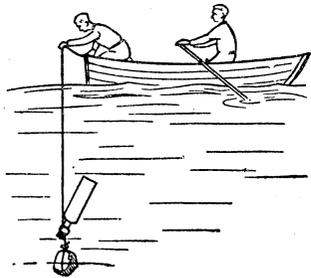


d'un lac, et que, lors d'une promenade en barque, nous prendrons avec nous la bouteille attachée à une ficelle suffisamment longue. La bouteille seule, bien fermée par un bouchon de liège, flotterait sur l'eau ; c'est pourquoi nous



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.

85. 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.

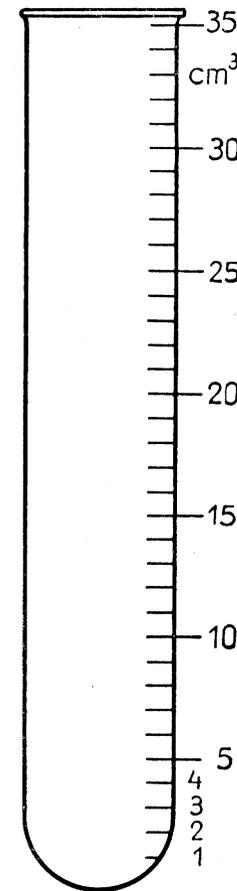
Corps flottants

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'ef-

fet 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.

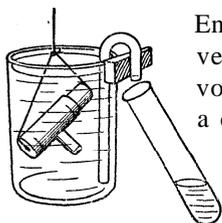


85. Il y a 2 000 ans

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.



En appliquant l'échelle imprimée ci-contre le long de l'éprouvette, nous trouvons la quantité d'eau déplacée. Si nous trouvons 10 cm^3 , nous devons en déduire que le corps immergé a également un volume de 10 cm^3 .

87. Le volume d'un galet

peut être déterminé, de la même façon. Nous pouvons peser la pierre sur le pèse-lettres ou sur la balance qui sera décrite plus loin, et calculer ensuite combien pèse 1 cm^3 de pierre. Exemple : poids de la pierre 84 g. Son volume était de 31 cm^3 ; le poids de chaque cm^3 est donc $84 : 31 = 2,7 \text{ g}$.

88. Tableau du poids par cm^3

Le problème qui vient d'être résolu pourrait se répéter pour de nombreux corps ; nous obtiendrions alors le tableau suivant du poids par cm^3 :

or	19,3	eau	1,0
plomb	11,3	bois de sapin	0,50
argent	10,5	bois de hêtre	0,75
cuivre	8,9	alcool	0,79
laiton	8,4	pétrole	0,81
fer	7,8	corps humain	0,9 à 1,1
verre	2,4 à 5,9	glace	0,9
marbre	2,7	cire et stéarine	0,95
aluminium	2,6	liège	0,24
glycérine	1,2		

Remarquons que l'or est 80 fois plus lourd qu'un bouchon de liège ayant même volume.

89. Jean le Chanceux

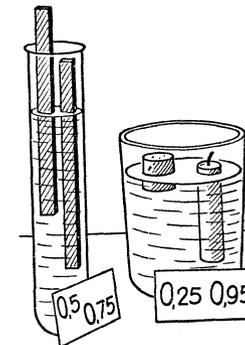
se plaint, dans un conte, que le bloc d'or reçu comme salaire est affreusement lourd. Le calcul nous apprend qu'un lingot d'or d'un volume égal à deux fois la grosseur du poing, soit environ un dm^3 , est 1.000 fois plus lourd qu'un cm^3 , et ne pèserait pas moins que 19,3 kg.

90. Qu'est-ce qui flotte ?

Examinons encore une fois les séries de chiffres du numéro 88. Remarquons que les corps de la colonne de gauche, qui sont plus lourds que l'eau, y couleraient tandis que ceux de la colonne de droite, plus légers, y flotteraient. Qu'advient-il d'une goutte d'huile de machine, épaisse et apparemment lourde, que nous laissons tomber dans de l'eau ? On est souvent trompé par l'apparence.

91. Comment ils flottent

Faisons flotter un morceau de bois dur, de 10 cm de long, dans l'éprouvette et voyons quelle est sa partie immergée. Faisons ensuite flotter un morceau de sapin de même taille ; la moitié seulement est sous l'eau. Observons en outre comment flotte une bougie ou l'un de nos bouchons de liège dans l'eau. Nous remarquons que la hauteur de la partie immergée correspond au chiffre qui exprime au numéro 88 le poids par cm^3 .



92. Iceberg et navigation



Un petit morceau de glace flottant sur une boisson estivale nous rappelle que $1/10$ seulement d'un bloc de glace flottante émerge de l'eau. Comment flotterait un iceberg ? Pourquoi un iceberg est-il si dangereux pour la navigation ? Parce que la plus grande partie de sa masse est invisible sous l'eau.

93. Des œufs qui flottent

Des œufs frais s'en vont au fond de l'eau ; s'ils flottent, ils ont déjà perdu de leur poids par dessèchement du contenu. Dans de l'eau très salée, les œufs frais flottent également, car dans cette eau plus lourde, ils ne peuvent pas aller au fond. Faites un essai, les œufs n'en seront pas moins propres à la consommation.

94. Les corps flottent difficilement sur l'alcool

L'alcool est un liquide plus léger que l'eau, c'est pourquoi les corps y flottent moins bien. La bougie, qui pouvait encore se maintenir à la surface de l'eau, coule dans l'alcool.

95. De l'eau étendue

Nous savons que l'on peut étendre du vin, ou du lait, ou encore du sirop épais, par adjonction d'eau ; mais peut-on aussi étendre de l'eau ? Apparemment non. Cependant, comme l'alcool est moins dense que l'eau, celle-ci est réellement étendue quand on y ajoute de l'alcool. Introduisons un petit morceau de bougie dans l'éprouvette remplie d'eau jusqu'à mi-hauteur. Nous y versons ensuite de l'alcool et nous parvenons à obtenir un liquide dans lequel la bougie ne flotte pas, mais ne va pas non plus au fond ; elle reste en suspension dans le liquide.

96. Deux gouttes d'huile

L'une est déposée sur de l'eau, l'autre sur de l'alcool. L'huile flotte sur l'eau, mais s'enfonce dans l'alcool.

97. Trois liquides dans le même verre

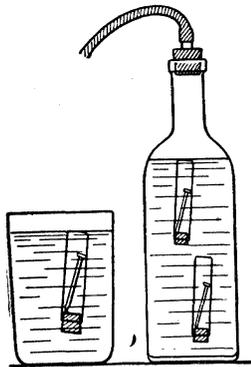
Versons d'abord 1 cm de glycérine ; ajoutons prudemment de l'eau colorée versée le long de la paroi du verre de l'éprouvette, puis encore 1 cm d'huile. Le résultat n'est-il pas curieux ?



Pression de l'air

98. Le plongeur obéissant

Fabriquons un corps flottant au moyen du petit tube de verre pourvu du bouchon de liège perforé. Le petit clou introduit dans le tube doit servir à lester notre corps flottant afin qu'il puisse être immergé presque complètement. On y parvient aisément en y introduisant quelques gouttes d'eau. La mise au point du flotteur s'obtient en enfonçant plus ou moins le bouchon, ce qui détermine un déplacement d'eau plus ou moins grand. Si le flotteur coule, nous le rendons apte à flotter en retirant légèrement le bouchon. A présent, introduisons le flotteur dans une bouteille à bière ou à vin, presque remplie d'eau. Fermons la bouteille avec le bouchon perforé, traversé par un tube de verre court, auquel est adapté le tuyau de caoutchouc.

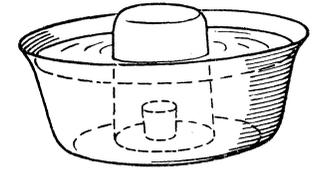


Soufflons maintenant lentement dans le tuyau de caoutchouc ; nous voyons alors le flotteur plonger immédiatement. Quand nous cessons de souffler, il revient à la surface. L'explication de ce phénomène nous est donnée, quand nous examinons attentivement le corps flottant. Chaque fois que nous augmentons la pression sur l'eau, cette pression fait pénétrer un peu d'eau dans le petit tube qui devient un peu plus lourd et s'enfonce. Quand la pression redevient normale, l'air renfermé dans le petit tube chasse l'eau et le corps immergé remonte.

Ces mouvements de plongée et d'émersion sont particulièrement amusants quand on place la bouteille derrière un écran de papier dans lequel on a fait une ouverture, et qu'on présente le phénomène comme un tour magique.

99. La cloche à plongeur

La cloche à plongeur est basée sur le fait que l'air peut être comprimé, mais qu'il exige tout de même un espace déterminé. Quand nous plongeons rapidement un verre dans l'eau, l'ouverture en bas, il n'y entre pas d'eau, parce qu'il y a de l'air dans le verre. Sous notre verre nous pouvons faire flotter un bouchon de liège, et y déposer par exemple un insecte. Celui-ci pourra parfaitement vivre sous l'eau, et ne pas être mouillé.



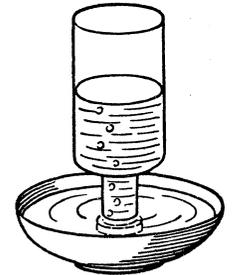
100. L'entonnoir entêté

Réalisons un entonnoir avec notre gros tube de verre en le coiffant d'un bouchon traversé par un tube de verre court. Nous l'adaptons sur une bouteille à médicament et nous nous efforçons d'empêcher l'air de la bouteille de s'en échapper, en pressant le bouchon sur le goulot. Si nous versons ensuite de l'eau dans l'entonnoir, nous pouvons remarquer qu'elle ne coule pas dans la bouteille ; ce n'est qu'après avoir laissé échapper un peu d'air que l'eau y pénètre.



101. La bouteille qui n'en veut faire qu'à sa tête

Quand nous retournons la bouteille à médicament remplie d'eau dans un saladier vide, l'eau commence à s'écouler. Mais aussitôt que le col de la bouteille plonge complètement dans l'eau, l'écoulement cesse. Ce n'est qu'après avoir soulevé un peu la bouteille pour y laisser pénétrer quelques bulles d'air, ou bien après y avoir introduit le tuyau de caoutchouc qui laisse entrer l'air d'une façon continue, que l'eau s'écoule de la bouteille. Ici encore c'est l'air qui constitue l'obstacle, bien qu'il soit invisible et qu'il ne paraisse présenter aucune force.



102. La bouteille jaillissante

Remplissons aux 3/4 d'eau une bouteille ; fermons-la ensuite avec le bouchon traversé par le tube de verre effilé. Il est indispensable que le bouchon ferme hermétiquement. Au-dessus de l'eau il y a de l'air. Insufflons de l'air dans la bouteille : cet air monte sous forme de



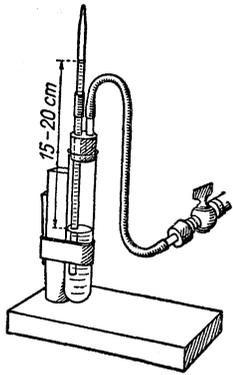
bulles à travers l'eau, s'ajoute à celui qui y est déjà renfermé, et accroît ainsi la pression de l'air sur la surface de l'eau. Quand nous cessons l'insufflation, un jet d'eau jaillit soudain de la bouteille. Cette bouteille jaillissante était déjà connue de la Grèce antique sous le nom de fontaine de Héron.



103. Une bouteille jaillissante à fonctionnement continu

peut, se monter d'après le dessin ci-contre. En insufflant de l'air d'une manière continue par le tuyau de caoutchouc, l'eau jaillit en un jet ininterrompu par le tube effilé.

104. La pression dans la conduite du gaz



Si nous avons la possibilité de raccorder notre tuyau de caoutchouc à la conduite du gaz, nous pouvons essayer de déterminer à quelle hauteur la pression du gaz peut faire monter l'eau.

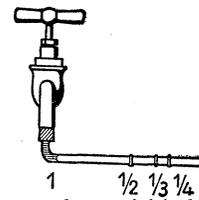
Au moyen de l'éprouvette nous faisons une espèce de bouteille jaillissante. L'éprouvette est remplie d'eau jusqu'à mi-hauteur. Le long tube droit se prolonge au-dessus du bouchon par le tube effilé. Un segment coupé dans le tuyau de caoutchouc sert de raccord aux deux tubes. Le tube effilé est dirigé vers le haut. Nous remarquons que la pression du gaz est si faible, qu'elle est à peine capable de faire monter l'eau à 15 — 20 cm de hauteur.

105. Quelle pression peuvent exercer nos poumons ?

Pour mesurer la pression que peuvent développer nos poumons, il faudrait superposer plusieurs tubes, jusqu'à 1,5 m environ de hauteur ; nous pourrions alors observer que sans grand effort nous parvenons à faire monter l'eau à 1 — 1,5 m de hauteur environ. La pression des poumons correspond à une hauteur d'eau de 100 à 150 cm. La pression du gaz dans la conduite n'était que de 18 cm d'eau.

106. Un manomètre

permettant de mesurer des pressions plus grandes, peut être fabriqué avec le tube coudé fermé à l'une de ses extrémités. Normalement l'air exerce une certaine pression, la pression atmosphérique, due à la couche d'air de l'atmosphère,



qui s'élève jusqu'à 100 km de hauteur. En plongeant le tube coudé dans l'eau, la pression atmosphérique normale refoule l'eau jusqu'au coude de la branche courte du tube. Si la pression augmente, l'air emprisonné dans la longue branche du tube peut être comprimé ; ainsi, quand la pression est augmentée d'une atmosphère, l'air n'occupe plus que la moitié du volume primitif. Sous deux atmosphères de surpression, le volume d'air se réduit au 1/3. Nous marquons les 1/2, 1/3 et 1/4 du tube par de petits anneaux élastiques coupés au bout de notre tuyau de caoutchouc. Adaptons notre manomètre au robinet de la conduite d'eau, en maintenant fermement le bouchon dans l'ouverture d'écoulement du robinet ; ouvrons ensuite le robinet et mesurons la pression de l'eau. Nous avons :

1/2	volume d'air =	1	atmosphère de surpression		
1/3	»	»	= 2	atmosphères	»
1/4	»	»	= 3	»	»
1/5	»	»	= 4	»	»

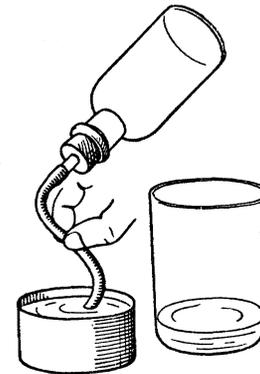
107. Pression dans la chambre à air de la bicyclette et de l'automobile

L'esprit inventif du jeune chercheur lui permettra certainement de trouver comment, à l'aide de ce manomètre, il est possible de mesurer la pression de la chambre à air de la bicyclette et même d'un pneu d'automobile. On admet, pour les pneus d'automobiles, une surpression d'environ 2 atmosphères.

108. Pression inférieure à la pression atmosphérique

Au lieu d'insuffler de l'air par le tuyau de caoutchouc dans la bouteille jaillissante, nous pouvons aspirer l'air, et observer que le niveau de l'eau s'abaisse dans le tube, ce qui nous montre que par l'aspiration la pression est devenue inférieure à celle de l'atmosphère.

109. Nous aspirons l'air d'une bouteille



Nous aimerions déterminer la quantité d'air que nous pouvons extraire par aspiration de notre bouteille à médicament. La bouteille étant munie d'un bouchon, du petit tube de verre et du tuyau court de caoutchouc, nous aspirons par le tuyau de caoutchouc autant d'air que nous pouvons sans surmener nos poumons, puis pinçant le tuyau entre deux doigts, nous introduisons son orifice dans l'eau et nous desserrons les doigts. L'eau se précipite dans la bouteille et prend la place de l'air aspiré. Quelle fraction de l'air contenue dans la bouteille en avons-nous extraite ? Nous sommes surpris de constater que cette partie est infime.

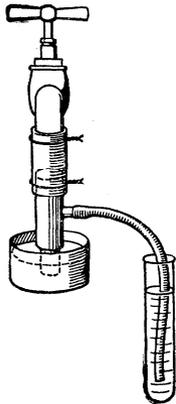
110. Un vaporisateur



C'est un appareil des plus simples : un tube droit, effilé, dont l'extrémité inférieure plonge dans l'eau, puis un deuxième tube tenu horizontalement, tout près de l'orifice du tube effilé, et dans lequel on souffle. Le courant d'air qui passe sur le tube effilé fait monter l'eau qui est en quelque sorte aspirée de la bouteille.

111. La trompe à eau

Inversement, un courant liquide qui passe à proximité d'un tube, aspire de l'air par ce tube. Construisons une pompe, appelée trompe à eau, en utilisant le tube métallique court, avec tubulure latérale, que nous trouverons dans notre boîte.



Le tuyau est relié au robinet par son orifice étroit. Pour ce faire, nous glissons le manchon de caoutchouc sur l'ouverture étroite du tuyau de métal, jusqu'à la rainure pratiquée dans le métal. Nous fixons le manchon en utilisant comme lien un bout de fil de fer, ou mieux de cuivre, dont nous torsadons étroitement les extrémités avec une pince. L'autre bout du caoutchouc est glissé sur le robinet et fixé de la même façon.

Pour des expériences de peu de durée, on peut faire abstraction du joint de caoutchouc entre le tuyau de métal et le robinet. Il suffit d'appliquer sur l'ouverture étroite du tuyau métallique le joint en cuir perforé et de presser ensuite le tuyau contre l'orifice du robinet.

L'ouverture inférieure du tube de la trompe doit plonger dans l'eau contenue dans un récipient, afin que l'air ne puisse pas y pénétrer. On peut aussi prolonger le tube par un tuyau de caoutchouc ou par un tuyau de verre, qui doit également plonger dans l'eau. Sur le tube latéral nous adaptons le long tuyau de caoutchouc, mais il ne doit pas encore plonger dans l'eau, comme sur le dessin. Quand, après avoir ouvert partiellement le robinet, l'eau coule modérément, l'air est aspiré par le tube latéral. On s'en rend compte par les nombreuses bulles d'air qui viennent éclater à la surface de l'eau dans laquelle aboutit le tuyau d'écoulement.

112. Elle aspire réellement

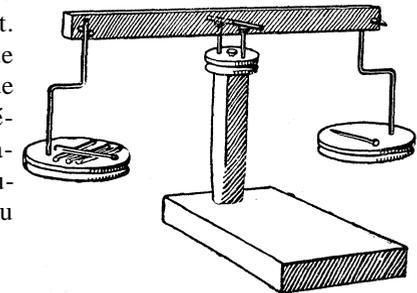
Les bulles d'air font écumer l'eau. Si nous fermons le tube latéral, les bulles d'air disparaissent immédiatement dans l'eau d'écoulement. Nous pouvons nous assurer que l'aspiration se fait réellement par l'ouverture latérale, en adaptant le tuyau de caoutchouc à cette ouverture et en le faisant plonger dans une éprouvette pleine d'eau : l'éprouvette est vidée « d'un trait ».

113. La bouteille vide

Nous allons voir à présent si notre pompe aspire mieux que nos poumons, et quelle quantité d'air elle parvient à extraire de la bouteille à médicament. Répétons l'expérience 109. Quand la pompe a fonctionné un certain temps, et que par la diminution, puis l'absence totale des bulles d'air dans l'eau d'écoulement, nous pouvons admettre que la plus grande partie de l'air a été extraite, nous pinçons le tuyau de caoutchouc entre deux doigts et nous le détachons de la pompe. Nous le plongeons alors rapidement dans l'eau et observons la quantité de liquide qui pénètre dans la bouteille et prend la place de l'air extrait. Nous remarquons que notre trompe à eau fonctionne très bien. Cependant, nous ne parviendrons jamais à faire le vide absolu par ce procédé.

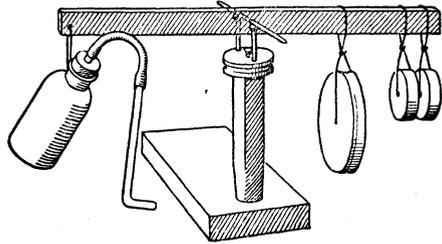
114. Nous construisons une balance

Dans chacun des trous percés aux extrémités du fléau de balance nous coinçons, au moyen d'allumettes, une aiguille à coudre et nous suspendons à chacune d'elles, les deux grands barreaux coudés. A l'extrémité de ceux-ci, adaptons une grande poulie, en guise de plateau. Par le trou central du fléau passons un clou moyen sans tête, que nous appuyons ensuite sur les têtes de deux clous fixés dans un petit disque. Ce disque est monté au moyen d'un clou sur le support. En guise de poids nous utilisons de la petite monnaie, ou un clou sans tête de 4 cm de long qui pèse 2 grammes. Nous pouvons déterminer le poids d'une allumette, en plaçant sur l'un des plateaux le nombre d'allumettes nécessaires pour faire équilibre au clou.



115. Nous allons peser de l'air

C'est très simple. Pesons d'abord notre bouteille d'aluminium sans air, puis avec de l'air. A gauche, nous suspendons la bouteille d'aluminium munie du bouchon, du tube de verre et du tuyau de caoutchouc. L'extrémité ouverte du



tuyau de caoutchouc est pourvue du tube de verre coudé et fermé. Nous établissons l'équilibre en suspendant à l'autre branche du fléau et en les déplaçant, une grande et deux petites poulies. Avec la trompe nous pompions maintenant l'air de la bouteille, puis nous la suspendons de nouveau

à notre balance. Après avoir rétabli l'équilibre, nous laissons pénétrer l'air dans la bouteille, et nous remettons le tube coudé en place, car il doit être compris dans la pesée. Nous constatons que la bouteille est maintenant plus lourde. Ainsi, l'air est pesant. Sans déplacer les disques nous rétablissons l'équilibre en disposant des allumettes sur le fléau. Chaque allumette pèse environ 1/10 g ; nous pouvons donc calculer le poids de l'air contenu dans la bouteille. On a établi, par des pesées précises, que le poids de 1 litre d'air est de 1,3 g.

116. L'air de la chambre

L'air nous semble très léger. Un litre d'eau n'est-il pas 800 fois plus lourd que 1 litre d'air ! Calculons donc le poids de l'air de la chambre. Admettons que ses dimensions soient :

$$4 \times 6 \times 3 \text{ m} = 72 \text{ m}^3 = 72\ 000 \text{ l à } 1,3 \text{ g} = 93,6 \text{ kg.}$$

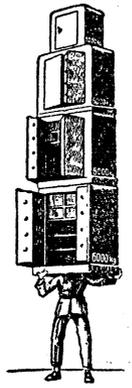
N'est-ce pas stupéfiant ! L'air de la chambre pèse près de 100 kg.

117. La puissance de la pression atmosphérique

Quel est le poids de l'air au-dessus de nos têtes, si l'atmosphère s'élève à 100 km de hauteur ?

Pour 1 m de hauteur, il y a environ 10 l d'air au-dessus de notre tête. Une colonne de 1 km de haut, avec ses 10 000 litres, pèse déjà 13 kg, et une colonne

d'air de 100 km devrait exercer une pression de plus de 1.000 kg sur notre tête. Mais à mesure qu'on s'élève la densité de l'air diminue rapidement. C'est pourquoi la pression atmosphérique qui s'exerce sur chaque dm^2 du corps n'est que de 100 kg, ou de 1 kg par cm^2 . Notre corps subit ainsi une pression de 20.000 kg en chiffres ronds. N'est-ce pas extraordinaire que nous ne soyons pas écrasés par ce poids formidable, comme il semble que devrait l'être l'homme de notre image ! Mais nous ne ressentons pas cette pression, parce qu'elle nous atteint non seulement d'en haut, mais aussi par le bas, à l'intérieur de notre corps, de tous côtés, et que, par conséquent, elle est équilibrée. Rappelons-nous l'expérience de la bouteille immergée dans le lac, et qui ne fut pas écrasée, quand la pression se manifestait aussi à l'intérieur.



118. Pourquoi le couvercle du verre à stériliser tient-il si bien ?

Adaptons le bouchon perforé, traversé par le tube de verre et complété par le tuyau de caoutchouc dans le trou du couvercle métallique de la lampe à alcool ; plaçons l'anneau de caoutchouc plat entre le couvercle et une plaque de verre, et aspirons l'air au moyen de notre trompe à eau.



Tout à coup le couvercle adhère fortement au verre. Il est plaqué par la pression extérieure de l'air contre la plaque de verre, l'espace intérieur ne renfermant presque plus d'air. Laissons l'air pénétrer à nouveau par le tuyau de caoutchouc : le couvercle peut alors être enlevé sans peine.

119. Le verre à la bouche

Aspirez l'air de l'éprouvette avec la bouche. L'éprouvette y reste collée, parce qu'elle est pressée contre les lèvres par la pression extérieure de l'air.

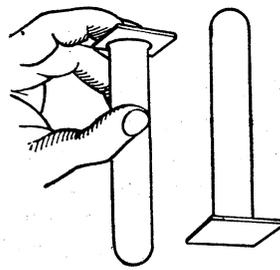
120. Eau de citron et pression atmosphérique

Quand vous aspirez l'eau au moyen du petit tube, le liquide monte jusqu'à votre bouche, parce que la pression de l'air s'exerce sur la surface libre du liquide et le chasse dans le tube, où la pression a disparu.



121. L'eau ne s'écoule pas

L'expérience connue, qui consiste à remplir une éprouvette d'eau jusqu'au bord, à la recouvrir d'une feuille de papier, et à la retourner ensuite sans que l'eau s'écoule, s'explique par la pression de l'air, qui applique le papier contre le verre.



122. la seringue

Fabriquons une seringue au moyen du gros tube de verre. A l'une des extrémités nous adaptons un bouchon traversé par le tube de verre effilé. Sur la tige du piston, entre les deux écrous ronds, nous serrons le joint en cuir qui doit constituer le piston. La face concave du cuir doit être tournée vers le tube effilé. Pour ne pas endommager le joint, nous introduisons la tige du piston dans le gros tube par le bas. Un bouchon perforé sert de glissière à la tige du piston, à l'autre extrémité du tube.

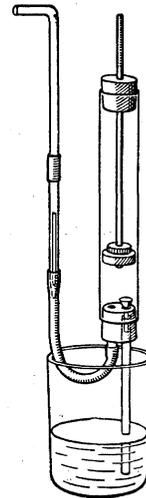


En tirant le piston vers le haut, l'eau pénètre dans le tube, parce que la pression de l'air qui se manifeste sur la surface libre de l'eau la pousse dans le tube où la pression est nulle. Ouvrons la fenêtre, dirigeons

l'orifice de la seringue vers l'extérieur, et refoisons le piston : l'eau jaillit en un beau jet.

123. Une pompe

Notre seringue peut se transformer, assez facilement, en une vraie pompe. Le bouchon de liège et le tube effilé sont remplacés par le bouchon à deux trous. Dans l'un des orifices, nous passons le long tube de verre en guise de tuyau d'aspiration, et dans l'autre le tube de verre court continué par le tuyau de caoutchouc. A l'autre extrémité du tuyau de caoutchouc, nous adaptons le tube de verre effilé, la partie en pointe dans le caoutchouc. Laissons tomber dans ce tube un petit clou sans tête, dont la pointe doit pénétrer dans la partie effilée, afin qu'il puisse



fonctionner comme soupape. Prolongeons encore le tube effilé par le tube coudé ouvert aux deux extrémités, en utilisant comme joint un bout du tuyau de caoutchouc ; cet ensemble constitue le tuyau d'écoulement. Dans le tuyau d'aspiration nous introduisons la soupape conique, dont la tête vient s'appuyer sur le bouchon. Un bouchon perforé sert de glissière à la tige du piston dans la partie supérieure du tube de verre.

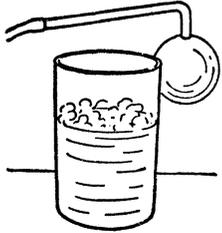
Quand on soulève lentement le piston, la soupape conique se soulève également, et l'eau monte dans le corps de pompe. Lorsque le piston est poussé vers le bas, la soupape conique s'abaisse et l'eau est poussée dans le tuyau de caoutchouc. Elle soulève la soupape du tube effilé, monte dans le tube coudé et s'écoule. Les pompes servent à élever de l'eau d'un récipient dans un autre plus élevé. Pour rendre notre pompe plus maniable, nous pouvons très bien la fixer à la tringle-support.

Aérostats

124. Les bulles de savon

sont faites avec plaisir par tous les enfants. Râpons un peu de savon et dissolvons-le dans de l'eau contenue dans notre verre ; plongeons le tube droit dans le liquide et faisons une bulle de savon. Après s'être détachée, nous la voyons descendre lentement vers le sol, parce qu'elle est plus lourde que l'air. Son excédent de poids provient de la membrane de savon.

125. Une bulle de savon remplie de gaz



En agissant avec prudence, nous pouvons gonfler une bulle au gaz de ville. Pour détacher la bulle, il faut la tourner vers le haut ; comme elle est plus légère que l'air elle s'élève dans l'atmosphère. Nous ferons cette expérience loin du feu.

126. Un ballon sphérique

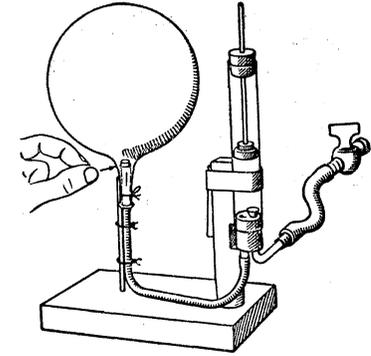
est toujours quelque chose de plaisant ; nous constatons avec plaisir que notre boîte contient une enveloppe de ballon. Nous essayons de la gonfler, mais nous nous essouffons et le résultat n'est guère encourageant. Notre ballon n'a pas une forme sphérique parfaite. Il nous faut donc le gonfler d'une autre manière. Utilisons pour ce faire notre pompe à main de l'expérience 123. L'extrémité du tuyau de caoutchouc est attachée verticalement à un clou sans tête, et l'orifice du ballon est passé sur le caoutchouc ; l'appendice qui constitue l'entrée du ballon est entouré plusieurs fois d'un fil de coton, afin d'obtenir une étanchéité parfaite, en un point situé à environ 2 cm de l'extrémité du tuyau de caoutchouc. Pour que l'air chassé par le tuyau n'y retourne pas, nous le garnissons d'une soupape ; nous l'obtiendrons en pratiquant une fente verticale de 1 cm dans le tuyau de caoutchouc, avec une lame tranchante. L'extrémité du tuyau étant fermée par le petit bouchon de liège, l'air s'échappe par la fente mais ne peut plus revenir en arrière.

Essayons maintenant notre système de pompe. Déplaçons rapidement le piston de droite à gauche et de gauche à droite. Si le mouvement est lent, les soupapes ne s'ouvrent pas, en raison de la faible densité de l'air. Nous voyons avec plaisir le ballon augmenter de volume à chaque coup de piston. Nous ne gonflons naturellement pas notre ballon d'une façon exagérée ; l'enveloppe ne

supporte qu'un diamètre d'environ 20 cm. Pinçons l'appendice du ballon entre les deux doigts, pendant qu'un camarade enlève le ballon et serre l'appendice avec du coton à tricoter. Le ballon ne s'élève malheureusement pas, il tombe sur le sol. Il peut servir tout au plus à une partie de balle.

127. Le ballon est gonflé avec du gaz

Relions le ballon à la conduite du gaz. Il se gonfle très peu. Nous savons déjà que la pression du gaz est très faible, et c'est la raison pour laquelle il est nécessaire de pomper le gaz et de le chasser dans le ballon. Nous utilisons la même pompe que précédemment, mais cette fois-ci le tube coudé doit être relié à la conduite du gaz. Le ballon doit atteindre un diamètre de 20 à 25 cm. Lorsque nous le détachons, comme précédemment, pour le lâcher dans la chambre, il s'élève jusqu'au plafond. Il est recommandé de le vider avant qu'il ne saute, puisque nous avons la possibilité de le gonfler de nouveau et de le faire monter à prochaine occasion. Cette expérience est à réaliser loin du feu.



128. La force ascensionnelle du ballon

Le ballon s'élève quand l'enveloppe et le gaz pèsent ensemble, moins que l'air déplacé par le ballon. 1 litre de gaz d'éclairage pèse 0,8 g, 1 litre d'air 1,3 g. Pour chaque litre de gaz d'éclairage, le ballon subit une poussée de 0,5 g. Nous pouvons peser l'enveloppe de notre ballon sur le pèse-lettres, ou la mettre sur notre balance à fléau, établir l'équilibre par des allumettes, et déterminer ainsi le nombre de litres de gaz que doit contenir le ballon pour emporter l'enveloppe.

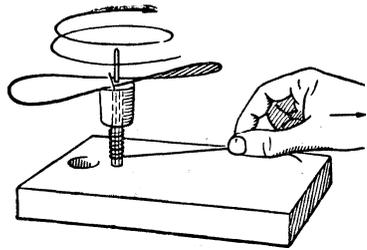
Pour les ascensions en aérostats on utilise des ballons dont la capacité est d'environ 500 m³. Chaque litre de gaz d'éclairage produit une poussée de 1,3 — 0,8 = 0,5 g. Quelle est la poussée du gaz dans le ballon ?

500 000 litres x 0,5 g = 250 000 g ou 250 kg.

Après déduction du poids de l'enveloppe, des instruments, etc., la poussée est encore suffisante pour permettre d'emporter 2 passagers.

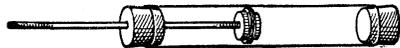
129. Vol à hélice

L'avion vole sans enveloppe ni gaz, grâce à la propulsion par l'hélice. Faisons monter notre hélice en l'air ; pour ce faire nous construisons le mécanisme rotatif représenté par notre figure. Le bouchon de liège perforé, pourvu du tube de verre court, est placé sur le clou sans tête. Une ficelle est enroulée autour du tube de verre ; quand on la tire très rapidement, le tube de verre et le bouchon sont animés d'une rotation très rapide. L'hélice est posée sur le bouchon, et un fragment d'épingle est enfoncé à côté, dans le liège, pour que l'hélice soit entraînée dans la rotation. Si l'on met maintenant le mécanisme en mouvement, l'hélice s'élève. Il faut toutefois que le sens de rotation corresponde aux arêtes relevées de l'hélice.



130. Fusil à air comprimé

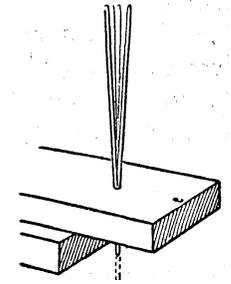
Nous utilisons pour cette expérience le gros tube de verre, la tige de pompe, et deux écrous ronds en ménageant un petit espace entre eux ; enroulons dans cet espace du fil de coton pour constituer un piston glissant exactement dans le tube. Nous fermons le tube avec un bouchon de liège légèrement humecté, fermant bien, mais pas trop enfoncé. Le piston doit être bien étanche. Si nous l'introduisons rapidement dans le tube, il y comprime l'air. L'air comprimé exerce une pression sur le bouchon et le chasse en produisant une détonation. Nous pouvons reproduire ce bruit à volonté, les munitions ne coûtant rien. Les fusils à air comprimé sont basés sur le même principe ; l'air est également comprimé par un piston, et c'est cet air comprimé qui chasse la balle.



Dans le royaume des sons

131. Des aiguilles à tricoter

Dans les écoles de filles, la leçon de couture est parfois troublée par un son intempestif, émis par des aiguilles à tricoter pincées par le tiroir du bureau, et que les élèves font vibrer en les écartant de la position de repos. L'extrémité libre de l'aiguille paraît alors étalée. On entend un son. Un son est toujours produit par les vibrations d'un corps. Si la partie libre de l'aiguille devient plus courte, et vibre par conséquent plus rapidement, le son devient plus aigu.

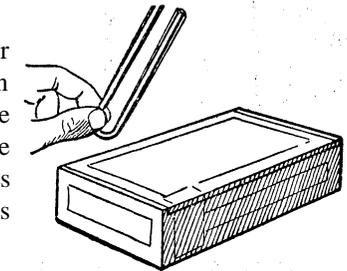


132. Le son devient plus harmonieux

Notre diapason n'est pas autre chose qu'un gros fil de fer recourbé. Quand on le saisit au bon endroit, c'est-à-dire au point où la courbure se continue par la partie droite, et que l'on frappe l'une des extrémités contre un objet, les branches de la fourche se mettent à vibrer et engendrent un son agréable.

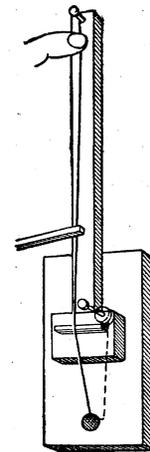
133. Un amplificateur bon marché

Appuyons le diapason animé de vibrations sur une boîte d'allumettes vide : nous entendons un son beaucoup plus fort. Cela provient de ce que la boîte en bois, vibrant avec le diapason, ébranle un volume d'air plus considérable. Quels sont les instruments de musique qui amplifient ainsi les sons qu'ils émettent ?



134. Un instrument à corde

Vissons solidement le fléau de balance au socle, au moyen de la vis de liaison, et tendons un fil solide (en nylon, par exemple), du clou fixé à l'extrémité supérieure du fléau, et passant par le trou du socle, jusqu'à l'écrou rond de la vis de liaison. Il est pincé par un deuxième écrou rond. Une boîte d'allumettes vide est glissée, en guise de caisse de résonance, sous le fil tendu ; intercalons encore deux allumettes superposées entre la boîte et le fil. La tension est-elle suffisante, le fil émet alors un son lorsqu'on le frotte au moyen d'une baguette de bois. Quand nous appliquons le doigt sur le fil, le son rendu devient plus aigu ; il est même possible de produire ainsi une mélodie. Sans la boîte amplificatrice, le son émis par le fil serait moins puissant.

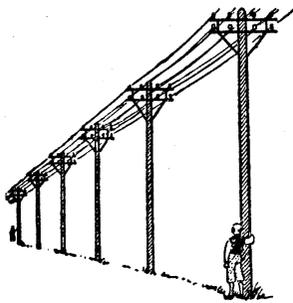


135. On dit que les Indiens

appliquent l'oreille contre le sol pour entendre l'approche ou l'éloignement d'un galop de cheval, parce que le son est mieux conduit par le sol que par l'air. Le bois transmet également mieux les sons. Nous nous en rendons compte lorsque nous appliquons sur l'oreille un gros bâton ou un manche à balai, dont l'autre extrémité est en contact avec le diapason qui vibre. Le son est beaucoup plus beau et plus puissant que celui qui est porté par l'air.

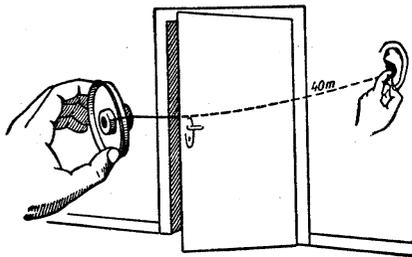
136. Une transmission télégraphique bon marché

Que peuvent bien faire les deux enfants de notre image ? L'un d'eux applique son oreille contre le poteau télégraphique, l'autre frappe modérément avec une pierre sur un poteau éloigné. La bonne conduction du son par le bois et les fils métalliques permet au jeune homme d'entendre très bien les coups, alors qu'il ne pourrait pas du tout les entendre à travers l'air. Les deux garçons peuvent ainsi communiquer télégraphiquement entre eux, en convenant de représenter les points de l'alphabet Morse par un seul coup, et les traits par une succession rapide de coups.



137. Téléphone domestique

Obturons le trou du couvercle de la lampe à alcool avec un bouchon de liège, en pinçant en même temps entre le bouchon et le métal un gros fil ou de la ficelle mince. A une distance de 20 à 40 mètres un camarade tient l'extrémité préalablement humectée du fil enroulé autour du doigt, dans le conduit de l'oreille externe. L'expérience réussit particulièrement bien, lorsque celui qui parle se tient dans une chambre, et que le fil, passant par la porte entr'ouverte, sans la toucher, est tendu jusqu'en dehors de la chambre.



Quand on parle dans le « cornet », les mots sont entendus distinctement à l'autre bout du fil. N'allons cependant pas croire que c'est d'une façon aussi simple que le son est transmis par les appareils de téléphone ; c'est le courant électrique qui constitue dans ce cas le moyen de transport du son.

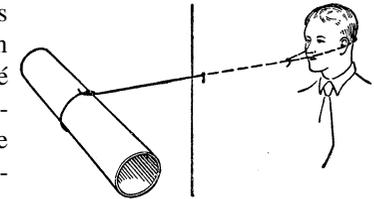
138. Comme une cloche

Suspendons le diapason à une ficelle que l'on passe ensuite sur les deux oreilles, et dont on presse les deux extrémités dans le conduit de l'oreille externe ; pendant que le diapason oscille librement, on le heurte contre un objet quelconque, par exemple contre le dossier d'une chaise ; on croirait alors entendre sonner une cloche.



139. Bruit de bataille par le trou de la serrure

Passons une ficelle par le trou de la serrure, et tendons-la jusqu'à la chambre voisine. Un camarade s'entoure la tête de ce fil et il entendra un crépitement de mitrailleuse et des coups de canon. Il ne pourra pas s'imaginer comment nous avons produit ce bruit de bataille. L'explication est pourtant simple. La ficelle mouillée a été enroulée sur un cylindre de carton ; en le faisant tourner la ficelle glisse dessus, et chaque secousse du glissement provoque un craquement.



140. Un tuyau sonore d'expérience



Qui n'a jamais essayé de siffler avec une clé creuse ? Il est tout aussi facile de le faire avec une éprouvette, comme le montre la figure ci-contre. Après avoir émis le son, on peut verser 1 cm d'eau dans l'éprouvette et siffler de nouveau : le son est plus élevé. Remplissons un peu plus notre éprouvette, le son est encore plus aigu. Le son émis par un tuyau sonore est d'autant plus aigu, que la colonne d'air du tube est plus courte.

141. Un véritable tuyau sonore

peut être fabriqué au moyen de notre tuyau métallique. Introduisons le bouchon aplati dans le tuyau jusqu'à ce que sa face interne atteigne la section transversale du tuyau, l'autre extrémité du tuyau étant fermée par un doigt ou le plat de la main. Quand nous insufflons de l'air dans le tuyau, il émet un son. Nous pouvons aisément raccourcir ou allonger l'espace d'air dans le tuyau en y déplaçant le piston, comme pour la pompe. Essayons de monter la gamme sur notre tuyau sonore.



142. Le trombone à coulisse

est constitué d'un tube dans lequel la hauteur du son peut être modifiée par le déplacement rapide d'un piston. Nous pouvons ainsi utiliser notre tuyau sonore, pour accompagner une mélodie facile.

143. Le son préféré d'une boîte en fer blanc

Si nous appliquons une boîte en fer blanc vide sur notre oreille, tout en descendant la gamme sur le piano, nous remarquons qu'un son déterminé résonne particulièrement fort. Ce son est apparemment celui que préfère la boîte. Une petite boîte en fer blanc dans le fond de laquelle on a découpé une grande ouverture, et dans le couvercle une petite ouverture, « préfère » un autre son. Les hauts-parleurs de la radio ont parfois aussi une « préférence » marquée pour certains sons qu'ils rendent puissamment, tandis qu'ils en négligent d'autres.

144. Le piano qui chante

Si vous possédez un piano, vous soulèverez le couvercle de l'instrument, et verrez les nombreuses cordes à l'intérieur. Nous allons constater que l'on peut faire produire des sons aux cordes, simplement en chantant devant elles. Pour que les cordes puissent vibrer librement, il faut d'abord appuyer sur la pédale. Si l'on émet un son puissant dans le piano ouvert, et que l'on écoute ensuite attentivement, on entend exactement le même son partant des cordes. En lâchant la pédale, le son s'éteint ; en rabaissant la pédale et en émettant un autre son, les cordes le répètent. Ce sont toujours les cordes qui correspondent au son émis qui vibrent et répètent ce son ; les autres cordes restent muettes.

Chaleur et froid

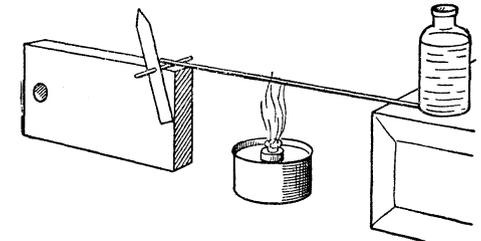
145. Petite flamme, grande flamme

Quand on tire un long bout de mèche hors de la lampe à alcool, celle-ci brûle avec une grande flamme, mais lorsque la mèche dépasse à peine l'ouverture du couvercle, la flamme est petite. Quelle est la flamme la plus chaude, la grande ou la petite ?

Apparemment la grande flamme devrait être plus chaude que la petite ; nous pouvons cependant nous convaincre qu'elles sont toutes les deux aussi chaudes. Si nous tenons dans chacune des deux flammes un fragment de fil de fer mince, il devient incandescent. Les flammes ont la même température, ce qui n'exclut pas que la grande dégage une plus grande quantité de chaleur. On s'en rend compte quand on chauffe de l'eau dans un récipient sur la petite puis sur la grande flamme : sur la grande flamme l'eau est chaude plus rapidement.

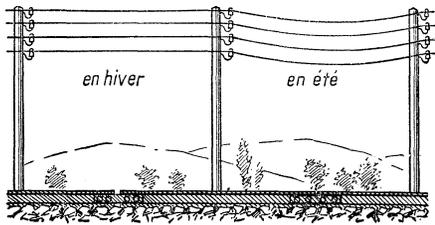
146. Un appareil basé sur la dilatation

Plaçons le socle en hauteur, comme indiqué sur le dessin ci-contre et posons le sur la table. Puis plaçons à une certaine distance, une caissette à cigares appropriée. La tige du piston de pompe appuie sur le socle et sur la caissette. Sur un clou sans tête, montons une bande de carton de 1 cm de largeur et de 8 cm de longueur, coupée en pointe à l'une de ses extrémités. Ce clou est placé sur la face supérieure du socle, et supporte une des extrémités de la tige du piston ; l'autre extrémité est coincée sous un corps pesant qui empêche tout déplacement. Si nous poussons très légèrement la tige, le clou sans tête se déplace et entraîne l'aiguille.



Donnons à l'aiguille une position verticale et chauffons la tige métallique avec la lampe à alcool. Nous voyons bientôt l'aiguille tourner lentement. Sous l'effet de la chaleur la barre s'est allongée, elle s'est dilatée. Tous les corps se dilatent sous l'influence de la chaleur. Au bout d'un certain temps l'aiguille revient en arrière. Les corps se contractent lorsqu'ils refroidissent. Si la même expérience est réalisée en utilisant une aiguille à tricoter en acier au lieu d'un piston de pompe en cuivre, nous constaterons que l'acier ne se dilate pas autant que le cuivre.

147. Rails de chemin de fer et fils téléphoniques



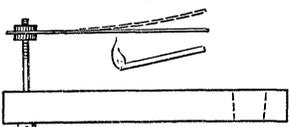
La dilatation par la chaleur peut s'observer aussi sur les fils téléphoniques et les rails de chemin de fer. En été les fils s'allongent et pendent entre les poteaux ; en hiver ils sont mieux tendus. Entre les rails il y a toujours de petits espaces. Ceux-ci sont plus étroits en été qu'en hiver. Ici encore

nous constatons que les fils de cuivre ont une plus grande dilatation que les rails en acier.

148. Le dilemme des lames bimétalliques

Une lame bimétallique est fabriquée en plaçant deux feuilles de métal différent l'une sur l'autre et en les soumettant à une forte pression de telle sorte qu'elles deviennent plus minces et qu'elles ne peuvent plus être séparées. Les faces supérieure et inférieure de ce genre de lame n'offrent donc pas le même aspect.

Une lame bimétallique cuivre et fer pose, en conséquence, un dilemme lorsqu'on la soumet à la chaleur. Le cuivre qui se dilate plus que le fer, tend à vouloir s'étendre davantage que ce dernier. Or ceci n'est possible que si la lame se courbe, puisqu'en effet la distance du côté extérieur d'une courbe, comme sur une route, est plus grande que la distance du côté intérieur.



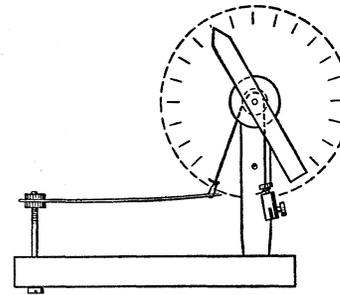
Nous fixons la lame bimétallique sur le socle entre deux écrous ronds, et nous la chauffons avec une allumette, tout en prenant soin de ne pas la mettre directement au contact de la flamme. Nous observons alors que la lame se courbe d'un côté.

Si nous répétons l'expérience en retournant la lame, nous constatons que, par rapport au socle, elle se courbe de l'autre côté.

149. Un thermomètre cadran

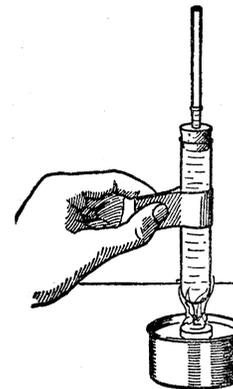
comme on peut le voir sur le réservoir d'eau chaude du chauffage central par exemple, contient toujours une lame bimétallique. La dilatation de celle-ci est transmise à un disque, sur lequel est fixée une aiguille. Nous allons réaliser un thermomètre-cadran en collant d'abord une aiguille sur le disque métal-

lique 15 comportant une gorge pour ficelle. Le disque est ensuite glissé sur un clou introduit dans le trou supérieur de la tringle-support.



Un fil avec un nœud coulant est enfin fixé à l'extrémité de la lame bimétallique. Le fil passant sur la roue métallique, on attache à son extrémité un petit objet faisant office de poids. Les légers mouvements de la lame sont dorénavant indiqués par l'aiguille et sont ainsi visibles à distance. Un indicateur circulaire fait de papier glacé donnera davantage l'impression d'un instrument réservé à des fins scientifiques.

150. De l'eau à l'étroit



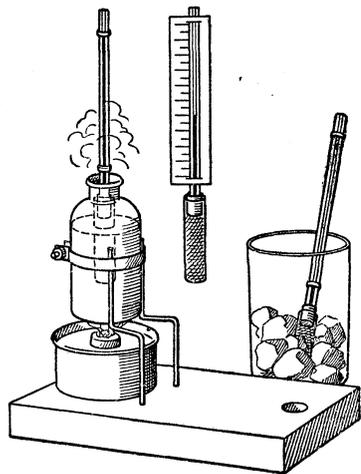
Remplissons l'éprouvette d'eau jusqu'au bord et coifons-la avec le bouchon de liège portant le long tube de verre. L'eau déplacée par le bouchon pénétrera probablement dans le tube de verre jusqu'à une certaine hauteur. Marquons le niveau de l'eau par un petit anneau découpé dans le tuyau de caoutchouc. Quand l'éprouvette est bien sèche à l'extérieur, nous la présentons à la flamme. Nous voyons alors l'eau monter dans le tube. Sous l'effet de la chaleur elle s'est dilatée. Elle avait besoin d'un espace plus grand et elle est montée dans le tube.

151. Nous construisons un thermomètre

Réalisons encore une fois notre appareil de dilatation, mais remplaçons la grande éprouvette par la petite, que nous avons utilisée comme plongeur dans une expérience antérieure. Mettons de côté le petit bouchon perforé et le clou. Nous employons ici le long tube de verre à paroi épaisse, et sur l'une de ses extrémités nous glissons un segment de 1 cm du tuyau de caoutchouc ; si nous mouillons le verre, le caoutchouc glisse mieux. Plaçons le tube avec le segment de caoutchouc dans la petite éprouvette. Le caoutchouc sert ici de bouchon, et doit être absolument étanche. Nous remplissons le petit verre avec de l'eau dans laquelle a été dissoute une certaine quantité de sel de cuisine, et nous rendons le liquide plus visible, en ajoutant quelques gouttes d'encre rouge ou noire. L'eau salée a l'avantage de ne pas se congeler très facilement, et elle ne

bout pas aussi facilement que l'eau ordinaire. Glissons encore deux petits anneaux de caoutchouc sur le tube de verre.

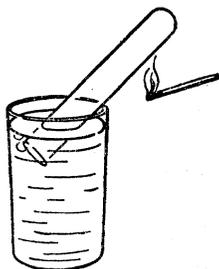
Fixons à présent la bouteille d'aluminium, à l'aide du cercle métallique, aux deux tiges métalliques coudées, montées sur le socle. Plaçons la lampe à alcool sous la bouteille et chauffons l'eau jusqu'à ébullition. Nous introduisons alors notre appareil à dilatation dans la bouteille. L'eau s'élève jusqu'à un point déterminé. Même en prolongeant la durée de l'ébullition l'eau ne monte pas plus haut ; le point qu'elle atteint est appelé point d'ébullition ; nous le marquons avec les anneaux de caoutchouc. Plaçons ensuite notre appareil dans le récipient de verre, où nous avons mis soit de la neige, soit de la glace concassée. Nous voyons l'eau descendre dans le tube, pour s'arrêter à un point déterminé, que l'on appelle point de fusion de la glace, et que nous marquons par l'autre anneau de caoutchouc. Plus tard, quand, dans notre appareil, nous verrons l'eau s'arrêter à l'un de ces points, nous saurons que la température est celle de la glace fondante ou de l'ébullition. Ainsi, notre petit tube de



verre muni d'un récipient plus large est devenu un instrument permettant de mesurer la température. C'est un thermomètre.

Nous mesurons l'espace entre le point de fusion de la glace et le point d'ébullition, et nous déterminons la distance qu'il faudrait observer entre deux traces consécutives, si nous voulions, comme c'est généralement le cas, partager cet espace en 100 degrés.

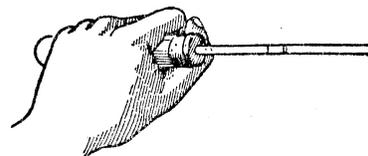
152. Des bulles d'air



Remplissons d'eau, presque totalement, notre récipient de verre et introduisons dans l'eau l'embouchure de l'éprouvette, tenue obliquement, afin que l'air contenu dans l'éprouvette ne puisse s'échapper. Que se passe-t-il quand nous chauffons la partie supérieure de l'éprouvette avec une allumette ? Les bulles d'air qui s'échappent de l'éprouvette nous montrent que l'air aussi se dilate sous l'influence de la chaleur, et même dans une plus forte mesure que l'eau.

153. Main froide et main chaude

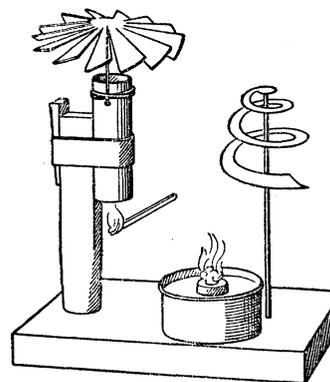
Nous versons dans l'éprouvette la quantité d'eau nécessaire pour remplir la concavité du fond, puis nous la fermons avec un bouchon pourvu du long tube de verre à paroi mince. Introduisons une grosse goutte d'eau dans le tube. Nous y parvenons facilement en tenant l'éprouvette avec le tube en bas. En enfonçant le bouchon un peu plus profondément, une goutte d'eau est chassée dans le tube. Elle doit servir à limiter l'espace d'air dans l'éprouvette. Jusqu'à présent nous n'avons tenu l'éprouvette que tout près du bouchon.



Maintenant nous la saisissons, dans la position horizontale, avec toute la main, et nous remarquons que la goutte d'eau se déplace vers la sortie du tube. Quand on retire la main, elle revient en arrière. La chaleur de la main est suffisante pour déterminer la dilatation que nous constatons. Nous pouvons observer une différence appréciable, selon que nous saisissons le verre avec la main chaude ou avec la main glacée.

154. Une roue éolienne

Faisons de notre disque métallique une petite roue éolienne, en le coupant comme le montre la figure ; relevons ensuite obliquement les ailes. Posons cette



petite roue sur la pointe d'une épingle, que nous avons fixée avec un élastique au gros tube de verre monté verticalement sur le socle. L'expérience ne réussira que si toutes les ailettes de la petite roue ont été recourbées légèrement vers le bas, comme pour en faire un chapeau aplati. Qu'arrive-t-il lorsque nous introduisons le tuyau de caoutchouc dans l'ouverture inférieure du tube, et que nous y insufflons de l'air ? La petite roue tourne.

Qu'arrive-t-il quand nous plaçons une allumette enflammée sous l'ouverture du tuyau ? La petite roue tourne également ce qui montre que l'air s'élève sous l'effet de la chaleur.

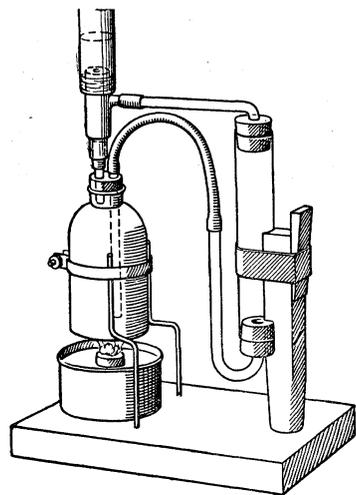
155. Le serpent qui danse

Plaçons le socle sur le fourneau, sans le tube, mais équipé de la roue éolienne montée sur la pointe d'une épingle. Ici encore la roue tourne, ce qui nous prouve qu'il y a un courant d'air ascendant au-dessus du fourneau.

Nous pouvons aussi découper le serpent de papier, dans la planche à la fin du livre, et poser son centre sur la pointe d'un clou sans tête. Placé au-dessus du fourneau ou d'une flamme, il tourne joyeusement.

156. Chauffage à l'eau chaude

Nous allons monter un appareil intéressant, comprenant la bouteille d'aluminium, coiffée du bouchon à deux trous traversé d'une part par le tube de verre à paroi mince, allant presque jusqu'au fond de la bouteille, et d'autre part par un tube de verre court. Le petit tube porte un bout de tuyau de caoutchouc



muni de la trompe à eau. Sur la partie supérieure de la trompe à eau, nous adaptons le large tuyau de caoutchouc de manière à en faire un entonnoir. Le tube latéral de la pompe est relié au gros tube de verre par un petit bout de tuyau de caoutchouc, le tube de verre coudé et un bouchon de liège, alors que l'extrémité inférieure du gros tube de verre est reliée au long tube de verre de la bouteille d'aluminium par un bouchon, le tube de verre recourbé en crochet et le tuyau de caoutchouc.

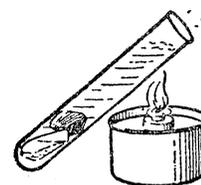
Remplissons maintenant l'appareil d'eau, que nous avons préalablement fait bouillir, et qui ne contient par conséquent plus de bulles d'air qui nuiraient à la circulation. Soulevons le bouchon supérieur du gros tube de verre et

versons de l'eau jusqu'à ce qu'elle s'écoule du tube coudé. Remettons le bouchon avec le tube coudé en place, et versons encore un peu d'eau dans le large tuyau de caoutchouc qui surmonte la trompe à eau. En inclinant l'appareil et en comprimant le long tuyau de caoutchouc, on chasse les bulles d'air qui peuvent encore se trouver dans les tubes de verre. Si l'on allume alors la lampe à alcool et qu'on la place sous la bouteille, l'eau chauffée s'élève dans le tube de verre court, passe dans le tube coudé, le gros tube de verre et retourne, par le tuyau de caoutchouc, dans la partie inférieure de la bouteille. La circulation devient visible si l'on ajoute par exemple à l'eau, des miettes de pain, que l'on obtient facilement en frottant l'une contre l'autre deux tranches de pain bien sec. L'eau ne doit jamais être portée à ébullition ; pour ce faire on enlèvera tout simplement la lampe à alcool.

Dans les chauffages centraux à eau chaude l'eau circule de la même manière. Le gros tube de verre représente le radiateur ; sa température sera bientôt assez élevée pour que nous puissions nous y chauffer la main.

157. Un glaçon dans de l'eau bouillante

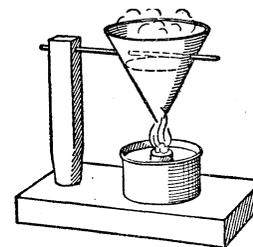
est vraiment quelque chose de surprenant. C'est cependant réalisable en versant dans l'éprouvette, jusqu'à 1 cm du bord, de l'eau glacée à laquelle nous ajoutons un fragment de glace, que nous alourdissons par un petit caillou, pour



qu'il ne puisse pas monter à la surface. Chauffons maintenant l'éprouvette à sa partie supérieure, jusqu'à ce que l'eau soit en ébullition. Veillons à ce que nous ne chauffions que l'eau, et non pas la limite entre l'air et l'eau, sinon l'éprouvette sauterait, par suite de l'inégalité de la répartition de la chaleur. L'eau émet des vapeurs et bout dans sa partie supérieure, tandis que la glace, dans la partie inférieure, reste intacte. Comme l'eau chaude est plus

légère et monte toujours dans la partie supérieure, l'eau de la région inférieure reste froide comme au début.

158. Une marmite en papier



nous paraît aussi difficilement réalisable que la glace dans l'eau bouillante ; cependant, comme nous le montre la figure, nous pouvons facilement chauffer de l'eau jusqu'à ébullition dans du bon papier à lettre, plié en entonnoir, et ce sans le brûler, aussi longtemps que la flamme ne chauffe que la partie du papier refroidie par l'eau froide. Découpons un cercle de papier, de 20 cm de diamètre et plions-le deux fois par la moitié, pour

obtenir un quart de cercle. Nous l'ouvrons pour en faire un cornet, de manière telle que le papier soit triple d'un côté et simple de l'autre.

159. Le fil à coudre incombustible

Faisons le pari que nous allons mettre un fil à coudre ordinaire, pendant des minutes, dans la flamme sans le brûler. La chose est possible, si nous enroulons étroitement le fil sur le tuyau métallique ; le métal prend alors au fil toute la chaleur que lui communique la flamme et l'empêche de brûler.

160. Surfusion

Dans toutes les pharmacies on peut acheter de l'hyposulfite de soude. Nous en versons 3 cm dans l'éprouvette et le chauffons à la flamme en tenant l'éprou-

vette à l'aide d'une forte bande de papier. Le sel se liquéfie et fond. Ceci n'a rien de surprenant ; la chaleur fait fondre presque toutes les substances. En refroidissant elles se figent, et redeviennent solides. Plaçons l'éprouvette dans un récipient contenant de l'eau froide, afin qu'elle se refroidisse plus rapidement. 5 minutes suffisent pour que le refroidissement escompté se réalise. Mais même si nous attendons une heure le sel ne se solidifie pas, il reste liquide. Apparemment il a oublié qu'à cette température, il devrait être solide depuis longtemps.

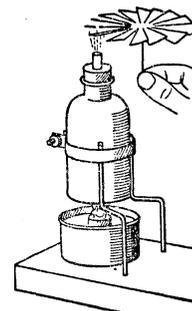
Nous allons le sortir de son oubli et lui redonner son aspect primitif en jetant dans le liquide un grain de sel que nous avons mis de côté au début de l'expérience. Il se passe alors quelque chose de surprenant. Tout le liquide se solidifie en quelques secondes, et nous avons de nouveau une masse solide comme au début. Et, chose extraordinaire le verre qui était froid devient soudainement très chaud ! La chaleur qui avait été nécessaire à la fusion est restituée par le sel qui se solidifie.

161. Le récipient fixé par congélation

Remplissons la moitié de notre bouteille d'aluminium avec de la glace ou de la neige, et plaçons-la sur la table, à un endroit où nous avons versé auparavant un peu d'eau. Si nous ajoutons une petite poignée de sel de cuisine à la glace de la bouteille, et que nous remuons vigoureusement le mélange avec une baguette, la glace fond et le sel se dissout dans l'eau. Mais cette transformation exige tant de chaleur que le récipient se fixe à la table par congélation, même dans une chambre chauffée.

La force de la vapeur

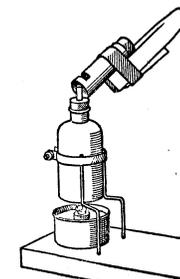
162. De la vapeur



Montons la bouteille contenant 2 cm d'eau au moyen du cercle métallique et de la vis de liaison sur les deux tiges métalliques coudées, fichées dans le socle. La bouteille est fermée par un bouchon que traverse le tube de verre à paroi épaisse. Quand la bouteille a été chauffée pendant quelques minutes sur la lampe à alcool, la vapeur fuse en un jet puissant. Nous pouvons diriger ce jet sur notre petite roue éolienne et celle-ci se met à tourner.

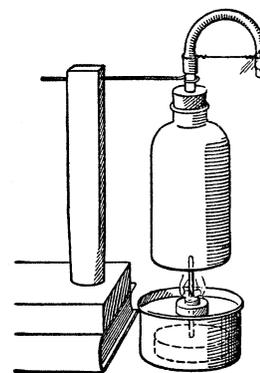
163. Un tuyau sonore fonctionnant à la vapeur

Fixons le tuyau sonore au support à l'aide de la pince et du coin et tenons-le dans le jet de vapeur ; nous pouvons ainsi provoquer l'émission d'un son. L'extrémité du tuyau doit être fermée par un bouchon. Il faut chercher la position la plus favorable par tâtonnement. Attention, le tuyau devient très chaud !



164. Le carrousel à vapeur

est une invention très ancienne. Il fut imaginé il y a 2.000 ans par le Grec Héron. Plaçons une petite poulie de bois dans la lampe à alcool, munie d'un clou moyen. Ce clou passe à travers la mèche de la lampe. Notre bouteille d'aluminium a un petit renforcement dans le fond, et nous y appliquons la pointe du clou. Sur la bouteille nous mettons un bouchon avec le tube de verre court et le tuyau de caoutchouc. La bouteille est encore pourvue d'un guide en fil de fer fort et recourbé, qui entoure le tube de verre. L'extrémité du tuyau de caoutchouc est fermée par le petit bouchon de liège. Comme le montre le dessin, le tuyau de caoutchouc est arqué en demi-cercle, et maintenu dans cette position par un petit fil métallique ; à 1 cm de son extrémité, on pratique un petit trou latéral de 1 mm environ, au moyen de ciseaux fins ou d'un couteau, de telle sorte que

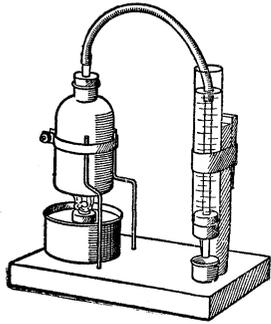


le jet de vapeur puisse s'échapper horizontalement et de côté. La bouteille contient 3 cm d'eau. Plaçons-la sur la flamme. Dès que la vapeur s'échappe, la bouteille commence à tourner assez rapidement.

165. Transformons de la vapeur en eau

Nous faisons passer la vapeur dans le gros tube de verre monté sur le support ; nous remarquons que des gouttes d'eau se forment et coulent sur les parois. La vapeur a abandonné sa chaleur au tube de verre, et s'est transformée de nouveau en eau. Par contre, le tube s'est échauffé, comme nous pouvons le constater en le touchant. Dès que le tube est chaud, il ne peut plus prendre de chaleur à la vapeur, et celle-ci ne peut plus se transformer en eau.

166. Un appareil amélioré pour la production de l'eau



Fabriquons un tube refroidisseur au moyen du long tube de verre à paroi mince, du bouchon à un trou et du gros tube de verre. Relions ensuite le tuyau de caoutchouc du générateur de vapeur au tube de verre, et plaçons sous celui-ci le capuchon de la lampe à alcool. Avant de chauffer l'eau de la bouteille, nous remplissons l'espace entre le gros tube et le tube de verre étroit, avec de l'eau froide. La vapeur se transforme d'une façon continue en eau, jusqu'à ce que l'eau de refroidissement se soit réchauffée.

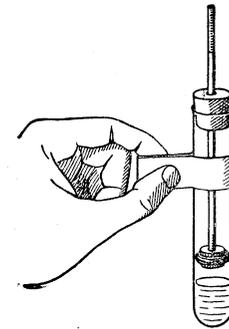
167. De l'eau purifiée

Versons de l'eau jusqu'à mi-hauteur dans notre récipient de verre. Cette eau aura été au préalable légèrement troublée avec du sable. Ajoutons-y deux à trois gouttes d'encre qui la noircissent. L'adjonction d'une pincée de sel de cuisine lui donne une saveur salée, de sorte que personne ne voudrait goûter ce mélange infect. Versons cette eau sale dans la bouteille d'aluminium, relierons celle-ci à l'appareil refroidisseur et chauffons. L'eau passe à l'état de vapeur, puis de nouveau à l'état liquide. Nous sommes surpris de voir que l'eau obtenue est absolument pure. Cette transformation en vapeur, suivie immédiatement de la condensation de la vapeur, est appelée distillation. Ainsi, en partant d'une eau très sale, on peut tirer de l'eau pure, de l'eau distillée. Malgré sa pureté, cette eau ne serait pas propre à la consommation ; elle serait même nuisible.

168. L'alcool récupéré

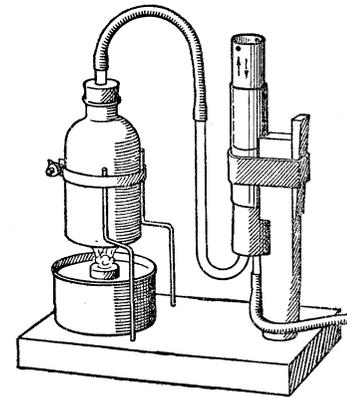
Mélangions dans le récipient de verre une demi-éprouvette d'eau et une même quantité d'alcool. Essayons ensuite d'allumer le mélange. Il ne brûle pas, parce qu'il contient trop d'eau. Versons-le dans la bouteille pour le transformer en vapeur, et refroidissons celle-ci dans l'appareil refroidisseur : nous obtenons de nouveau de l'alcool pur. L'alcool bout à 78° , et non à 100° comme l'eau ; il se transforme par conséquent le premier en vapeur. Ce n'est que plus tard que l'eau passe à l'état de vapeur. Le liquide qui tombe goutte à goutte peut de nouveau être allumé ; c'est donc de l'alcool non dilué.

169. La vapeur doit travailler



L'éprouvette contient un peu d'eau. Vissons deux écrous ronds sur la tige de la pompe en ménageant un petit espace entre eux ; enroulons dans cet espace du fil de coton pour constituer un piston glissant exactement dans l'éprouvette ; enfonçons ce piston jusqu'au contact de l'eau. Le bouchon perforé sert de guide à l'embouchure de l'éprouvette. Nous chauffons l'eau jusqu'à ébullition en tenant l'éprouvette avec une bande de papier plié. Dès qu'il se produit de la vapeur, celle-ci chasse le piston vers l'embouchure ; si l'on écarte alors rapidement l'éprouvette de la flamme ; le piston revient jusqu'à l'eau.

170. Une machine à vapeur simple

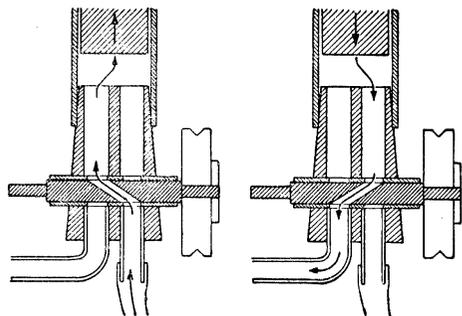


Adaptons le tuyau métallique au support au moyen de la pince de support, le trou carré étant à la partie supérieure, et introduisons le piston dans le tuyau. La partie inférieure est fermée par le bouchon de caoutchouc à deux trous ; passons dans l'un de ceux-ci le tube de verre court et un tuyau de caoutchouc ; enfonçons dans l'autre le tube de verre recourbé en crochet. Les deux tubes sont enfoncés suffisamment pour dépasser le trou transversal du bouchon. La bouteille d'aluminium sert de chaudière ; elle est montée sur les deux tiges métalliques coudées, fixées dans le socle, et elle est immobilisée par la bande de tension au moyen de la vis de liaison bien serrée. Dans la bouteille il y a 3 cm d'eau. Un bou-

chon traversé par le tube de verre court et le tuyau de caoutchouc conduisent la vapeur, par le tube de verre recourbé, au tuyau du piston. Chauffons l'eau. Dès que la pression de la vapeur est suffisante, on pince alternativement le tuyau d'amenée de la vapeur, puis le tuyau d'échappement, en se protégeant les doigts avec un chiffon. Le piston se meut alors de bas en haut et de haut en bas. Il ne faut pas serrer les tuyaux de caoutchouc trop longtemps, sinon la vapeur qui ne pourrait pas s'échapper, chasserait le bouchon de la chaudière. Il faut en outre manœuvrer avec prudence, en évitant tout contact avec les parties brûlantes de la machine et en veillant à ce que nos doigts ne soient pas atteints par de la vapeur très chaude, qui pourrait s'échapper par un joint imparfait.

171. Nous perfectionnons la machine

par une espèce de robinet à deux voies qui doit servir à relier alternativement notre cylindre à vapeur au tuyau de caoutchouc d'amenée et à celui d'échappement.



L'arbre de notre machine à vapeur, avec son palier, est en son genre un robinet à deux voies. Ce robinet comprend un tube court de laiton et une tige cylindrique à perforations bilatérales. Passons le tube de laiton à travers le trou transversal du bouchon de caoutchouc, de telle sorte que les perforations du tube correspondent aux perforations longitudinales du bouchon. L'arbre s'adaptant à

l'intérieur du tube est perforé obliquement. Glissons le disque métallique avec gorge de poulie sur l'extrémité de l'arbre et immobilisons-le au moyen d'un écrou rond, de façon telle que les petits trous du disque soient perpendiculaires à la perforation de l'arbre. Adaptons maintenant le bouchon de caoutchouc, avec le robinet à deux voies, à l'orifice inférieur du cylindre. Le bouchon est pourvu du tuyau de caoutchouc et du tube coudé. Tournons le robinet dans la position représentée par la figure. Insufflons avec la bouche de l'air dans le tuyau : le piston se soulève. Quand nous faisons tourner le robinet d'un demi-tour, le piston descend. Ramenons le robinet dans le même sens, et le piston s'élève et s'abaisse alternativement après chaque demi-rotation de l'arbre.

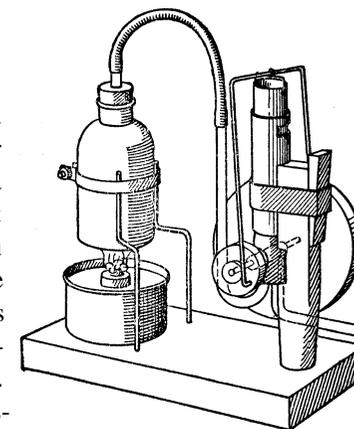
Nous allons utiliser maintenant la vapeur produite par la chaudière. Pour ce faire, relierons le long tuyau de caoutchouc du robinet à deux voies à la chaudière. La liaison s'effectue facilement par le tube de verre recourbé. En tour-

nant régulièrement le robinet, nous déterminons alternativement la montée et la descente du piston.

Chaque fois que le piston est en haut, le robinet doit être fermé, et inversement, lorsqu'il est en bas, le robinet doit être ouvert.

172. Amenée automatique de la vapeur

Tourner le robinet de façon continue et automatique est lassant. Aussi allons-nous relier la poignée du robinet à la tige du piston, si bien que le robinet s'ouvrira et se fermera automatiquement au moment voulu. Dans la première machine à vapeur le robinet de distribution de la vapeur était bien en réalité, actionné à la main. Réalisons un montage qui actionne automatiquement le robinet, en utilisant l'étrier de fil de fer prévu à cet effet. Passons-le dans l'œil à l'extrémité supérieure du piston ; ses extrémités sont introduites, l'une dans le petit trou latéral du disque métallique, l'autre dans celui de la grande poulie que nous avons adaptée comme volant sur l'arbre du robinet à deux voies. Attention en procédant à ce montage ! Les petits trous doivent coïncider parfaitement avant de visser l'écrou rond à fond. La liaison entre le piston et le robinet est établie et la position exacte des ouvertures du robinet assurée. Avant de relier notre montage à la conduite d'amenée de la vapeur, versons quelques gouttes d'huile de machine dans le cylindre, afin de faciliter le glissement du piston.

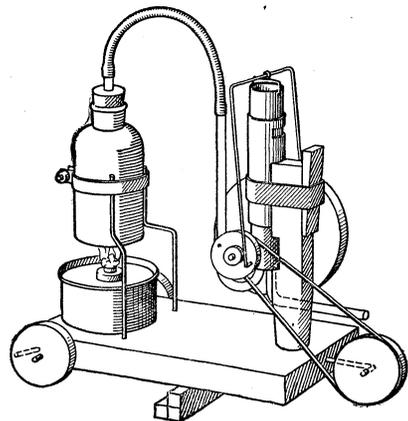


Quand la vapeur commence à jaillir, nous essayons de faire marcher la machine. La vapeur agit ; le piston se soulève, l'étrier emmène la roue et le piston retombe par son propre poids, parce que la vapeur est coupée dans le distributeur de vapeur. A peine le piston est-il arrivé au bas de sa course, que le distributeur s'est de nouveau ouvert, et une nouvelle poussée de vapeur chasse rapidement le piston vers le haut. Ainsi se succèdent rapidement les ouvertures et fermetures du robinet, et par conséquent la montée et la descente du piston. La roue tourne rapidement et la vapeur s'échappe en haletant par le tuyau d'échappement.

La machine ne peut malheureusement pas se mettre en marche toute seule, il faut la « lancer », mais ceci ne diminue en rien notre joie de la voir marcher. Nous pouvons encore passer une ficelle sur la roue de transmission intérieure jusqu'à une petite machine, qui sera donc mue par la force de la vapeur.

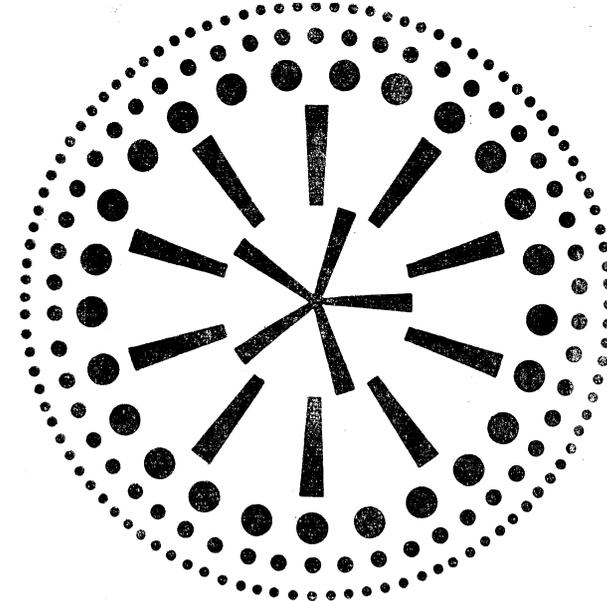
175. Notre modèle se déplace par sa propre force

Maintenant notre petit Physicien est à son apogée. Sa machine à vapeur va se déplacer toute seule. Pour ce faire, nous la complétons par nos trois petites poulies, en guise de roues. Les axes des roues arrière sont simplement des clous courts sans tête. La roue avant est montée sur le clou coudé, qu'il faut enfoncer assez profondément, pour qu'il ne tourne pas. Passons à présent un élastique sur la petite roue motrice de la machine à vapeur et dans la gorge de la roue avant.

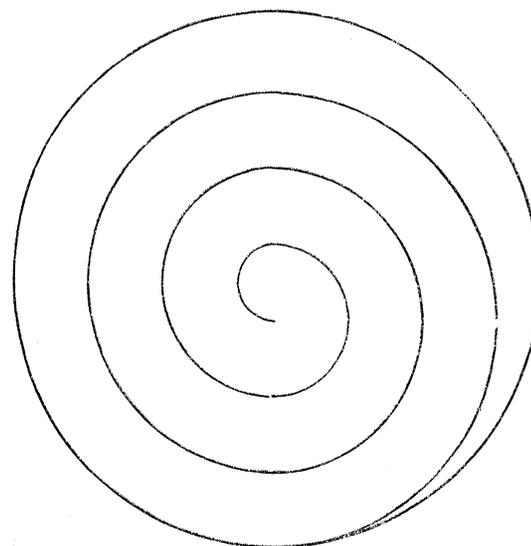


Soulevons tout d'abord de la table la roue avant, en glissant sous la machine le fléau de la balance, posé sur sa face longitudinale étroite. La machine a donc besoin de moins de force pour démarrer. Quand nous jugeons qu'elle en a suffisamment, nous renversons le fléau de balance sur sa face longitudinale large, et nous le tirons rapidement. Notre machine commence à se déplacer en haletant ! Sur une surface raboteuse elle ne pourra pas avancer facilement. Sur un plan légèrement incliné, elle préférera les descentes aux montées.

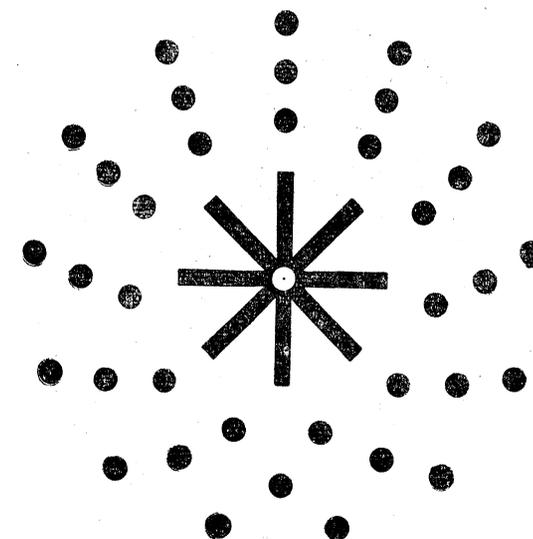
Avec un peu d'habileté, il est possible de faire marcher la machine en arrière. Il suffit d'adapter le tube de verre recourbé de la conduite d'amenée, dans le trou du bouchon de caoutchouc qui constituait jusqu'à présent l'échappement. Et maintenant, jeunes expérimentateurs, sachez que cette machine a été imaginée de toutes pièces, il y a de nombreuses années, par le père des Petit Electricien, Petit Chimiste, Jeune Radio, Opticien-Photographe et Petit Biologiste, lorsqu'il avait 13 ans, et il aimerait aujourd'hui que vous éprouviez le même plaisir que lui à ce moment là.



Disque stroboscopique pour l'expérience 55

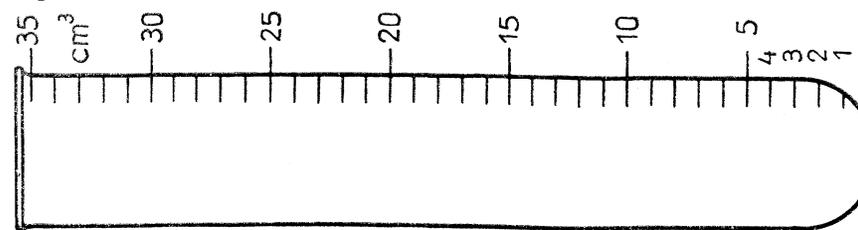


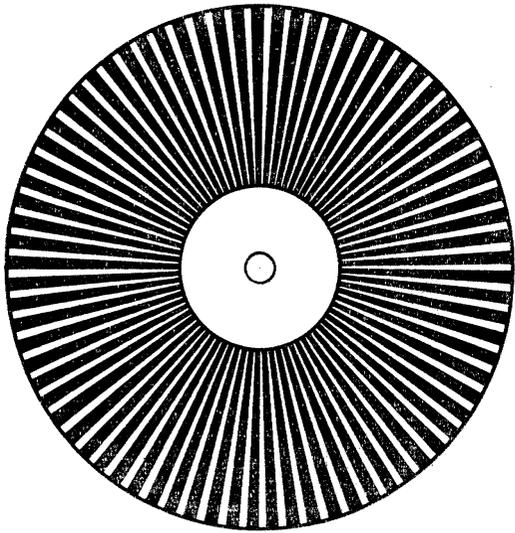
Serpent de papier pour l'expérience 155



Disque stroboscopique pour l'expérience 56

Pour l'expérience 86





Disque stroboscopique pour l'expérience 58