

## PHYSIQUE.

## 1

L'hydrostat de M. Kœppelin, de Colmar.

Dans la deuxième année de ce recueil<sup>1</sup>, nous avons donné la description de l'ingénieux appareil imaginé par M. Kœppelin, de Colmar, désigné par l'inventeur sous le nom d'*hydrostat*, et dans lequel la *balance hydrostatique* est employée comme instrument direct de pesage. L'appareil de M. Kœppelin fonctionne depuis plusieurs années dans les ateliers de Colmar, de Mulhouse, et dans plusieurs autres localités de l'Alsace. Placé généralement entre les mains des ouvrières dans les filatures et manufactures de tissus, il est manié par elles avec une facilité surprenante; il rend ainsi des services notoires et incontestés. Cette sanction pratique, qui était nécessaire pour établir toute l'importance et l'utilité de ce nouvel instrument, lui est aujourd'hui pleinement acquise.

C'est en raison sans doute de ces circonstances que M. Silbermann a présenté à la *Société d'encouragement* un rapport étendu dans lequel il accorde une pleine approbation à cet appareil. M. Silbermann s'est livré à ce propos à des recherches intéressantes concernant les tentatives qui avaient été faites avant M. Kœppelin pour employer la balance hydrostatique comme instrument de

1. Page 58-60.

pesage. Nous résumerons ici les observations de M. Silbermann sur ce sujet, qui était bien peu connu des physiciens.

Le premier inventeur de la balance hydrostatique paraît être Farenheit, le célèbre opticien de Dantzig, à qui l'on doit la construction particulière du thermomètre qui porte le nom de ce grand artiste, et qui est encore aujourd'hui en usage en Angleterre et en Allemagne.

Le physicien Charles ajouta à l'instrument de Farenheit un bassin inférieur pour servir à déterminer la densité des solides, et il donna à l'appareil ainsi modifié le nom de *balance hydrostatique* ou *hydrostat*. Construite en verre, la *balance hydrostatique* était trop fragile. Le physicien Nicholson fabriqua cet instrument en métal, tout en conservant la forme que Charles lui avait donnée. L'hydrostat pouvait ainsi servir à faire avec précision de petites pesées; sur un poids de 50 grammes, il pouvait accuser une addition de 2 à 3 milligrammes.

Pour faire servir la *balance hydrostatique* comme instrument direct de pesée, il fallait lui apporter de grandes modifications. Un physicien américain, nommé Hasseler, parvint le premier à résoudre ce problème. Ayant été chargé, en 1835, de la confection des types des poids et mesures de l'Union américaine, et se voyant dans l'impossibilité de livrer en temps voulu ces grandes balances de précision, M. Hasseler eut l'idée de leur substituer des balances hydrostatiques assez grandes pour servir aux mêmes pesées.

Voici les dispositions qu'il imagina. Il fit souffler plusieurs ellipsoïdes creux en verre, ayant un volume en rapport avec l'importance des pesées à effectuer, depuis 5 jusqu'à 100 livres, et destinées à être plongées dans des vases en verre contenant le liquide. Chaque ellipsoïde est fermé hermétiquement à sa partie supérieure par un couvercle en cuivre, sur lequel sont fixées verticalement



de petites tiges cylindriques en acier doré, dont le nombre varie de 1 à 3, suivant l'importance de l'appareil, et qui portent en leur milieu un trait horizontal servant de repère pour l'affleurement. Ces petites tiges sont réunies à leur partie supérieure par une armature ou traverse en laiton, munie de deux ou trois bras égaux s'étendant horizontalement au delà des bords du vase en verre, lequel est placé sur une tablette. Ces bras portent chacun à leur extrémité, une tige rigide qui descend à une certaine distance au-dessous du vase; les bouts inférieurs de ces tiges sont réunis par une armature semblable à la précédente, au centre et au-dessous de laquelle est adapté un crochet auquel on suspend le bassin qui reçoit les poids. Le liquide dont se servait M. Hasseler variait suivant la nature de ses expériences: c'était tantôt de l'eau, tantôt une dissolution de sulfate de cuivre, et quelquefois du mercure.

Après M. Hasseler, Berzélius a également fait servir la balance hydrostatique à la pesée des corps; mais M. Silbermann n'a pu arriver à reconnaître exactement les dispositions dont ce chimiste faisait usage.

Pour arriver au même résultat, M. Kœppelin a construit entièrement en métal la balance hydrostatique, au lieu de la construire en verre comme M. Hasseler. Les dispositions relatives au mode de suspension du bassin des poids au-dessous du vase, à la lecture du point d'affleurement et à la stabilité de l'appareil flottant, diffèrent entièrement de celles qu'avait adoptées le physicien américain. M. Kœppelin n'emploie qu'une seule tige qui relie le corps plongé au bassin, et cette tige descend dans l'axe même du corps plongé et du vase cylindrique qui contient l'eau. A cet effet, le fond de ce vase est percé au centre d'une ouverture circulaire, sur laquelle est soudé verticalement un tube ouvert aux deux bouts, dont l'extrémité supérieure dépasse d'une certaine quantité le niveau du liquide. Le

plongeur est formé de deux cylindres concentriques en cuivre, dont les bases parallèles, hermétiquement ajustées, sont communes et percées d'ouvertures assez larges pour laisser passer librement, pendant la descente, le tube fixé dans l'axe du vase.

La base supérieure de ce plongeur est munie de trois petites douilles équidistantes du centre, qui portent chacune une petite tige d'affleurement en acier doré, analogue à celle de l'appareil de Hasseler. Ces petites tiges sont reliées par une armature horizontale à trois branches, au milieu de laquelle est vissée la tige pendante qui traverse le plongeur et le vase, et se termine à un décimètre au-dessous du fond de celui-ci par un anneau destiné à recevoir le crochet de suspension du bassin des poids. L'opacité du vase ne permettrait pas, comme dans l'hydrostat américain, de voir directement quand l'affleurement a lieu; voici ce qu'a imaginé M. Kœppelin pour arriver au même résultat. En dessous du vase, la tige de suspension descend entre deux échelles verticales de division, et porte une règle horizontale qui suit tous ses mouvements et indique, par conséquent, sur ces échelles la quantité d'immersion du plongeur; le milieu des échelles correspond au point d'affleurement. Cette partie de l'appareil, ainsi que le bassin des poids, sont enfermés dans une cage de verre sur laquelle est placé le vase à liquide et dont le fond supérieur est nécessairement muni d'un trou pour laisser passer la tige de suspension.

Afin d'empêcher que le vase perde trop d'eau par l'évaporation à l'air libre, un couvercle à bords retroussés descend presque au contact de la surface du liquide et repose sur des chevilles convenablement disposées. Ce couvercle porte des douilles qui donnent passage aux petites tiges d'affleurement et par lesquelles on introduit de l'eau toutes les fois que, pour une cause quelconque, son niveau normal a baissé.



D'après M. Kœppelin, pour un hydrostat de précision, l'eau du vase devra contenir  $1/50$  d'alcool; mais cette précaution est inutile toutes les fois que l'instrument est destiné à des pesées de 4 à 10 kilogrammes.

L'ingénieux appareil du physicien de Colmar rend tous les jours d'incontestables services dans les filatures et manufactures de tissus de l'Alsace, et ne tardera pas sans doute à recevoir, dans d'autres industries, les mêmes applications.

## 2

Nouveau système de communications télégraphiques  
au moyen de l'eau.

Un jeune physicien, M. de Lucy, a trouvé dans l'emploi de l'eau un nouvel agent pour la transmission des signaux télégraphiques : il voudrait remplacer par ce moyen l'électricité pour les communications sous-marines.

Supposons deux tubes verticaux reliés entre eux à leur partie inférieure par un autre tube transversal ; si l'on verse de l'eau dans cet appareil, le liquide prenant son niveau dans les deux tubes, s'élèvera à une même hauteur. Cette disposition offre déjà à l'esprit l'idée de la construction d'un télégraphe. En effet, si l'on donne au tube transversal une longueur indéterminée, le phénomène d'équilibre des colonnes liquides se produisant toujours et d'une manière invariable, il suffirait d'établir le long de chaque tube une échelle graduée dont chaque division serait représentée par une lettre ou un signe quelconque : en modifiant à son gré la hauteur de la colonne d'émission, la colonne de réception s'abaisserait ou s'élèverait, de manière à se fixer à la hauteur du signe correspondant au point où se serait arrêtée la colonne d'envoi. Ce premier moyen, que M. de

Lucy n'indique qu'en passant, en raison de sa trop grande lenteur, peut être remplacé par deux autres plus pratiques et plus rapides.

Si, à l'une des extrémités du tube, l'appareil que nous avons décrit plus haut restant le même, on place une ampoule pleine d'eau et communiquant avec l'un des tubes verticaux, cette ampoule, comprimée plus ou moins énergiquement, chassera dans l'intérieur du tube une certaine quantité d'eau qui fera monter plus ou moins la colonne de réception. Ce moyen, bien supérieur au premier, présente néanmoins quelques difficultés pratiques. Si l'on voulait obtenir dans le tube de réception un mouvement de va-et-vient assez net et assez rapide pour donner un résultat prompt et facile à saisir, il faudrait faire usage d'un moyen de compression très-énergique. Mais alors son action continue sur tout le système de l'appareil amènerait nécessairement des désordres provenant de la détérioration rapide de l'instrument et des conduits.

Le moyen de communication que M. de Lucy présente comme le meilleur, le plus rapide et en même temps le plus simple, consiste dans l'emploi de la *percussion*.

Si, aux deux extrémités du tube de communication, on établit à la place des tubes verticaux des récipients pleins d'eau et fermés à leur partie supérieure, soit par une feuille très-mince de cuivre, soit par une membrane de caoutchouc, les phénomènes obtenus par ce nouveau système changent complètement de caractère et présentent des résultats bien supérieurs à ceux obtenus à l'aide des niveaux ou de la pression.

En effet, si l'on frappe avec une baguette sur l'une des membranes tendues à l'une des extrémités du tube, la vibration produite dans la masse liquide se propage dans l'appareil avec une vitesse prodigieuse et vient soulever la membrane placée à l'extrémité opposée. Plusieurs coups frappés consécutivement, et se succédant avec une très-



grande rapidité, produisent sur la membrane opposée des vibrations absolument identiques.

Ce résultat est facile à comprendre; il ne s'agit plus ici, en effet, d'un déplacement plus ou moins considérable du liquide, phénomène qui, pour se produire, demande un temps assez long, surtout pour de grandes distances. Avec la percussion, la masse liquide, sans se déplacer, éprouve par le choc une vibration rapide, qui, se propageant de proche en proche, ébranle successivement toutes les molécules de la colonne liquide. Or, on sait que les ondes liquides se propagent avec une vitesse de 1330 mètres par seconde.

Un appareil à percussion, établi entre Calais et Douvres, mettrait dix-huit secondes environ pour transmettre la première vibration; les autres se suivraient instantanément et avec la vitesse intrinsèque qui leur serait donnée au point de départ. De l'Irlande en Amérique, la première vibration liquide, suivie de près par toutes les autres, ne mettrait pas plus d'une demi-heure à faire la traversée.

Le système proposé par M. de Lucy pour inscrire les dépêches au moyen d'une colonne d'eau s'étendant de l'une à l'autre station serait bien simple. Chaque pulsation de la membrane de réception agissant sur un petit levier, celui-ci s'élève et s'abaisse alternativement. Si à l'extrémité de ce levier on adapte une pointe traçante, la dépêche vient s'écrire d'elle-même sur une bande de papier qui se déroule continuellement au moyen d'un rouage d'horlogerie, comme dans le système du télégraphe électrique de Morse.

M. Faure, professeur à l'École centrale des arts et manufactures, pour encourager le jeune physicien à poursuivre cette intéressante idée, a rappelé que, dans le quatrième volume de ses *Leçons de mécanique pratique*, le général Morin a fait connaître une application de

l'incompressibilité de l'eau à la transmission de signaux à distance.

« On utilise quelquefois, dit le général Morin, l'incompressibilité de l'eau pour transmettre à de grandes distances des mouvements d'une faible amplitude, destinés à faire marcher des signaux ou à communiquer des avis. Un essai de ce genre a été fait sur le chemin de fer de Blackwall à Londres. Le signal du départ d'un train était annoncé à l'extrémité de la ligne, qui a 5150 mètres de longueur, au moyen d'un tuyau d'un petit diamètre rempli d'eau; un piston refoulait cette eau au moment du départ, et la colonne liquide, à peu près incompressible, faisait mouvoir *rapidement*, à l'autre extrémité du tuyau, et *aux stations intermédiaires*, d'autres pistons, dont le mouvement se transmettait à l'aiguille d'un cadran ou à une sonnerie; mais aujourd'hui, pour des signaux de ce genre, on emploie de préférence le télégraphe électrique. »

## 5

Application de la photographie à la levée des plans.

Un jeune chirurgien sous-aide attaché à l'hôpital du Gros-Caillou, M. Chevallier, a réalisé une application très-originale et très-neuve de la photographie à la levée des plans. L'appareil nouveau, que M. Chevallier désigne sous le nom de *planchette photographique*, permettra de faire très-rapidement tous les relevés et toutes les opérations graphiques nécessaires à la détermination complète de la topographie d'une contrée. Un appareil répondant à ces conditions est appelé à rendre de grands services, car nos ingénieurs auront désormais entre les mains le moyen de dresser rapidement et avec précision le plan des localités et surtout la possibilité de multiplier les copies de ces plans, pour les distribuer à divers opérateurs. La *Société d'encouragement*, à qui avait été adressé le travail de M. Chevallier, a confié le rapport relatif à ce travail à



l'un des hommes les plus compétents sur cette matière, à M. Benoît, le savant auteur du *Traité de la règle à calcul*, ancien professeur à l'École d'application d'état-major. Nous allons donner une idée des dispositions essentielles de la *planchette photographique* de M. Chevallier.

Dès que la chambre obscure a été connue, les géomètres ont songé à appliquer cet instrument à la levée des plans, en y ajoutant des cercles, des niveaux, etc. Mais l'instrument qui fut construit dans cette vue, et qui reçut le nom de *tachi-goniomètre* était volumineux et embarrassant; il fallait dessiner la perspective au crayon sur une glace gommée, ce qui prenait beaucoup de temps. La rapidité que l'on croyait obtenir avec cet appareil n'ayant pu être réalisée, le *tachi-goniomètre* ne reçut que fort peu d'emplois. Plus tard, la découverte de la *chambre claire* permit de diminuer le volume de l'appareil; aussi ce problème fut-il repris par plusieurs ingénieurs, et de nos jours notamment par M. Laussidat, commandant du génie à l'École polytechnique, qui obtint de bons résultats en combinant d'une manière ingénieuse la chambre claire avec la planchette. Mais M. Laussidat n'appliqua ce principe qu'à la levée expéditive des plans pour les opérations militaires.

La découverte de la photographie, qui permet de relever, en un très-court espace de temps, de grandes étendues de terrain, est enfin venue apporter l'élément de rapidité qui avait fait défaut jusqu'ici pour la levée des plans. Cependant, malgré les promesses de la théorie, la pratique avait jusqu'ici rencontré de grandes difficultés pour cette application de la photographie aux opérations géodésiques. On sait que les parties de l'image de la chambre obscure qui sont situées sur les bords de l'objectif, éprouvent toujours des déformations qui amènent de grandes inexactitudes quand on fait embrasser plus d'une dizaine de degrés au champ de l'instrument. Cette difficulté avait arrêté les opérateurs et amené l'abandon de tout procédé

de ce genre; M. Chevallier a eu le mérite d'en triompher. Son appareil permet de relever avec la plus grande exactitude les points situés sur presque toute l'étendue de l'horizon, en conservant à ce relevé toute sa précision géométrique. Voici les dispositions de la *planchette photographique* de M. Chevallier.

Sur le trépied solide de la planchette ordinaire, est installée une chambre obscure qui peut tourner autour de l'axe de cette planchette, de manière à venir se mettre successivement en regard de tous les points de l'horizon. La glace collodionnée qui doit recevoir l'image photographique négative, présente une forme concave, demi-circulaire; elle peut tourner autour de son axe, et deux volets ou écrans mobiles, disposés latéralement, peuvent limiter autant qu'on le veut l'image qui vient se former sur cette plaque. Il résulte de là qu'en faisant tourner autour de son axe la plaque impressionnable par la lumière, on peut, en dirigeant successivement l'objectif vers les différents points de l'horizon, obtenir une série de tableaux partiels dont l'ensemble constitue une sorte de panorama de la localité.

« Que faudrait-il, dit M. Benoît, dans son rapport à la Société d'encouragement, pour que cet ensemble, tout en montrant l'aspect des divers signaux servant de sommets aux triangles du réseau de la carte à lever, visibles de la station occupée par la planchette photographique, donnât, en même temps, la projection graphique horizontale des angles embrassés par la direction de ces signaux? Il suffirait évidemment que l'image des verticales de ces derniers fût tracée dans les vues partielles dont ils faisaient partie; et que ces images, qui se croisent par construction au centre même de la plaque, comprennent entre elles des angles égaux aux azimuts correspondants mesurés à la station; et c'est précisément un tel tracé graphique que M. Chevallier obtient immédiatement, avec la planchette photographique, par des dispositions très-simples.

1° L'image de la verticale du signal observé est fournie par l'interposition d'un crin fin tendu verticalement entre la plaque et l'objectif, et passant par l'axe de ce dernier et par l'axe de



rotation de la plaque, parce que le plan que ces axes et le crin déterminent passe par la verticale du signal ; 2° les *angles azimutaux* sont reproduits à l'aide d'un cercle denté, formant le plateau du trépied de l'instrument, et d'une communication de mouvement entre ce cercle denté rendu fixe dans l'espace et celui du cadre de la plaque.

Cette communication est composée de deux petits arbres se croisant à angle droit, communiquant ensemble par deux petites roues d'angle, et munis chacun d'un pignon cylindrique engrenant celui de l'arbre horizontal avec le cadre vertical de la plaque, et celui du cadre vertical avec le cercle denté horizontal fixe du trépied. Ces engrenages étant combinés de telle sorte que la plaque fasse une révolution entière autour de son axe, pendant que le corps du daguerréotype fait exactement un tour d'horizon, il est évident que, pour que l'axe optique de l'objectif passe de la verticale de l'un des signaux à celle d'un autre signal quelconque, il faut nécessairement que cet axe décrive un angle égal à celui compris entre les deux plans verticaux passant par ces signaux, angles que les dispositions mécaniques adoptées par M. Chevallier feront décrire exactement par la plaque, et embrasse, sans erreur possible, par les images des verticales de ces signaux, si la transmission de mouvement se fait sans *temps perdu*.

Ainsi se trouve ingénieusement résolu le problème du tracé photographique des éléments d'une carte topographique tels qu'on les obtiendrait avec la planchette ordinaire et sans risque d'erreur; parce que l'instrument de M. Chevallier donne le moyen de s'assurer avant de recevoir l'image daguerrienne, que le plan vertical de l'axe de rotation de la plaque, de l'axe optique et du crin, passe réellement par le sommet d'un signal proposé. Cette condition essentielle s'obtient en dirigeant vers le signal une lunette plongeante établie extérieurement, et dont l'axe optique particulier peut se mouvoir dans le plan du crin, de l'axe de rotation de la plaque et de l'axe optique de l'instrument.»

Indépendamment de ses avantages sous le double rapport de la promptitude et de la précision, ce nouveau système de levée des plans permettant d'obtenir avec l'image photographique négative autant d'épreuves positives qu'on le désire, on pourra mettre simultanément à la disposition

de divers opérateurs les vues que l'on aura ainsi obtenues.

La levée des plans n'est pas d'ailleurs la seule application que cet instrument pourra recevoir. Avec quelques modifications fort simples, la *planchette photographique* servira à reproduire les divers épisodes, presque simultanés, d'une action générale qui se passe autour de cet instrument. Une bataille, un engagement, le passage d'un fleuve par une armée, en un mot, tous les incidents d'une campagne dont on veut conserver l'image précise et rigoureuse, seront aisément fournis par cet instrument, qui répond ainsi à une indication qui n'avait jamais pu être remplie jusqu'à ce jour. L'appareil de Garella pour la photographie panoramique donne bien en effet des vues panoramiques<sup>1</sup>, mais il ne saurait fournir en même temps, comme la planchette de M. Chevallier, les mesures géométriques des différentes parties de cette vue.

## 4

## Nouvel aéromètre de M. Jeannel.

Lorsque des liquides de densité différente sont en équilibre dans des vases communiquants, les hauteurs des colonnes de ces deux liquides sont entre elles en raison inverse de leurs densités. La simple application de ce principe de physique permettrait de déterminer la densité d'un liquide quelconque. Il suffirait de prendre un tube recourbé en deux branches communiquant entre elles, de placer le liquide dont il s'agit dans l'une des branches de ce tube, et dans l'autre branche de l'eau distillée; en divisant la hauteur de la colonne du liquide mis en expérience

<sup>1</sup> Voy. l'*Année scientifique*, 3<sup>e</sup> année, t. I. p. 92.



par la hauteur de la colonne d'eau, on aurait la densité cherchée.

Mais la mesure exacte des colonnes liquides exige certaines précautions; de plus, l'introduction des liquides dans des tubes et leur évacuation de ces tubes donnent lieu à divers embarras, de telle sorte que le principe que nous venons de rappeler, malgré son exactitude rigoureuse, n'a pas été appliqué jusqu'à présent à la détermination pratique de la densité des liquides. M. Jeannel, professeur à l'École secondaire de médecine de Bordeaux, a imaginé une disposition ingénieuse, qui permet de déterminer la densité d'un liquide par l'application de ce principe.

L'instrument construit par M. Jeannel se compose de deux tubes communiquant entre eux par l'intermédiaire d'une colonne de mercure contenue dans le fond d'un vase et qui les sépare l'un de l'autre. Les deux branches du tube étant remplies d'eau distillée, si dans l'une des branches, à l'aide de dispositions opératoires particulières que nous omettons ici, on remplace l'eau par un liquide plus dense, il faudra de cet autre liquide une colonne d'une moindre hauteur pour faire remonter l'eau distillée au point où elle était soutenue précédemment; si, au contraire, le liquide versé dans le même tube est moins dense que l'eau distillée, il en faudra une colonne d'une plus grande hauteur, la hauteur des colonnes liquides dans les vases communicants étant en raison inverse des densités de ces liquides.

L'échelle collée sur ce tube donne d'abord la densité, ou le volume pour le même poids que l'eau exprimé en grammes; elle donne aussi en regard le volume du kilogramme en centimètres cubes, puisque le centimètre cube est la millième partie du kilogramme d'eau.

L'instrument nouveau imaginé par M. Jeannel est d'un maniement moins commode que les aréomètres flotteurs; mais il donne des indications beaucoup plus rappro-

chées de l'exactitude, puisqu'il permet de constater aisément une différence de densité de cinq millièmes et de tenir compte, par une simple soustraction, des corrections nécessitées par les variations de température, excepté toutefois pour les liquides alcooliques, qui exigent l'emploi de tables de correction.

## 5

Nouvelle méthode pour déterminer le poids spécifique des corps solides.

Voici une nouvelle méthode due à un professeur de physique de Saint-Petersbourg, M. Meyer, pour déterminer et vérifier le poids spécifique des corps.

Le procédé expérimental destiné à donner le poids spécifique d'un corps revient toujours à déterminer exactement, soit le poids, soit le volume d'eau exactement équivalant au volume du corps soumis à l'expérience.

Pour obtenir rigoureusement le volume d'eau équivalent au volume du corps expérimenté, M. Meyer a fait une ingénieuse application du siphon. Après avoir rempli d'eau un vase, on fixe dans son intérieur la plus courte branche d'un siphon, l'autre branche se trouvant hors du vase. On aspire l'eau dans le siphon; le liquide s'écoule un moment, et s'arrête dans le tuyau, si l'appareil est tranquille. On plonge alors dans le vase le corps dont il s'agit de déterminer le volume, et par la chute de ce corps au sein de l'eau, dont il déplace une certaine quantité, l'eau s'élève dans le siphon et recommence à couler par ce siphon dans un petit vase placé sous la plus longue branche. Le volume d'eau ainsi recueillie représente évidemment le volume exact du corps, et par conséquent, permet de déterminer la densité cherchée.

M. Meyer a vérifié par ce procédé presque tous les