous remarquons que pendant la première seconde la distance parcourue est minime, tandis que pendant la deuxième elle est trois fois plus grande. Donc, la distance parcourue pendant les deux secondes peut être divisée en quatre parties égales, dont l'une correspond à la première seconde et les trois autres à la deuxième. Nous trouvons ensuite que pendant la troisième seconde la distance parcourue correspond à 5 parties, pendant la quatrième à 7 parties, et ainsi de suite dans les secondes successives (chaque fois 2 parties de plus). Quelle est la distance parcourue dans la dixième seconde ? Par déduction nous trouvons 19 parties. Mais on peut aussi trouver ce nombre par le calcul :



$$10 \text{ secondes} \times 2 = 20 - 1 \text{ partie} = 19 \text{ parties.}$$

28. Le chemin parcouru

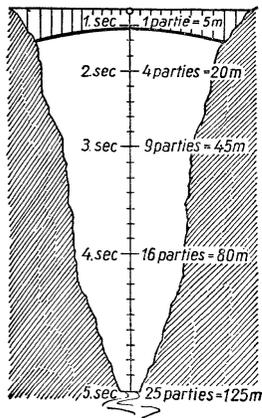
Le tableau ci-dessous donne le nombre de parties parcourues

en 1 seconde	1 partie	
2 secondes	4 parties (= 2 x 2)	
3 »	9 » (= 3 x 3)	
4 »	16 » (= 4 x 4)	
5 »	25 » (= 5 x 5)	
10 , »	100 » (= 10 x 10)	

Vous voyez immédiatement comment obtenir le nombre de parties parcourues. Le calcul est très simple. Il suffit de multiplier le nombre de secondes par lui-même. Combien de parties sont-elles parcourues en 8 secondes ? ($8 \times 8 = 64$).

29. La chute libre et la loi de la chute

Une pierre qui tombe au fond d'une gorge se meut dans sa chute selon la même loi, et parcourt dans la première seconde 1 partie, dans la deuxième seconde 3,



dans la troisième seconde 5. Déjà la première partie est très grande ; elle mesure tout près de 5 m ; dans la deuxième seconde la pierre parcourt 3 parties, donc 15 m ; dans les deux premières secondes 20 m. Le croquis nous montre le nombre de parties parcourues par la pierre pendant chaque seconde. Nous obtiendrons le chemin parcouru au cours de la chute par le calcul suivant :

$$5 \text{ m} \times \text{seconde} \times \text{seconde}$$

Calculons :

Quelle est la hauteur de chute d'un corps en 6 secondes ?

$$\text{Hauteur} = 5 \text{ m} \times 6 \text{ secondes} \times 6 \text{ secondes} = 180 \text{ m.}$$

30. Quelle est la profondeur de la gorge ?

Mettons nous près du parapet d'un pont, observons notre montre en comptant comme nous l'avons appris, les tic-tac jusqu'à 10. A 10 nous laissons tomber une pierre, en continuant de compter jusqu'au moment où elle atteint l'eau. Admettons que l'on ait pu compter jusqu'à 7 ; la pierre a donc mis $0,2$ seconde $\times 7 = 1,4$ seconde pour tomber. Nous aurons la hauteur de chute en faisant le calcul suivant : $5 \text{ m} \times 1,4 \times 1,4 = 9,80 \text{ m.}$

31. Profondeur d'un puits

Si nous laissons tomber une pierre dans un puits profond, en comptant les cinquèmes de seconde jusqu'au moment où la pierre atteint le fond, nous pouvons calculer la profondeur du puits. Ici aussi nous avons :

$$\text{hauteur de chute} = 5 \text{ m} \times \text{seconde} \times \text{seconde.}$$

32. Quelle était la hauteur de l'armoire ?

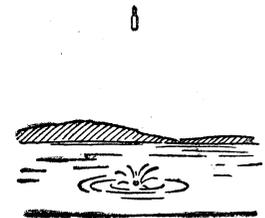
Dans une précédente expérience nous avons établi que la bille exigeait $\frac{3}{5}$ de seconde pour tomber depuis l'arête supérieure de l'armoire jusqu'au sol. Nous en déduisons la hauteur de l'armoire :

$$5 \text{ m} \times \frac{3}{5} \times \frac{3}{5} = \frac{5 \times 9}{25} = 1,8 \text{ m.}$$



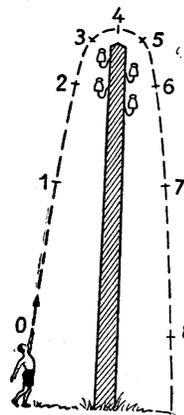
33. A quelle hauteur vole l'avion ?

Il ne faut jamais jeter des objets d'un train ou d'un avion ; cependant, au-dessus d'un lac, une bouteille lancée d'un avion ne saurait être dangereuse, et nous pourrions alors compter les secondes jusqu'au moment où elle atteint l'eau. Supposons que nous trouvions 6 secondes. A quelle hauteur volait l'avion ? Hauteur = $5 \text{ m} \times 6 \times 6 = 180 \text{ m}$ au-dessus de l'eau.



34. Qui lance la pierre le plus haut ?

Si vous lancez une pierre en l'air, elle se déplace toujours plus lentement à mesure qu'elle s'élève, c'est-à-dire que son mouvement est retardé, puis elle parcourt le chemin inverse et tombe en un mouvement accéléré vers le sol. Dans son déplacement il lui faut exactement le même temps pour monter que pour descendre. Lancez une pierre en l'air ; jusqu'au moment où elle atteindra de nouveau le sol, vous compterez par exemple, jusqu'à 18 avec votre montre. Par conséquent, pendant l'ascension de la pierre la montre a fait 9 tic-tac, et pendant sa chute 9 également. Son temps de chute est donc égal à $0,2 \times 9 = 1,8$ seconde. Quelle est par conséquent la hauteur de chute ?



$$\text{Hauteur de chute} = 5 \text{ m} \times 1,8 \times 1,8 = 16,20 \text{ m.}$$

Vous pouvez vous mesurer avec votre camarade pour savoir

lequel des deux lance une pierre le plus haut. Peu importe que la pierre décrive un arc en montant car, d'après l'expérience 9, un corps qui tombe en décrivant un arc a la même vitesse qu'un corps qui tombe verticalement.

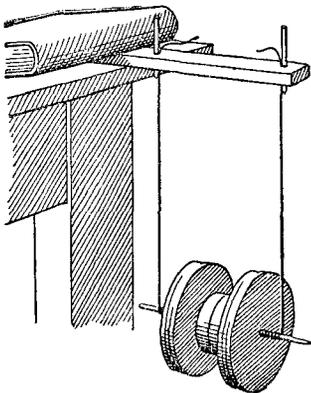


35. Avec un arc et des flèches

Tous les garçons ont déjà tiré des flèches à une hauteur incroyable au moyen d'un arc qu'ils avaient fabriqué eux-mêmes. Il serait vraiment intéressant de savoir à quelle hauteur une flèche peut monter. Il suffit pour cela de compter les cinquièmes de seconde jusqu'au moment où la flèche atteint de nouveau le sol, puis de diviser par deux pour avoir le temps de chute et calculer la hauteur.

36. Retour de la profondeur

Nous avons vu qu'un corps lancé de bas en haut doit redescendre. Est-il également possible qu'un corps que nous laissons tomber puisse remonter à nous. La chose paraît irréalisable.



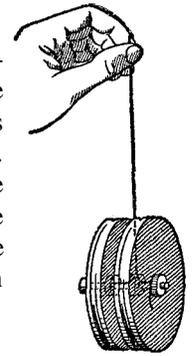
Passons un fil d'environ 2,5 m à travers le trou central des deux grandes poulies entre lesquelles nous aurons placé deux petits disques plastiques. Montons ensuite l'ensemble sur un long clou sans tête qui doit servir d'axe. Les poulies doivent faire corps avec l'axe. Passons les deux extrémités du fil dans deux trous du fléau de balance de la boîte, et immobilisons-les au moyen de clous sans tête, en veillant à ce que le fil qui joint les deux poulies soit de même longueur. Le fléau est placé au bord de la table et immobilisé au moyen d'un objet pesant. En tournant l'axe sur lui-même, nous y enroulons le fil ; par cette

rotation l'axe et les poulies s'élèvent jusqu'aux points d'attache des fils. A présent nous lâchons le tout. Les poulies commencent à tourner de plus en plus vite, et lorsqu'elles atteignent le point le plus bas, elles ne peuvent pas s'immobiliser immédiatement ; elles continuent à tourner, le fil s'enroule de nouveau sur l'axe et les poulies remontent, en un mouvement, il est vrai, toujours plus ralenti. Ainsi les poulies montent et descendent plusieurs fois. Le mouvement s'atténue de plus en plus et bientôt elles s'immobilisent. La cause de ce phénomène étrange est due au fait qu'un corps en mouvement a tendance à persister dans ce mouvement.

Inertie et rotation

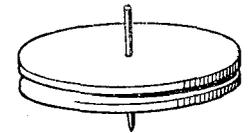
37. Yo-yo

Le jouet appelé yo-yo, dont le principe est de laisser descendre les deux disques puis de les faire remonter le long d'une ficelle, en exerçant sur celle-ci une traction suivie chaque fois d'un relâchement, est basé sur l'inertie dans le mouvement. Fabriquons un yo-yo au moyen des deux grandes poulies, de la vis de liaison et de trois écrous cylindriques, dont l'un se trouve entre les deux poulies, puis essayons notre habileté à le faire tourner. La ficelle a été pincée entre les deux poulies en montant le jouet.



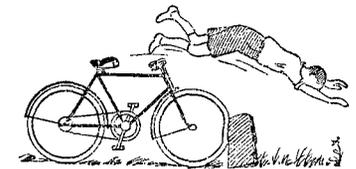
38. La toupie

Si l'on passe un clou sans tête par le trou central d'une grande poulie, de telle sorte qu'un tiers environ du clou dépasse sous le disque, on obtient une toupie. Un petit bout de fil ou de ficelle mince permet d'immobiliser le clou dans le trou de la poulie. Sur une assise plane la toupie tourne longtemps. La rotation est également due à la force d'inertie propre aux corps.



39. Un accident de vélo

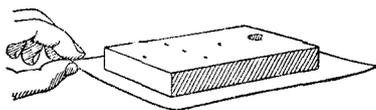
Pourquoi ce cycliste est-il projeté ainsi par-dessus sa bicyclette ? Tout simplement parce qu'il était en mouvement et qu'il n'a pas pu s'arrêter instantanément. Quand un vélo est arrêté brusquement, le cycliste continue son mouvement seul et tombe.



40. Il tient à son repos

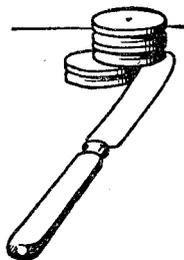
Plaçons le socle sur une feuille de papier plus grande que lui, et demandons à un camarade de le déplacer sans le saisir. Chacun trouvera immédiatement la

solution qui consiste à tirer tout simplement le papier ; le socle se déplacera aussi. La chose est différente si nous tirons très rapidement et soudainement le papier : le socle reste en place. Il était au repos et n'a pas pu se résoudre si brusquement à se mettre en mouvement. Un corps au repos a tendance à persister dans cet état de repos.

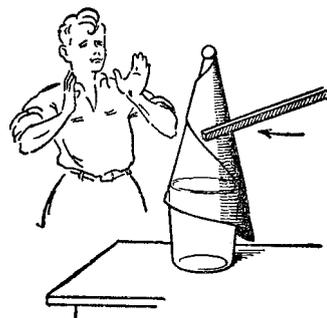


41. Les poulies paresseuses

Plaçons nos trois poulies l'une sur l'autre, et exerçons une faible pression contre la poulie inférieure avec un couteau; les poulies qui sont sur cette dernière se déplacent avec elle. Mais si l'on frappe brusquement contre la poulie inférieure, seule celle-ci est déplacée tandis que celles qui lui sont superposées conservent leur position, parce qu'elles persistent à rester dans leur état de repos.



42. La bille au sommet de la tour



Faisons un cornet avec du papier de journal, et avec une épingle, empêchons le papier de se dérouler. Plaçons ensuite le cornet sur un verre à eau, et, sur la pointe de notre tour que nous venons de sectionner, plaçons la bille de bois. Donnons un coup bien appuyé sur le cornet et abattons-le horizontalement, tout en ayant soin de tenir le verre en place. Un camarade doit se préparer à recevoir la bille au vol. Il sera fort surpris de voir qu'elle n'est pas du tout influencée par le

coup horizontal ; elle tombe tout simplement, verticalement dans le verre. La chose est si sûre que vous pouvez parier sans risque quelque chose avec vos camarades.

43. Du fil de coton et un élastique

Qu'est-ce qui est le plus extensible, un élastique ou du fil à coudre ? Pour nous en rendre compte nous suspendons le socle par l'élastique, à la poignée de la fenêtre par exemple. A l'autre bout du socle attachons un fil à coudre ordinaire mais pas trop fort. Qu'arrive-t-il quand nous tirons lentement le fil ? L'élasti-

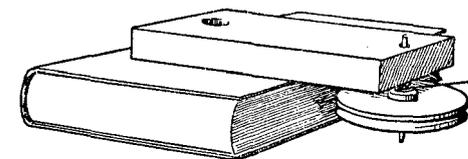
que s'allonge, parce que le fil à coudre est bien moins extensible que le caoutchouc. Qu'arrive-t-il quand nous exerçons une traction brusque sur le fil ? Le caoutchouc reste alors inerte, mais le fil se rompt. La raison en est que le socle, grâce à la force d'inertie, n'a pu suivre immédiatement le mouvement. L'élastique n'a pour ainsi dire rien senti de la traction brusque.

44. Encore la toupie

Comparons les durées de rotation de la toupie quand elle tourne d'abord sur une plaque de verre, ensuite sur du papier d'émeri. Sur les surfaces rudes le frottement est beaucoup plus prononcé, et les corps en mouvement sont rapidement immobilisés par ce frottement.

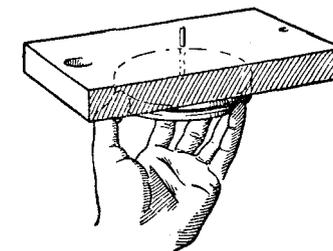
45. Une machine-toupie

Le dessin nous montre comment on peut utiliser le socle comme dispositif de mise en marche de la toupie. On enroule un fil 20 à 30 fois autour de l'axe de la toupie, puis l'axe est introduit dans le trou du socle surélevé à la hauteur convenable par des livres.



46. Une toupie quadrangulaire

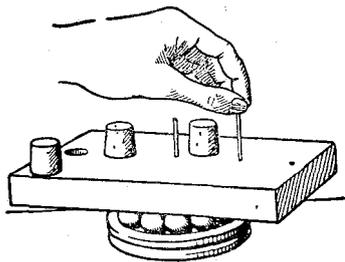
A présent le socle lui-même va tourner en rond. Pour ce faire, nous passons le clou sans tête de longueur moyenne à travers le trou central d'une grande poulie, puis à travers celui du socle. Tenons la poulie immobile et communiquons au socle un mouvement de rotation. La rotation cesse rapidement parce qu'il y a beaucoup trop de frottement entre les deux surfaces en contact.



47. Roulement à billes

Sur l'une de ses faces la grande poulie présente une rainure destinée à recevoir toutes nos billes de pierre. Plaçons le socle sur cette couronne de billes ; nous remarquons qu'il tourne beaucoup plus facilement à présent, parce que le frottement est considérablement diminué. Notre montage représente un véritable roulement à billes.

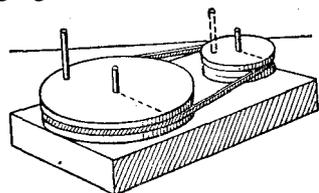
48. Qui reste en place le plus longtemps ?



Plaçons trois de nos bouchons de liège sur la planchette rotative, à des distances différentes de l'axe. Au moyen d'un deuxième clou sans tête, utilisé comme manivelle, nous faisons tourner la planchette d'abord lentement, puis de plus en plus vite. Quel bouchon abandonne le premier la planchette, et lequel y reste le plus longtemps ? Il semble qu'une force chasse les objets placés sur la surface qui tourne, comme pour les rejeter du centre. Cette force de l'attire vers l'extérieur est appelée force centrifuge ; elle n'agit que lorsqu'un corps est animé d'un mouvement circulaire.

49. Une multiplication

Fixons un petit clou sans tête dans le socle ; montons sur ce clou une grande poulie ; à une certaine distance, montons de la même façon le petit disque à gorge. Relions ensuite les deux poulies par un élastique. Si nous faisons tourner



la grande poulie au moyen d'un clou sans tête en guise de manivelle, la petite poulie se met également à tourner. Il est vrai que celle-ci tourne beaucoup plus vite que la grande ; sa rotation est multipliée. Ce genre de transmission du mouvement, par une courroie, est très fréquent dans les machines. Faisons une trace à la craie sur chacune des deux poulies, et comptons combien de tours fait la petite poulie quand la grande en accomplit un. Quelle est la multiplication de notre système de transmission par courroie ?

50. Une démultiplication

Pour changer plaçons le clou-manivelle dans la petite poulie, et en utilisant la rotation de celle-ci faisons tourner la grande. La grande poulie tourne plus lentement. La transmission est démultipliée. Quel est le rapport de démultiplication ?

51. Mouvements contraires

Notre élastique est si extensible, que nous pouvons adapter la courroie sur les deux poulies de telle sorte qu'elle soit croisée entre celles-ci. Que remarquons-

nous quand les poulies tournent ? La rotation de la deuxième poulie est en sens contraire de la première.

52. Machine à coudre et bicyclette

Déterminons sur la machine à coudre le rapport de la multiplication par transmission, et comptons combien de tours fait la roue arrière de la bicyclette quand la roue dentée de multiplication en fait un.

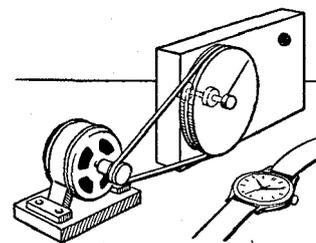
Nous pouvons calculer la circonférence de la roue arrière en fonction de son diamètre (diamètre x 3,14) et calculer ensuite quelle est la distance parcourue à chaque tour de pédale. On peut ainsi utiliser le vélo comme instrument de mesure des distances ; nous comptons le nombre de tours de pédale entre deux lieux et déterminons ainsi la distance qui les sépare. Il est compréhensible qu'une course de ce genre ne doit pas être exécutée en zigzag et qu'il ne faut pas faire usage de la roue libre.

53. Le nombre de tours de l'électrophone

doit être exactement de 78,45 ou $33 \frac{1}{3}$ à la minute. Une trace à la craie faite sur le plateau de l'électrophone va nous permettre de compter le nombre de tours en une minute. Si le nombre trouvé devait nous indiquer un mauvais réglage de l'appareil, nous chercherions à corriger la marche.

54. Un petit moteur électrique

dont nous pouvons éventuellement disposer, a une rotation si rapide que nous ne pouvons plus compter les tours. Par une démultiplication entre la poulie du moteur et notre grande poulie en bois nous aurons une rotation ralentie, que



nous pourrions mesurer. La vis de liaison est fixée de part et d'autre de la planchette par deux écrous ronds ; la poulie tourne sur la partie non filetée de la vis. Faisons tourner la poulie du moteur à la main, pour déterminer le rapport de multiplication, c'est-à-dire combien de fois la poulie du moteur doit tourner jusqu'à ce que la poulie de bois ait fait un tour.

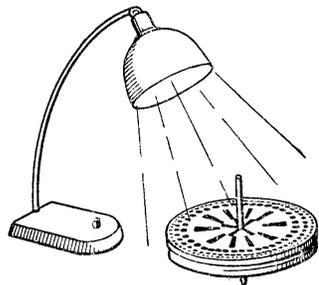
On peut alors calculer le nombre de tours effectués par le moteur en une minute. Les grands moteurs électriques des usines font ordinairement 1.400 tours à la minute.

55. Quelle est la vitesse de la toupie ?

Zut ! A présent il n'est plus possible de compter. Le disque de papier, avec les nombreux points ronds disposés en cercles, que nous découpons dans la planche à la fin du présent guide, va nous aider.

Sur le cercle extérieur il y a 100 points, sur le deuxième 50, sur le troisième 25, sur le quatrième 10 rayons, et au centre se trouve une étoile à cinq branches. Appliquons ce disque, stroboscopique sur le disque de la toupie. Quand nous faisons tourner la toupie, toutes les séries de points deviennent des lignes continues. Re commençons l'expérience, le soir à la lumière électrique. Nous sommes alors frappés de constater que pour une certaine vitesse de rotation les points de l'un des cercles deviennent visibles ; quand la vitesse diminue, c'est le cercle extérieur suivant qui devient visible, tandis que les cercles intérieurs se confondent. Tout à la fin de la rotation nous voyons apparaître les points sur le cercle le plus en dehors.

Remarquons que cette observation ne peut être faite qu'à la lumière électrique, et seulement si la lampe est alimentée par du courant alternatif, comme c'est généralement le cas.



Le nombre des points de la série extérieure s'élève à 100 ; si les points paraissent immobiles, cela signifie que le disque accomplit un tour à la seconde. Ceci provient du fait que la lampe alimentée par du courant alternatif s'allume et s'éteint 100 fois environ par seconde. Comme elle se rallume très rapidement après chaque extinction, notre œil ne remarque rien. Pendant la brève interruption de lumière, un point noir parvient à prendre

la place du point précédent, et quand la lampe se rallume, nous voyons de nouveau un point au même endroit que précédemment, mais c'est le point suivant qui s'est déplacé. Ce point a donc avancé de la distance entre deux points en un centième de seconde. Pour que le phénomène se produise dans la série comprenant 100 points, il faut que le disque fasse 1 tour par seconde. Comme la toupie animée d'un mouvement lent se renverse, nous faisons d'abord l'expérience avec la série intérieure de 50 points, ou avec la suivante de 25 points, ou bien nous donnons un support à la toupie comme dans l'expérience 45.

Si les points paraissent s'immobiliser dans la série de 50 points, il faut que pendant la durée d'un centième de seconde cette ligne se soit déplacée de l'intervalle de deux points, c'est-à-dire de $1/50$ de la circonférence. Au cours d'une seconde entière il faut que s'écoulent donc $2 \times 50 = 100$ points, et il faut que

le disque fasse deux tours en une seconde si les points apparaissent immobiles. La série de 25 points doit faire quatre tours par seconde pour que les points paraissent immobiles, car $4 \times 25 = 100$. C'est pourquoi l'immobilité de cette série correspond à 4 tours par seconde. La série de 10 rayons paraît immobile avec 10 tours à la seconde, et celle de 5 rayons avec 20 tours.

Sur la face inférieure du disque stroboscopique on pourrait tracer un épais diamètre à l'encre de Chine, et placer le disque sur la toupie, la trace étant maintenant en haut. Si les deux extrémités de ce diamètre paraissent immobiles, la vitesse est de 50 tours à la seconde, ce qui correspond à une rotation de 3.000 tours à la minute; c'est la vitesse habituelle des petits moteurs électriques.

56. Une toupie qui tourne en même temps dans les deux sens

Si l'on utilise l'autre disque, avec l'étoile à huit branches, on peut observer que par moments les points de l'une des séries paraissent se déplacer en arrière, tandis que, apparemment, les points des autres séries avancent. Toutes les séries de ce disque ont à peu près le même nombre de points.

57. Mesures du nombre de tours

A l'aide de notre premier disque stroboscopique, nous allons mesurer à présent le nombre de tours que fait notre montage à poulies, la bobine d'une machine à coudre, un petit moteur électrique. Le disque stroboscopique peut être monté sur l'axe de rotation au moyen d'un bouchon de liège ; il est fixé sur le liège par des punaises.

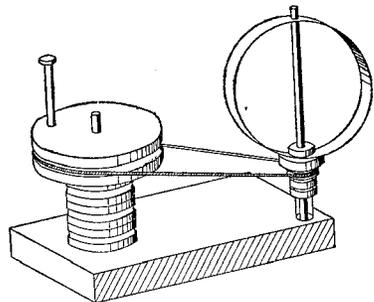
58. De nouveau l'électrophone

L'électrophone doit faire 78 tours à la minute, donc $78 : 60 = 1,3$ tour à la seconde. Pendant ce 1,3 tour la lampe se rallumera 100 fois ; elle se rallumera donc $100 : 1,3 = 77$ fois par tour.

Si le disque stroboscopique présente 77 points ou traces, ceux-ci paraîtront immobiles dès que le nombre de tours atteindra 78. Plaçons sur le plateau de l'électrophone le troisième disque stroboscopique, qui se trouve au dos du deuxième et réglons la rotation du plateau jusqu'à ce que les bandes noires paraissent immobiles. Le plateau fait alors les 78 tours prescrits par minute.

59. Un indicateur de vitesse

Toute automobile est pourvue d'un indicateur de vitesse, actionné par la rotation des roues. Tous les indicateurs de vitesse sont basés sur l'effet de la force centrifuge. Montons une multiplication au moyen d'une grande poulie que l'on aura surélevée par trois petites poulies en passant la tige 24 comme axe dans le socle en bois. D'autre part, nous introduisons le tube de verre de 4 cm dans notre socle et nous y passons la tige de pompe munie, sur sa grande partie filetée, d'abord d'un écrou rond, ensuite de la poulie à gorge métallique et à nouveau de deux écrous ronds ; pinçons ensuite entre le disque et l'écrou supérieur



une bande de papier à dessin de 35 cm de longueur et de 1,5 cm de largeur, dont nous avons fait un anneau. Auparavant nous avons perforé la bande de papier aux deux extrémités puis au milieu pour le passage de l'axe. Quand l'anneau de papier est animé d'une rotation rapide, il s'aplatit sous l'influence de la force centrifuge, et, suivant la vitesse, la bande descend plus ou moins sur l'axe. Avec de l'encre ordinaire ou de l'encre de Chine marquons sur l'axe des anneaux noirs équidistants. Modifions la vitesse pour que l'anneau s'affaisse jusqu'à la première trace, puis jusqu'à la deuxième ou troisième ; nous pouvons donc en quelque sorte lire la vitesse sur l'axe.

Les indicateurs de vitesse des voitures transmettent le mouvement d'un corps lourd soumis à la force centrifuge, à une aiguille qui rend ainsi les variations de vitesse très distinctes.

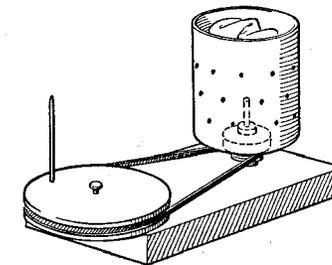
60. Un tour d'adresse



Il est facile de fabriquer une sorte de petit seau à eau avec une boîte en fer blanc et un morceau de fil de fer recourbé. Essayons d'exécuter le tour d'adresse qui consiste à faire tourner le seau en cercle sans que l'eau soit renversée, même quand le seau passe au-dessus de notre tête, l'ouverture dirigée vers le bas. Là encore la force centrifuge s'exerce, comme elle agit sur tous les corps qui sont soumis à une rotation ; la force centrifuge tire l'eau vers l'extérieur du cercle et la presse contre le fond du seau.

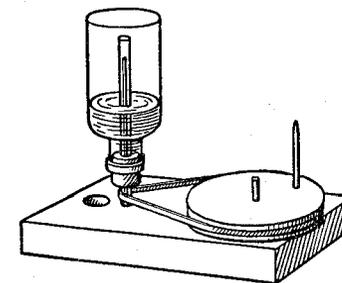
61. L'essoreuse

Perçons plusieurs trous dans la paroi d'une boîte de conserve vide. Les trous peuvent être faits au moyen d'un clou, sur un appui en bois. Perçons également un trou exactement au centre du fond de la boîte, pour nous permettre de placer celle-ci sur un axe. La vis de liaison que nous introduirons par le dessous du socle nous servira d'axe. Nous aurons soin de visser un écrou rond dans le socle de façon que l'axe puisse toujours tourner librement. Le disque métallique avec gorge pour ficelle sera glissé sur la tête de cet écrou et nous ferons reposer le fond de la boîte sur le disque en le maintenant en place par un second écrou rond. A l'aide de la transmission nous faisons tourner rapidement la boîte. Auparavant nous y aurons introduit un chiffon mouillé dont on aura extrait la majeure partie de l'eau. Nous éviterons de salir nos livres, cahiers, etc., en les plaçant en lieu sûr avant l'expérience. Faisons tourner la boîte d'abord lentement, puis plus vite. Grâce à la force centrifuge la majeure partie de l'eau qui restait encore dans le chiffon est exprimée et lancée de tous côtés. A présent, nous savons comment travaille l'essoreuse de la buanderie.

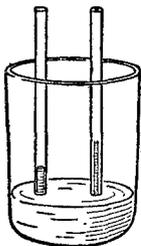


62. L'eau qui grimpe

Versons 2 cm d'eau colorée à l'encre ordinaire ou à l'encre de Chine dans notre bouteille de verre. Fermons la bouteille avec le bouchon perforé et passons y le long tube de verre. Le tube doit dépasser extérieurement le bouchon de 3 cm environ, la partie du tube à l'intérieur de la bouteille empêchant l'eau de s'écouler. Le tube de verre est enfilé sur un clou; passons encore l'élastique de transmission sur ce tube. Quand la bouteille est animée d'un mouvement rotatif rapide, la force centrifuge fait monter l'eau, peu à peu, contre la paroi de verre. Finalement toute l'eau est appliquée contre la paroi, et quand on regarde d'en haut, par le fond de la bouteille, on se rend compte qu'il n'y a plus d'eau du tout dans le milieu de la bouteille.



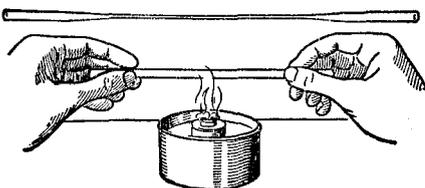
63. De l'eau qui grimpe dans des tuyaux



Qu'observe-t-on quand on touche une surface liquide lentement et délicatement avec l'ouverture d'un petit tube en verre ? Au moment où se fait le contact, l'eau monte jusqu'à une certaine hauteur dans le tube. L'expérience renouvelée avec des tubes plus étroits, nous montre que l'eau s'élève encore plus haut.

64. Comment on fabrique des petits tubes étroits

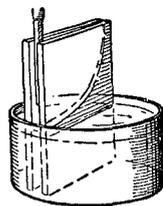
Nous avons besoin d'une flamme ; versons un peu d'alcool dans notre lampe ; allumons-la et chauffons notre tube de verre à étirer de 10 cm de longueur.



Nous le reconnaissons au fait que ses extrémités comportent des arêtes vives. En présentant notre tube à la flamme, nous le tournons continuellement jusqu'à ce qu'il se recourbe légèrement à l'endroit chauffé. Tirons alors rapidement les deux extrémités du tube de verre,

en dehors de la flamme ; nous obtenons un long tube mince qui atteindra peut-être 1 m. de longueur. A notre étonnement ce tube mince est assez flexible. Brisons-le en segments de 6 cm de long et plongeons l'extrémité de l'un d'eux dans de l'encre. Le liquide monte jusqu'à 4 — 5 cm dans le tube. Si nous n'avons pas d'alcool pour garnir notre lampe, nous ferons cet essai avec la flamme du réchaud à gaz.

65. Plus elles sont proches, mieux cela vaut



Appliquons une des arêtes de l'une de nos deux plaques en verre contre l'arête correspondante de l'autre ; les deux autres arêtes parallèles sont séparées l'une de l'autre par une allumette. Si l'on plonge cette double plaque dans de l'eau, que nous aurons préalablement versée dans la partie inférieure de la lampe à alcool, l'eau s'élève entre les deux plaques. Le point le plus élevé de l'eau se trouve à l'endroit le plus resserré entre les plaques.

66. L'eau n'adhère pas à la graisse

Cette ascension de l'eau dans un espace étroit provient du fait que l'eau a tendance à adhérer avec une certaine force à d'autres corps. Cette force est appelée adhésion. Plongeons le doigt, un crayon, une bougie, de la cire à cacheter dans de l'eau.

Nous remarquons que l'adhésion entre l'eau et le doigt est forte ; elle est par contre très faible vis-à-vis de la bougie et de la cire à cacheter. Entre l'eau et la graisse il n'y a pas d'adhésion du tout, ce que nous montre, par exemple, un morceau de beurre que l'on met dans de l'eau et que l'on retire ensuite de ce liquide.

67. Deux liquides dans un verre

Versons de l'eau dans une éprouvette jusqu'à mi-hauteur, puis ajoutons un peu d'huile de table ou de machine à coudre. Même après avoir agité longtemps l'éprouvette, l'huile et l'eau ne se mélangent pas. L'huile flotte toujours sur l'eau, parce qu'elle est plus légère que l'eau, et parce qu'il n'y a pas d'adhésion entre ces deux liquides.

68. Collons avec de l'eau



Appliquons deux plaques de verre l'une sur l'autre après avoir versé quelques gouttes d'eau sur la plaque inférieure. Comme l'adhésion est grande entre l'eau et le verre, les deux plaques, grâce à l'eau, adhèrent fortement l'une à l'autre. En hiver, quand l'eau se solidifie sous l'action du froid, les plaques ne peuvent plus être séparées.

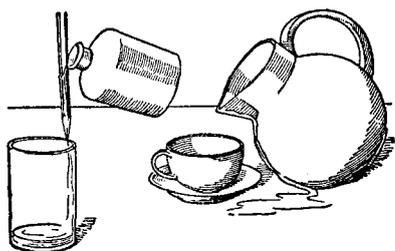
69. La cire à cacheter

devient liquide quand on la chauffe et elle se solidifie à la température ordinaire. Laissons se solidifier une goutte de cire à cacheter entre deux fragments de verre (n'employons pas les plaques de la boîte) ; ils sont alors unis l'un à l'autre comme si, dans l'expérience précédente, nous avions laissé se congeler une goutte d'eau. Ici encore, c'est l'adhésion qui a soudé les deux plaques de verre. Pourquoi humecte-t-on le sceau en cachetant une lettre ? Comme l'adhésion ne peut s'effectuer entre la cire à cacheter et l'eau, la première n'adhère pas au sceau.

70. Nous apprenons à souder

Introduisons l'une des extrémités de notre fil à souder dans la flamme. Le métal fond et tombe en gouttelettes. Mettons une gouttelette refroidie entre deux lames de fer-blanc que nous avons découpées dans une boîte de conserve et tenons-les dans la flamme. Quand le métal a fondu et s'est refroidi, les lames de fer-blanc devraient tenir l'une à l'autre comme précédemment les plaques de verre. Ce n'est pas le cas parce que le fer-blanc se recouvre d'une fine pellicule dont les propriétés empêchent le métal liquide de s'appliquer contre le fer. Pour dissoudre cette couche nuisible sur les surfaces à souder, ajoutons à l'étain un peu de sel ammoniac provenant de la petite éprouvette de la boîte ; les lames se soudent alors l'une à l'autre.

71. Un mauvais tour de l'adhésion



Qui n'a jamais été ennuyé parce que du café ou du lait a coulé sur la table au lieu de couler dans la tasse, comme le montre le dessin ? En effet, le liquide, en raison de l'adhésion, se sépare difficilement du verre. On peut obvier à cet inconvénient en faisant couler de l'eau le long d'un crayon au lieu de la verser directement dans un verre (voir dessin ci-contre).

72. Le fil de coton devient une conduite d'eau

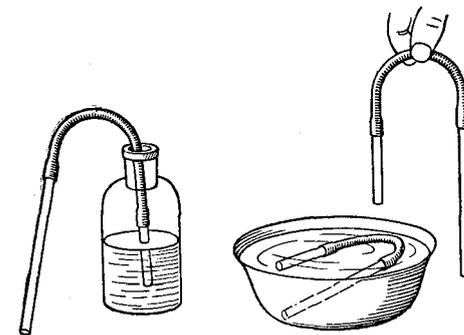


Suspendez dans la bouteille contenant de l'eau un fil de coton épais, que vous aurez tiré de la mèche de la lampe à alcool. Vous remarquerez alors que l'eau s'élève dans la mèche pour descendre ensuite et quitter le fil sous forme de gouttelettes. Ce qu'il y a d'étrange dans ce phénomène, c'est que l'eau, pour s'écouler, s'élève d'abord, puis passe par-dessus le bord du récipient.

De la pression de l'eau

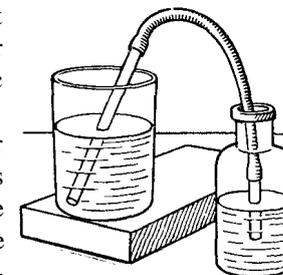
73. L'eau peut s'écouler après être montée dans un tube

Pour ce faire nous relions un tube de verre court à un tube long, par un tuyau de caoutchouc. Nous avons ainsi une conduite, et nous plongeons le tube court dans le flacon de verre rempli d'eau. (Si nous mouillons les verres, le caoutchouc glisse mieux). Nous aurons soin de plonger au préalable toute la conduite dans un récipient d'eau et veillerons à ce que toutes les bulles d'air s'en échappent. En retirant la conduite du récipient, il faudra pincer le tuyau entre les doigts, pour empêcher l'eau de s'écouler par les extrémités ouvertes de la conduite. Après avoir introduit la conduite dans l'eau du flacon et libéré le passage dans le tuyau de caoutchouc, l'eau s'écoulera régulièrement sans autre intervention, et le récipient inférieur qui reçoit l'eau se remplira peu à peu.



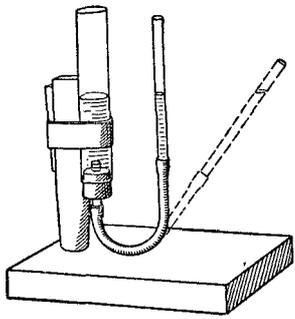
74. Les récipients reliés

Avant que le niveau du récipient supérieur se soit suffisamment abaissé pour que l'air puisse pénétrer dans le tube, nous élevons le récipient inférieur avec le tuyau d'écoulement à une hauteur supérieure à celle de l'autre. L'eau retourne alors dans le premier récipient par la conduite de liaison. Si nous plaçons les deux récipients l'un à côté de l'autre, à la même hauteur, l'eau passe de l'un dans l'autre jusqu'à ce qu'elle atteigne le même niveau dans les deux récipients. Dans des récipients ainsi reliés, l'eau s'élève toujours à la même hauteur.



75. Les récipients reliés par le bas

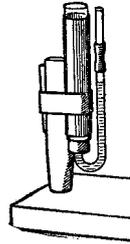
sont soumis à la même loi. Relions le tube large au long tube de verre, au moyen d'un bouchon de liège, d'un tube de verre court et du tuyau de caoutchouc.



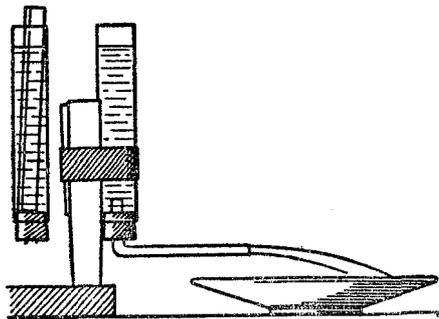
Pour cette expérience nous coupons un segment de 10 cm au tuyau de caoutchouc ; ce bout de tuyau pourra servir par la suite à d'autres expériences. L'eau atteint dans le tube étroit le même niveau que dans le tube large. Si nous inclinons le tube étroit, l'eau y monte apparemment plus haut, mais nous pouvons remarquer que si la colonne d'eau est devenue plus longue dans le tube de verre, son niveau n'est pas supérieur à celui du tube large.

76. Un indicateur du niveau de l'eau

Si nous cachons l'eau contenue dans le gros tube par du papier foncé, la hauteur de l'eau dans le tube étroit nous indique tout de même le niveau de l'eau dans le gros tube. Notre montage nous sert de niveau d'eau, comme ceux que l'on voit sur les machines à vapeur et les arroseuses de rues.



77. Une petite fontaine



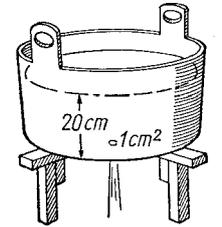
A l'aide du tube de verre coudé ouvert nous montons une petite fontaine, en faisant en sorte que le tuyau d'écoulement soit exactement à 4 cm au-dessus de la table. Plaçons ensuite une assiette plate sous le tuyau d'écoulement en guise de bassin, puis remplissons le gros tube d'eau. Quand nous dégageons l'ouverture d'écoulement, l'eau jaillit en un arc allongé avec une assez forte pression. La longueur de cet arc nous permet de nous rendre compte de la pression. A quelle distance jaillit l'eau, quand nous remplissons le réservoir jusqu'à mi-hauteur seulement ? Quand le réservoir contient moins d'eau, la pression est évidemment plus faible.

78. Phénomène étrange de la pression de l'eau

Comment faut-il procéder pour que, dans le tuyau large ne contenant que la moitié de son volume d'eau, il y ait tout de même de l'eau jusqu'en haut ? Si nous y introduisons une règle de bois ou une baguette de bois, elle occupera une place telle qu'il faudra peu d'eau pour remplir le réservoir jusqu'au bord. La pression en sera-t-elle diminuée ? Nous pensons qu'elle doit être moindre, puisque la quantité d'eau est plus faible. Nous remarquons cependant que le jet d'eau est aussi puissant qu'avec une grande quantité d'eau, et nous en concluons que la pression n'est pas déterminée par la quantité d'eau, mais seulement par la hauteur de l'eau.

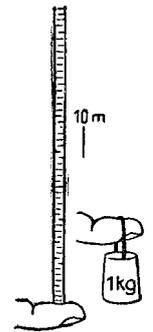
79. La cuve à lessive se vide

La cuve à lessive contient tellement d'eau, qu'on peut à peine la transporter ; c'est pourquoi les grandes cuves ont un orifice d'écoulement fermé par une bonde. Est-il possible, après avoir enlevé la bonde, de retenir par le doigt l'eau qui s'écoule ? Rien de plus facile ! Le doigt ne doit retenir que l'eau qui est exactement au-dessus de l'orifice d'écoulement ; le reste du liquide exerce sa pression sur le fond de la cuve et est retenu par celui-ci. Si l'ouverture mesure 1 cm^2 et que le niveau est à 20 cm au-dessus du fond, la pression est de 20 grammes.



80. La pression dans la conduite d'eau

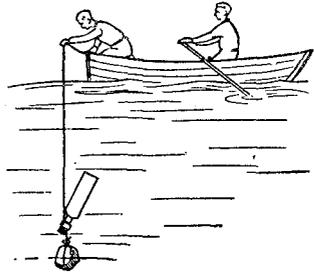
Si nous remplissons d'eau un tuyau de 10 m de hauteur et de 1 cm^2 de section, il contiendrait 1.000 cm^3 d'eau ; or, nous savons que chaque cm^3 pèse 1 gramme, le doigt devrait donc presser avec une force de 1 kg sur l'ouverture du tuyau pour empêcher l'eau de s'écouler. Supposons que ce tuyau descende une pente de montagne de 200 m de hauteur, pour aboutir à la turbine d'une usine, la pression serait alors de 20 kg. Il ne serait plus possible de retenir l'eau, bien que cette ouverture n'ait qu'un cm^2 .



81. La bouteille à médicament et le sous-marin

Choisissons une bouteille à médicament d'une contenance d'un $1/2$ à 1 litre. Nous évaluons sa surface à 2 dm^2 environ. Nous allons immerger cette bouteille vide dans un lac profond. Mais ceci présuppose que nous habitons au bord

d'un lac, et que, lors d'une promenade en barque, nous prendrons avec nous la bouteille attachée à une ficelle suffisamment longue. La bouteille seule, bien fermée par un bouchon de liège, flotterait sur l'eau ; c'est pourquoi nous l'alourdissons avec une pierre. Si nous en avons l'occasion, nous ne manquerons pas de réaliser cette expérience. Mais auparavant, demandons-nous ce qu'il advient de la bouteille quand elle est immergée à 10 m de profondeur. Une colonne d'eau de 10 m d'épaisseur exerce alors sa pression sur elle ; chaque cm^2 de la bouteille subit une pression de 1 kg, et par conséquent la bouteille entière une pression de 200 kg. Il est probable que



la bouteille ne la supportera pas et sautera. La bouteille sera écrasée avec certitude si nous l'immergeons par 20 ou 30 m de fond. Nous savons que la bouteille a sauté lorsque des bulles d'air apparaissent à la surface, ou quand la pierre devient soudain plus lourde.

Nous pouvons répéter l'expérience avec une bouteille identique, mais non fermée par un bouchon. Malgré la grande pression elle restera intacte, parce qu'elle se remplira d'eau et que la pression du liquide se manifestera aussi à l'intérieur. L'écrasement se produit quand la pression ne s'exerce que sur une face.

82. L'eau exerce-t-elle aussi sa pression vers le haut ?

La chose ne nous paraît guère convenable, sinon l'eau s'écoulerait par l'ouverture supérieure du tuyau.

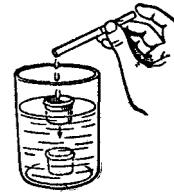
Remplissons d'eau aux trois quarts notre récipient ; enfonçons dans cette eau l'éprouvette vide jusqu'à ce qu'elle touche le fond, puis lâchons-la. L'éprouvette se soulève brusquement ; elle est poussée vers le haut par l'eau. Cette pression dirigée de bas en haut est appelée la poussée.

83. Œil pour œil, dent pour dent

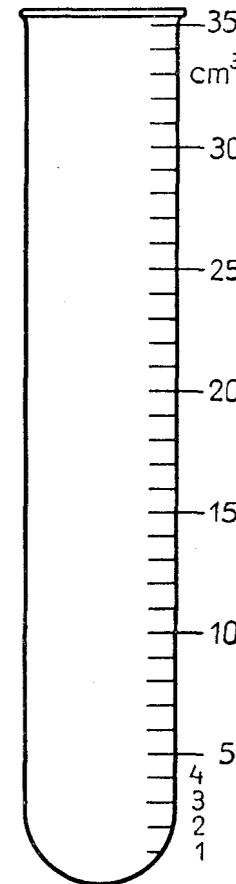
Marquons le niveau de l'eau dans notre verre au moyen d'un élastique tendu autour du récipient ; plongeons de nouveau l'éprouvette dans l'eau et observons le niveau du liquide. L'eau monte, elle est déplacée par l'éprouvette. L'eau à son tour expulse l'éprouvette selon le principe : si tu m'opprimes, je t'opprime aussi, c'est la loi du talion : œil pour œil, dent pour dent.

Corps flottants

84. Un moment passionnant



La poussée a pour effet de permettre à des récipients de flotter sur l'eau, même s'ils sont en métal. Mais dès que leur poids devient supérieur à la poussée, ils coulent. Nous pouvons poser le petit capuchon de la lampe à alcool sur l'eau, et l'alourdir en y versant prudemment de l'eau. Il s'enfonce de plus en plus. C'est un moment palpitant, quand sous l'effet de l'eau ajoutée goutte à goutte, le capuchon semble finalement collé par son bord supérieur à la surface de l'eau, puis s'en va soudain au fond de l'eau. Il coule parce que son poids, auquel s'est ajouté celui de l'eau, est devenu supérieur à la poussée.



85. Il y a 2 000 ans

Le grand philosophe grec Archimède s'était déjà occupé de la poussée et des corps flottants, et il avait trouvé que la poussée est exactement égale au poids de l'eau déplacée. C'est pourquoi les corps qui déplacent beaucoup d'eau subissent une grande poussée, comme, par exemple, notre grande bouteille d'aluminium vide, lorsqu'elle est plongée dans une cuvette.

86. Un appareil basé sur la poussée

Plongeons la longue branche du tube de verre recourbé dans le vase rempli d'eau, et immobilisons-le au moyen du coin de bois. Versons un peu d'eau à l'aide de ce tube et recueillons-la dans l'éprouvette, en veillant à ce que l'ouverture du tube ne touche pas la paroi de l'éprouvette. L'eau du vase s'écoule jusqu'au niveau correspondant exactement à la hauteur de l'ouverture du tube de verre. Jetons l'eau qui s'est écoulée. Plaçons de nouveau l'éprouvette sous le tuyau d'écoulement et plongeons la trompe à eau suspendue à un fil, dans l'eau du vase. L'eau déplacée s'écoule dans l'éprouvette.