

l'autre ayant la même composition que l'apatite (abstraction faite des mélanges), doivent être distinguées de la *phosphorite d'Estramadure*, dont la composition est toute différente, si l'analyse que Pelletier en a faite est exacte.

En supposant la chaux et l'acide phosphorique combinés dans le même rapport que dans l'apatite, on déduit de ces données :

Carbonate de chaux.	0,0917
Phosphate de chaux.	0,5310
Chaux en excès.	0,0040
Oxide de fer.	0,0130
Pyrites.	0,0780
Argile.	0,1960
Eau, bitume et perte.	0,0863
	1,0000

Résultat qui fait voir que la quantité de chaux hors de combinaison est si petite, qu'elle doit être négligée. Il ne paraît pas que l'oxide de fer soit ici, comme dans les nodules du cap La Héve, combiné avec la silice : il est plus vraisemblable qu'il provient de la décomposition d'une certaine quantité de pyrite.

OBSERVATIONS

Sur l'écoulement des fluides ;

PAR C.-J. LEHOT, ingénieur des Ponts-et-Chaussées.

IL résulte de quelques expériences de M. Dubuat, consignées dans le second volume de ses *Principes d'hydraulique* :

1°. Que les liquides s'écoulent, sous une même charge, plus lentement par un tube capillaire que par une ouverture de même diamètre pratiquée en mince paroi ;

2°. Qu'il y a une certaine charge qui, pour un tube vertical donné, produit une vitesse qui reste constante, quoiqu'on augmente la longueur du tube ; mais qui s'accélère si l'on diminue cette longueur ;

3°. Que sous une même hauteur de fluide, à la même température et par le même tube, un volume d'eau pure s'écoule plus promptement qu'un volume égal d'alcool ou d'eau salée, mais moins vite qu'un pareil volume de mercure ;

4°. Enfin, on doit, à M. Dubuat, cette observation fort curieuse, que le temps nécessaire pour l'écoulement d'un volume d'eau donné, par le même tube capillaire et sous une même hauteur de fluide, est d'autant moindre que la température de ce liquide est plus élevée.

On a cru récemment pouvoir expliquer ces faits, en supposant : 1°. que la surface de la paroi intérieure du tube capillaire exerce sur l'eau une action à distance qui fait adhérer à cette surface une couche fluide qui diminue d'autant le rayon du tube par lequel l'écoulement s'opère ;

2°. Que cette couche est variable pour les dif-

férens fluides, et moins épaisse pour l'eau que pour l'alcool, en sorte que ce dernier liquide s'écoule réellement par un tube d'un plus petit diamètre;

3°. Que la couche d'eau adhérente à la paroi du tube et stagnante pendant l'écoulement, augmente à mesure que la température baisse, et qu'elle est dans les basses températures de plus d'un millimètre.

Cette théorie peut paraître séduisante par son extrême simplicité; mais elle est manifestement en contradiction avec les faits suivans.

Si on laisse tomber du sablon très-fin dans un réservoir dont l'eau s'écoule par un tube de verre, ce sablon sera entraîné dans le tube, et parmi les grains il y en aura quelques-uns qui, en descendant, suivront la paroi, de manière qu'il sera impossible de distinguer entre eux et cette paroi le moindre intervalle. D'ailleurs, si la diminution de dépense dans l'écoulement par les tubes capillaires dépendait principalement de l'épaisseur de la couche adhérente à la paroi, il est évident que la longueur du tube n'influerait pas sur cette dépense: or, on sait que, jusqu'à une certaine limite, elle diminue à mesure que le tube augmente de longueur.

Si la couche de liquide adhérente au tube est extrêmement mince, et ne diminue pas sensiblement son diamètre, comme il semble résulter des observations précédentes, on ne peut donc point attribuer à la plus ou moins grande épaisseur de cette couche les modifications de l'écoulement par le changement de température, lesquelles d'ailleurs paraissent résulter de ce que l'adhérence de l'eau pour les corps solides diminue à mesure que la température augmente.

Du moins, c'est la conclusion qu'il semble que l'on peut tirer des expériences suivantes.

Newton a prouvé qu'une colonne d'eau qui oscille dans un siphon dont les deux branches sont cylindriques et verticales, fait des oscillations isochrones et égales en durée à celles que ferait un pendule dont la distance entre le centre de suspension et celui d'oscillation serait égale à la moitié de la longueur de cette colonne (1). Sans la résistance qu'elle éprouve dans son mouvement, elle oscillerait donc continuellement en faisant des oscillations de même durée; en sorte que la diminution de l'amplitude de ses oscillations et l'anéantissement complet de son mouvement n'ont lieu qu'en vertu des résistances qu'elle éprouve.

Si on compare donc dans un même siphon les oscillations de colonnes de même longueur, mais de liquides différens et à des températures différentes, on pourra déterminer celles qui éprouvent le plus de résistance.

J'ai donc pris un siphon de verre d'un diamètre constant dans toute sa longueur. J'ai introduit successivement dedans des colonnes de différens liquides mais de même longueur. Ensuite, en inclinant le siphon, j'ai fait monter le liquide à un point déterminé, et j'ai appliqué le doigt sur l'extrémité correspondante; en sorte qu'en remettant le siphon dans la position verticale, une des colonnes était plus haute que l'autre de 16 centimètres. Alors, en ôtant le doigt, la colonne totale faisait un certain nombre d'oscillations avant de parvenir à l'état d'équilibre.

(1) *Newtonis philos. natur. princip. Mathem. liber secundus, propositio XLIV.*

Il est résulté de ces expériences le tableau suivant :

	TEMPÉRATURE.	NOMBRE total d'oscillations.	AMPLITUDE DE LA	
			1re. oscillat.	2e. oscillat.
Eau. . . .	17 d.	12	13 c., 5	11 c.
Alcool. . .	17 d.	9	12 c., 3	9 c., 8
Mercure. .	17 d.	16	15	13
Eau. . . .	17 d.	16	14	12
Alcool. . .	30 d.	16	14 c., 5	12
Eau. . . .	6 d.	8	12 c., 5	10
Alcool. . .	6 d.	7	11 c., 8	9 c., 2

La cause principale de la résistance qu'éprouvent ces différens fluides en se mouvant est manifestement l'adhésion de la colonne totale à la paroi intérieure du siphon : en effet, une couche adhérente au tube, en diminuant son diamètre, n'influerait pas sur la vitesse, et la seule adhésion des molécules fluides entre elles, qui modifie le mouvement, ne l'altérerait pas, si l'adhésion à la paroi était nulle : d'après ces observations, il paraît donc qu'on peut poser en principe :

1°. *Qu'à la température de 17^e, la perte de vitesse qu'éprouve une colonne d'eau en mouvement dans un tube de verre est moindre que celle qu'éprouve une colonne d'alcool de même longueur, et plus grande que celle qu'éprouve une colonne de mercure ;*

2°. *Que l'adhésion de l'eau et de l'alcool pour le verre diminue à mesure que la température augmente.*

L'analogie entre ces faits et ceux observés par M. Dubuat, relativement à l'écoulement des liquides par les tubes capillaires, doit faire présumer que ces phénomènes sont dus à une même cause, c'est-à-dire, à l'adhésion du liquide pour la paroi plus ou moins mouillée.

Enfin, une autre expérience prouve que l'augmentation de dépense par les tubes capillaires, lorsque la température augmente, n'a pas pour cause principale l'augmentation de diamètre du jet, mais bien la plus grande vitesse des filets fluides.

J'ai adapté à un réservoir un petit tube capillaire, recourbé de manière à ce que son autre extrémité fût verticale, ainsi que le jet qui en sortait. Lorsque l'eau était à 12 degrés, le jet s'élevait à 15 centimètres, et lorsqu'elle était à 60 degrés, il s'élevait à 18 centimètres. Ainsi, *sous une même hauteur de fluide, un jet qui s'échappe par un tube capillaire s'élève plus haut à mesure que la température de l'eau augmente.* Or, comme cette hauteur du jet dépend de la vitesse du liquide au sortir du tube, et non du diamètre de la veine fluide, il faut en conclure que l'augmentation de dépense n'est pas due à l'accroissement du diamètre du jet, mais bien à l'augmentation de vitesse des filets fluides.

Un disque qui tourne sur lui-même dans un liquide éprouve aussi d'autant moins de résistance que la température est plus élevée : c'est ce qu'on peut observer à l'aide de l'appareil que M. Coulomb a décrit dans le 3^{me} volume des *Mémoires de l'Institut.*

On sait que cet appareil consiste en un disque de cuivre traversé perpendiculairement par une tige cylindrique dont l'axe passe par le centre du disque. Cette tige est terminée, à sa partie supérieure, par une pince qui sert à serrer l'extrémité d'un fil de laiton vertical. A la partie inférieure de ce cylindre est fixé un autre

disque de fer-blanc, parallèle au premier, et que l'on plonge dans le liquide dont on veut éprouver la résistance. On éloigne le disque supérieur de sa position d'équilibre, en le faisant tourner sur lui-même, sans écarter son axe de la verticale : ensuite on l'abandonne et on mesure l'amplitude de ses oscillations successives.

J'ai trouvé qu'un disque de fer-blanc de 8 centimètres de diamètre, le disque supérieur étant écarté de 135 degrés ; faisait, dans de l'huile à 131 degrés, une première oscillation dont l'amplitude était de 265 degrés, et la seconde de 240 degrés.

Dans de l'huile à 16 degrés, la première oscillation était de 210 degrés, et la seconde de 70.

Dans de l'eau à 17 d., un disque de fer-blanc de 14 centimètres de diamètre, le disque supérieur étant écarté de 135 d., faisait une première oscillation dont l'amplitude était de 245 degrés, et celle de la seconde de 188 degrés.

Dans de l'eau à 78 d., l'amplitude de la première oscillation était de 267 d., et celle de la seconde de 218 d.

D'où il résulte que la résistance qu'éprouve le disque de fer-blanc augmente à mesure que la température diminue : au reste, les pertes de mouvement qu'il éprouve dépendent de plusieurs causes que je tâcherai d'évaluer séparément dans un autre mémoire.

Il paraît, d'après les observations précédentes, que l'écoulement des fluides par les tubes capillaires est retardé par les mêmes causes qui diminuent l'écoulement par des tuyaux d'un grand diamètre. Les molécules qui composent la première couche perdent de leur vitesse par leur adhésion à la paroi ; celles de la seconde,

par leur adhésion à la première ; enfin, celles d'une couche quelconque par leur adhésion à la couche qui la précède. Ces pertes de vitesse étant d'autant moindres que la couche que l'on considère est plus éloignée de la paroi, les vitesses des filets fluides doivent aller en diminuant du centre à la circonférence.

Parmi les faits qui prouvent l'adhésion que je suppose exister entre les molécules fluides, je citerai les suivants :

Si on approche contre la partie lisse d'un jet d'eau vertical la partie lisse d'un jet d'eau incliné, au moment du contact, ils s'enrouleront l'un autour de l'autre, et si le jet vertical est d'un diamètre beaucoup plus grand que l'autre, ce dernier formera autour de lui une espèce d'hélice.

L'adhésion de l'eau pour elle-même se manifeste encore dans l'expérience suivante : si on produit, à l'aide d'un tube capillaire adapté verticalement à un réservoir entretenu constamment plein, un écoulement goutte à goutte, la vitesse de cet écoulement peut être telle, qu'en plongeant l'extrémité du tube dans l'eau, on puisse ensuite l'éloigner de la surface de ce liquide de 15 à 20 millimètres, sans que le jet perde de sa continuité ; tandis que s'il ne communiquait pas à l'eau, il ne produirait que des gouttes successives et isolées.

Enfin, cette adhésion se manifeste aussi entre les fluides hétérogènes. Si l'on retire de l'eau un cylindre de verre de 3 à 4 millimètres de diamètre, il restera à son extrémité une goutte de ce liquide. Si ensuite on laisse couler le long de la surface du cylindre une petite goutte

d'huile, elle viendra se fixer sous celle d'eau. Enfin, on pourra souvent parvenir à placer sous l'huile une seconde portion d'eau, et alors la masse entière présentera une couche d'huile en équilibre entre deux couches d'eau; phénomène qui donne une preuve expérimentale de cette assertion de d'Alembert, que l'excès de densité des tranches supérieures n'est point un obstacle à l'équilibre des fluides hétérogènes.

Si le cylindre de verre est chargé d'une goutte d'huile, et qu'on laisse tomber le long de sa surface une goutte d'eau, de lait ou d'alcool coloré, ces fluides se placeront ordinairement au-dessous de l'huile: quelquefois les deux gouttes, restant toujours en contact, se placeront l'une à côté de l'autre, et formeront encore une masse de fluide en équilibre, et terminée par une surface de révolution.

Je n'étendrai pas plus loin ces considérations, me proposant de publier sous peu de temps une dissertation sur l'influence de l'adhésion dans les phénomènes de l'équilibre et du mouvement des fluides. J'observerai seulement qu'il paraît qu'on peut tirer des faits exposés dans ce Mémoire, les conclusions suivantes:

1°. Que la diminution de dépense dans l'écoulement de l'eau, de l'alcool, par les tubes capillaires additionnels, est due à la diminution de vitesse de tous les filets fluides, et non pas à l'existence d'une couche stagnante plus ou moins épaisse, adhérente aux parois du tube;

2°. Que l'augmentation de température diminue l'adhésion de l'eau, de l'alcool, pour le verre;

3°. Que l'accroissement de l'écoulement par les tubes capillaires, lorsque la température augmente, est dû principalement à la diminution de l'adhésion de la colonne liquide pour la paroi du tube.

ANALYSES

DE

SUBSTANCES MINÉRALES.

(EXTRAITS DE JOURNAUX.)

1. Analyse de l'amphigène et de la méionite dioctaèdre; par M. A. Arfwedson.

Famille
potassium.

Composition.	Amphigène.	Méionite dioctaèdre.
Silice.	0,5610	0,5870
Alumine.	0,2310	0,1995
Potasse.	0,2115	0,2140
Chaux.	0,0135	0,0135
Oxide de fer.	0,0095	0,0040
	1,0130	1,0180

M. Arfwedson a reconnu que l'amphigène devient fusible par l'addition de 0,02 de carbonate de chaux, et que la fusibilité est d'autant plus grande que l'on ajoute une plus grande proportion de carbonate de chaux.

En considérant la chaux qui se trouve dans la méionite comme accidentelle, la composition de ce minéral pourra être exprimée par la formule

