

notable de ce facteur n'a pas une influence sensible sur la valeur de D , par suite de la racine septième. En portant cette valeur dans l'équation précédente, on trouve finalement :

$$D = 2,4 \sqrt[7]{\frac{vQ^3}{Hf}} \quad (12')$$

On vérifierait d'ailleurs aisément que la règle que nous avons énoncée, après M. Arthur S. Adams, subsiste sans modifications, savoir : *La conduite forcée la plus économique est celle pour laquelle la valeur de l'énergie perdue annuellement par frottement est égal aux deux cinquièmes du coût annuel de l'intérêt et de l'amortissement.*

Remarque. — Il peut arriver que, pour de hautes chutes et de gros débits, l'épaisseur correspondant au diamètre trouvé soit incompatible avec les possibilités de construction. Dans ce cas, il faut augmenter le nombre des tuyaux, de manière à réduire le diamètre, et par suite l'épaisseur maxima.

Soit alors n le nombre des tuyaux, d leur diamètre, q le débit qui passe dans chacun d'eux, et soit x l'amortissement annuel, et y le manque à gagner résultant de la perte par frottements. On a :

$$X = nx = nad^2 \quad (4')$$

$$Y = ny = n \frac{b}{d^5} \quad (10')$$

La condition du minimum de dépense est encore satisfaite lorsque :

$$d = \sqrt[7]{\frac{5b}{2a}} = 2,4 \sqrt[7]{\frac{vq^3}{Hf}}$$

mais, comme $q = \frac{Q}{n}$

$$\text{Il reste simplement : } d = D \left(\frac{1}{n}\right)^{\frac{3}{7}} \quad (13)$$

On cherchera alors quel est le nombre minimum n de tuyaux qui est nécessaire pour que l'épaisseur e reste dans les limites de la pratique.

Ainsi, par exemple, si l'on a : $H = 560$ m., $Q = 1,4$ m³, $L = 2000$ m., $f = 450$ fr. et $v = 200$ fr. la formule (12') donne :

$$D = 2,4 \times 0,4166 = 1 \text{ mètre.}$$

Mais alors l'épaisseur e' à la base serait

$$e' = \frac{560 \times 1}{2 \times 7} = 40 \text{ mm.}$$

Or, l'on ne peut songer à dépasser pratiquement 20 mm. Il faut donc, puisque e est proportionnel à D , que l'on ait

$$\left(\frac{1}{n}\right)^{\frac{3}{7}} = \frac{1}{2} \quad \text{ou} \quad n = 2^{\frac{7}{3}} = 5,039$$

soit donc $n = 5$, d'où $q = 0,280$ m³.

$$\text{et } d = 1^m \times \left(\frac{1}{5}\right)^{\frac{3}{7}} = \frac{1^m}{1,9932} = 0^m5017$$

On constituera la conduite forcée au moyen de 5 tuyaux de 0^m50 de diamètre.

Le poids de chaque conduite est de 364 tonnes, et le prix annuel d'amortissement x est de 16380 francs, dont les $\frac{2}{5}$ font 6552 francs.

La perte de charge de chaque conduite est de 12^m19; la perte de puissance de 34,13 chevaux, et le manque à gagner correspondant y de 6826 francs, c'est-à-dire très sensiblement les $\frac{2}{5}$ de l'amortissement annuel de la conduite, la très légère différence provenant de ce que nous avons pris pour d un nombre rond.

Il est bien entendu que les résultats ainsi trouvés ne donnent qu'une solution approchée du problème. C'est ainsi que, en serrant le problème de plus près, on constaterait qu'il serait plus avantageux d'augmenter le diamètre au sommet pour le diminuer à la base, réalisant ainsi une conduite à diamètre variable, sujet sur lequel nous reviendrons dans un prochain article.

On pourrait aussi n'employer qu'une ou deux conduites à plus grand diamètre à la partie supérieure, et augmenter ensuite le nombre des conduites à la partie inférieure. La marche à suivre resterait la même, le calcul serait seulement un peu plus long.

L. PIERRE,
Ingénieur-électricien. I.E.G.

BERNARD BRUNHES

La mort de M. Bernard BRUNHES émeut bien douloureusement *La Houille Blanche* qui perd en lui un ami très précieux, venu à elle dès la première heure en lui apportant toute sa confiance et n'ayant cessé, depuis sa fondation, de lui fournir l'aide inestimable de son agissante sympathie.

M. Brunhes était une personnalité en vue du monde scientifique; il laisse des travaux remarquables. Hautement estimé des savants qui furent ses maîtres, ses collègues et ses amis, de ses camarades, de ses élèves et de tous ceux que le contact de son noble et grand esprit captiva, nous lui devons rendre le pieux hommage de dire ici quelle a été sa vie si tôt brisée, mais si bien remplie.

Bernard Brunhes naquit à Toulouse, aîné d'une famille de sept enfants, le 3 juillet 1867. Après de brillantes études au lycée de Toulouse, puis à celui de Dijon, il fut, en 1886, simultanément reçu à l'Ecole Polytechnique et à l'Ecole Normale supérieure où il entra avec le n° 2. Au mois d'août 1889, il en sortait, étant admis premier aux examens de l'agrégation des sciences physiques. De tels débuts dans la carrière scientifique dénotent une intelligence d'élite servie par une remarquable puissance de travail.

Attaché comme préparateur au Laboratoire que dirige M. Bouty, à la Sorbonne, le jeune physicien entreprend alors ses premières recherches; elles portent sur « la réflexion interne dans les cristaux » et, en 1892, font l'objet d'une thèse de doctorat qui, selon la propre expression de M. Bouty, est la « preuve d'une maîtrise précoce ».

Pendant ces années de formation dans le plus élevé des milieux scientifiques, les dons de l'intelligence n'étouffent point les qualités du cœur chez le brillant lauréat. Il n'est pas celui qui apprend pour conquérir des diplômes, « arriver », se faire une situation enviable; non, il veut savoir, et pour satisfaire son esprit sans cesse fixé sur un problème à résoudre, et pour faire avancer la Science, bienfaitrice de l'Humanité. Il n'est pas seulement le disciple faisant honneur au maître; il est encore, et autant qu'on peut l'être, le bon camarade. Dans sa famille surtout, il se montre bien « l'aîné » profondément dévoué à ses frères qu'il guide par son exemple. Puis, à cet âge où d'habitude on demande aux plaisirs une distraction du cerveau tendu sur les abstractions les plus ardues, Brunhes, lui, se délasse en s'intéressant à des œuvres sociales au sein desquelles la fermeté de ses sentiments chrétiens opère le plus bienfaisant effet.

Il débute dans l'enseignement supérieur, en 1893, comme

maître de conférences à la Faculté des sciences de Lille. De là, il est appelé à la succession de son père dans la chaire de physique à la Faculté des sciences et à l'École de médecine de Dijon (1895). Le 1^{er} octobre 1900, il est nommé directeur de l'Observatoire du Puy de Dôme, et au mois de novembre de la même année, professeur de physique à la Faculté des sciences de Clermont.

Dans sa chaire, il se distingue par un incomparable talent d'exposition, frappant l'auditeur qui garde l'empreinte du clair esprit scientifique du professeur. Mais Bernard Brunhes ne limite pas son activité au champ classique; son intelligence, si ouverte et si avertie de tout ce qui mérite d'être mis au point dans le public adonné aux sciences, l'amène à jeter un jour nouveau sur une foule de sujets qu'il vulgarise — si l'on peut ainsi parler — de la plus saine manière, dans les revues et par des conférences.

C'est surtout dans son poste de directeur de l'Observatoire du Puy de Dôme qu'il donne la mesure de toute sa science, de ses qualités d'organisateur méthodique, tenace et conciliant. Il y est nommé avant qu'il ait eu l'occasion d'explorer particulièrement cette science encore nébuleuse qu'on nomme la météorologie. Mais dès son entrée en fonctions, son esprit s'oriente et il agit avec une indiscutable autorité; une à une les difficultés d'ordre administratif, aussi bien que d'ordre technique, tombent devant sa débordante activité, jointe à l'aménité la plus persuasive. Il transforme son observatoire, l'engage dans les voies nouvelles, le dote des appareils les plus modernes et l'amène à être le seul qui, en France, soit officiellement affilié à trois des grandes associations internationales pour l'étude du magnétisme terrestre, des grands mouvements du sol, et des phénomènes de la haute atmosphère que nous révèle l'usage des ballons-sonde et des cerfs-volants de grande altitude.

L'œuvre qui nous attachait surtout au regretté physicien, et qu'il mûrit tout en poursuivant ses observations météorologiques, est celle qui fait l'objet de son livre sur la *Dégradation de l'Energie*. Comment ne pas être impressionné par cette vue si lumineuse, projetée sur le jeu des mécanismes naturels où l'usure des organes, accélérée par la main de l'homme, diminue progressivement l'Energie utilisable? Et comment ne pas savoir gré à B. Brunhes d'avoir, l'un des premiers, montré que les auteurs de la déforestation sont les plus funestes dégradeurs de l'Energie que nous ayons à combattre? On sait avec quelle ardeur il lutta lui-même dans les rangs des protagonistes du reboisement. La *Dégradation de l'Energie* représente un effort excessivement remarquable et son influence est profonde; à ceux qui en douteraient, je me bornerai à signaler que le livre en est à son sixième mille.

Bernard Brunhes a été frappé en pleine force par un coup soudain de la mort aveugle, alors que tout faisait espérer une longue continuation de sa carrière si féconde. Il a succombé le 10 mai des suites d'une hémorragie cérébrale, faute d'avoir su modérer son labeur. Sincères et innombrables sont les regrets qu'il emporte.

Il fut, dans toute la force du terme, un « caractère » de trempe rare, exerçant une vraie séduction sur tous ceux qui l'approchaient. Et il n'avait que 42 ans!... La Providence a des desseins cachés.

Les consolations humaines ne sont que des mots; toutefois, le bien qu'il a fait et le nom qu'il laisse, en rendant son souvenir impérissable, formeront, pour la veuve et les enfants qui le pleurent, comme un baume sans cesse versé sur la douleur inguérissable de la séparation.

A sa famille, et notamment à ses frères, M. Jean Brunhes, recteur de l'Université de Fribourg, et M. Louis Brunhes, ancien élève de l'École Polytechnique, nous adressons nos plus sincères condoléances.

E.-F. CÔTE.

ACADÉMIE DES SCIENCES

MÉCANIQUE ET ÉLECTRICITÉ

Mouvements d'un liquide dans un tube. — Note de M. MENNERET, séance du 18 avril 1910.

I. OSCILLATIONS D'UNE COLONNE LIQUIDE DANS UN TUBE EN U. — Soient a_1 et a_3 deux amplitudes consécutives d'un même côté de la position d'équilibre; l'amortissement, que j'appelle A , est alors $a_1 : a_3$. Pour éliminer l'erreur de zéro provenant de la petite quantité de liquide adhérente à la paroi, on fait l'observation (au cathétomètre) en produisant la même amplitude initiale a_1 , soit au-dessus, soit au-dessous de la position d'équilibre; et l'on prend pour a_3 la moyenne $\frac{a_3' + a_3''}{2}$.

On sait que la période T' du mouvement amorti est :

$$T' = T \sqrt{1 + \frac{\log^2 A}{4\pi^2 \log^2 e}}$$

T , période dans le cas d'un amortissement nul, est donné par :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{2g}}$$

l étant la longueur de la colonne liquide.

Les résultats obtenus sont les suivants :

1^o Le mouvement oscillatoire se fait suivant deux régimes, selon la nature de l'amortissement.

Le premier régime se produit lorsque A est plus grand que 3,16 (c'est-à-dire $> \sqrt{10}$), quelque soient le liquide et les dimensions de la colonne; dans ce régime A est indépendant de l'amplitude.

Le second régime se produit lorsque A est plus petit que 3,16, quelque soient le liquide et les dimensions de la colonne. Dans ce régime, l'amortissement A est une fonction de l'amplitude, qui s'écrit

$$\frac{a_1}{a_3} = \left(\frac{a_1}{a_3}\right)_0 \left(1 + \frac{k}{rl} a_1^2\right)$$

r étant le rayon et l la longueur de la colonne liquide. k est alors une constante indépendante de la nature du liquide et des dimensions de la colonne liquide.

Pour les deux régimes, le coefficient de frottement η est le même, et l'on est conduit à admettre que la longueur du chemin suivant lequel s'effectuent les frottements est l dans le premier régime et $l : 2 \log A_0$ (pour amplitudes très petites) dans le second régime, ce qui indique la production d'un mouvement complexe (tourbillons), car $2 \log A_0$ est plus petit que 1 dans le second régime.

2^o Le coefficient de frottement η (que l'on mesure par la méthode de Poiseuille) est donné ici par :

$$\text{Premier régime} \quad \eta = \frac{\mu r^2 \log A}{4 T' \log e} \quad (1)$$

$$\text{Deuxième régime} \quad \eta = \frac{\mu r^2 \log^2 A_0}{4 T' \log e} \quad (2)$$

Dans l'équation (2), T' se rapporte aux amplitudes très petites, η est la masse spécifique du liquide et r le rayon du tube. D'où deux méthodes simples pour mesurer η en valeur absolue, car il suffit de déterminer une seule valeur de $a_1 : a_3$ pour obtenir, soit A , soit A_0 .