

feldspath dans les schistes micacés; il y a alors réellement injection d'une roche éruptive dans un schiste déjà métamorphique, et nous pensons que cette double transformation peut être fructueusement comparée, par la structure complexe de la roche à laquelle elle donne naissance, au mode de production encore si obscur des roches gneissiques.

M. Jannettaz fait la communication suivante :

*Mémoire sur les connexions de la propagation de la chaleur avec leurs différents clivages et avec les mouvements du sol qu'ils ont produits,*

Par M. Edouard Jannettaz.

Dans les mémoires que j'ai déjà publiés sur ce sujet ou sur les questions qui s'y rattachent, j'ai montré que les roches dites *schisteuses* conduisent mieux la chaleur dans les directions parallèles que dans la direction perpendiculaire à leur plan de schistosité (1); que la stratification est par elle-même sans influence sur la variation de la conductibilité calorifique des roches (2).

Je me propose aujourd'hui de discuter les différentes causes auxquelles on peut être tenté d'attribuer cette variation de la conductibilité thermique, puis de montrer les services que ce phénomène peut rendre pour l'étude des mouvements du sol.

§ 1. — *Rapports de la conductibilité calorifique avec les clivages des roches, et particulièrement avec le longrain.*

Dans un assez grand nombre de phyllades et de schistes argileux, on peut observer plusieurs directions planes de clivage facile.

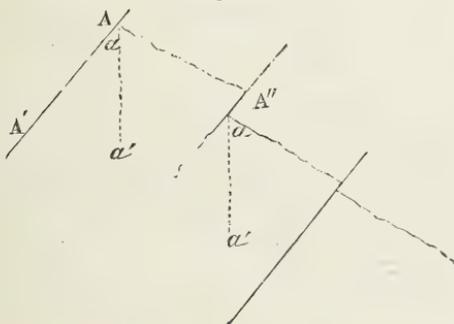
A Angers, dans la carrière découverte des Petits-Carreux, on a en face de soi le plan de la schistosité des phyllades; c'est de ce plan qu'on profite tout d'abord pour l'abattage de la roche. En outre, celle-ci se trouve naturellement divisée en tronçons de prismes par deux systèmes de fentes à peu près perpendiculaires au plan de schistosité, inclinés l'un sur l'autre de  $100^\circ$  à  $125^\circ$ . Grâce à ces différentes directions planes de séparation facile, on extrait aisément des blocs en forme de prismes, dont la schistosité fournit les bases et dont les fentes naturelles forment les pans. Des deux systèmes de fentes il y en a un qui l'emporte généralement sur l'autre en régularité, comme en netteté. Ensemble, ils constituent les *joint*s des car-

(1) *Bulletin Soc. géol.* 3<sup>e</sup> série, t. II, p. 264.

(2) *Id. id.* t. III, p. 503.

riers, *diaclasses* de M. Daubrée. Ce n'est pas tout, les ardoises possèdent encore à Angers, comme dans l'Ardenne, à Rimogne, etc., une autre direction plane de séparation facile. Celle-ci n'est pas discernable pour un œil peu exercé. Les ouvriers qui débitent les ardoises en feuillets savent en reconnaître la trace sur le plan de schistosité, où elle semble quelquefois indiquée par des alignements de cristaux de pyrite. En somme, le longrain est un plan de clivage perpendiculaire à celui de la schistosité. A Angers, il est en général parallèle à la bissectrice de l'angle obtus des diaclasses (fig. 1).

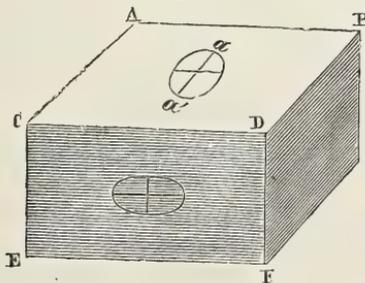
Fig. 1.



$AA'$ ,  $AA''$ , traces des diaclasses ;  $aa'$ , trace du longrain sur le plan de schistosité.

Ce qui caractérise le longrain, c'est qu'il passe par un point quelconque de la roche, comme il arrive pour le clivage proprement dit dans les minéraux, pour la vraie schistosité dans les roches. Comme la vraie schistosité, il garde sa direction sur une étendue énorme ; comme elle enfin, il peut être trouvé facilement à l'aide des courbes isothermiques (fig. 2). Sur le plan CDEF perpendiculaire aux feuil-

Fig. 2.



lets, l'ellipse a son grand axe parallèle à la direction CD, celle de la schistosité ; sur le plan ABCD, la courbe isothermique est allongée suivant le longrain  $aa'$ .

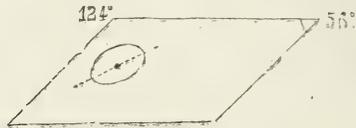
Dans une note antérieure (1), j'ai déjà signalé ce parallélisme du grand axe de ces courbes et de la direction du longrain sur le plan de la schistosité dans l'ardoise de Fumay ; le rapport des axes y varierait de 1,06 à 1,08. Sur un fragment de phyllade, qui a été scié dans un bloc de Rimogne (Ardennes), et qu'on voit exposé à l'entrée de la galerie de minéralogie et de géologie au Muséum d'histoire naturelle, M. de la Houssaye, le donateur, avait marqué, à la demande de M. Daubrée, la direction du longrain. Le grand axe de la courbe isothermique vaut ici 1, 2, en prenant le petit pour unité.

Sur un feuillet de clivage d'un phyllade gris-verdâtre, provenant de Génos (Haute-Garonne), le rapport des axes d'une courbe analogue est 1, 1 ; le grand axe y est, comme toujours, parallèle à un plan de séparation plus facile.

De ces faits on doit conclure que le plan du *longrain* des ardoisiers de l'Ardenne, appelé ailleurs le *long*, et celui de la schistosité se comportent comme les plans de clivage des minéraux, soit au point de vue d'une division plus facile, soit au point de vue du pouvoir de propager plus facilement la chaleur.

Tous les fragments de schiste à forme rhomboïdale que j'ai pu essayer m'ont présenté le même fait (fig. 3). Sur un de ces morceaux

Fig. 3.



dont je ne connais pas la localité, j'ai produit une courbe dont le grand axe est parallèle à la bissectrice de l'angle aigu du parallélogramme qui en limite le contour. Sur une table de même forme d'un schiste argileux provenant de Rougé (Loire-Inférieure), le grand axe est très voisin de la bissectrice aiguë, et le rhomboïde se divise avec une grande facilité suivant cette direction.

Dans des schistes rhomboïdaux d'Ancenis, qui proviennent du Culm (schistes à lamellibranches du Carbonifère le plus inférieur, d'après la détermination de M. Bureau) sur le plan de schistosité, on peut obtenir une ellipse dont l'excentricité est 1,066.

Lors d'une excursion aux environs de Mayenne, à une lieue environ de cette ville, sur la route d'Oisseau, j'ai rencontré dans des anfractuosités d'un talus qui borde la route, des schistes adossés à

(1) *Bull. Soc. géol.*, 3<sup>e</sup> série, t. IV, p. 819, et t. V, p. 416.

un granite qui se désagrège facilement. L'âge de ces roches n'est pas encore déterminé. Elles se rapprochent minéralogiquement des schistes du Carbonifère d'Ancenis. Ces schistes sont brisés en morceaux qu'on pourrait presque appeler des miettes. Il serait difficile d'assigner une forme commune à ces fragments ; les uns ont quatre pans, les autres en ont cinq, quelques-uns en ont six. Deux d'entre eux, de formes différentes, mais dont j'avais orienté les contours relativement à une direction repérée, ont été essayés sur le plan de schistosité. Au moyen de la graisse d'abord fondue, puis abandonnée au refroidissement autour d'un point échauffé par mon appareil (1), j'y ai produit des courbes isothermiques, dont le grand axe avait une position constante, et dont l'excentricité variait de 1,08 à 1,12. Dans une de ces plaques le grand axe est parallèle à des lignes très fines, qui ressemblent à des ébauches de fissures parallèles.

Je citerai comme dernier exemple le phyllade du Silurien moyen de Vitré (Ille-et-Vilaine), où le plan de schistosité donne une ellipse à excentricité presque aussi grande que celle qu'on obtient sur le plan perpendiculaire. Le rapport des axes y est d'environ 1,4 sur le dernier, et de 1,37 sur le plan de la schistosité même.

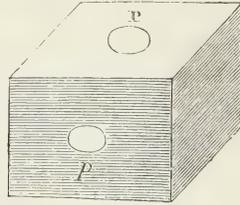
En terminant ce paragraphe, je dirai que la plupart des échantillons de schistes dits rhomboïdaux m'ont offert un grand axe parallèle à la bissectrice aiguë de leurs côtés (schistes parallélogrammiques d'Oisseau, de Vitré, de Rougé (Loire-Inférieure), de Renazé, etc., et quelques autres sans localité connue ; je dois faire remarquer cependant qu'à Angers, le grand axe est parallèle à la bissectrice de l'angle obtus du parallélogramme ; que dans un ou deux échantillons d'Oisseau il est parallèle à un des côtés du parallélogramme produit par des fentes naturelles. Quoi qu'il en soit de sa position par rapport aux fentes, le grand axe de l'ellipse isothermique est toujours et invariablement parallèle au longrain de la roche, c'est-à-dire à sa direction de plus facile clivage. Je crois pouvoir donner par extension le nom général de *longrain* à cette direction. Il n'y a pas de raison pour en chercher un autre. Si les roches où il existe méritaient une exploitation, les ouvriers donneraient sans aucun doute un nom analogue à cette direction de fissilité, qu'ils mettraient bien vite à profit.

Les prismes rhomboïdaux de houille offrent des phénomènes analogues. Le grand axe des courbes est ordinairement parallèle à la bissectrice de l'angle aigu de ces prismes. La figure 4 montre un morceau de houille formé de feuilles de Cordaïtes, provenant de

(1) *Ann. ch. et phys.*, t. XXIX, 14<sup>e</sup> série, p. 25.

Saint-Etienne, et que je dois à l'obligeance de M. Renault. Sur le plan de stratification P, la courbe isothermique est une ellipse, comme sur le plan  $p$ , perpendiculaire aux couches.

Fig. 4.



### §. 2. Relation de la structure fibreuse et de la conductibilité thermique.

Il semble qu'une roche qui présente ainsi deux clivages perpendiculaires l'un à l'autre doit être divisée en fibres. C'est ce qu'on observe dans les schistes de Vitré, où l'ellipse isothermique présente à peu près la même excentricité dans deux directions planes rectangulaires entre elles. Mais il n'est pas indispensable que les éléments de la roche soient alignés les uns parallèlement aux autres, pour qu'elle possède sur le plan de schistosité une direction où elle conduise la chaleur avec une facilité plus grande. Dans les phyllades d'Angers, dans ceux d'Ancenis, les éléments qui constituent la roche ont la forme aciculaire, mais ils montrent toutes les orientations possibles sur le plan de clivage facile ou de schistosité.

J'ai prouvé (1) que les minéraux à texture fibreuse ou lamellaire ne conduisent pas mieux la chaleur dans la direction des fibres ou des lamelles, que s'ils ne présentaient pas cette disposition de leurs parties. Je rappelle en passant que la galène striée, que la fluorine fibreuse donnent uniquement des cercles pour courbes isothermiques ; que ces courbes sont les mêmes pour l'hématite rouge (fer oligiste fibreux) et pour le fer oligiste de l'île d'Elbe (cristaux à masse indivise). Les cristaux de pyroxène fibreux conduisent aussi la chaleur absolument comme ceux à cassure vitreuse. J'ai voulu approfondir cette question.

J'y étais invité par le rapprochement que des auteurs de fort estimables traités de Physique ont cru devoir faire de mes expériences sur les roches, et de celles de de Candolle et de la Rive sur le bois. Dans mes précédents mémoires j'ai le premier établi ce parallèle ; mais, de ce que la chaleur passe mieux suivant les fibres dans le bois et dans les roches, il ne faut pas conclure que la loi découverte par

(1) *Bul. Soc. Géol.*, 3<sup>e</sup> série, t. III, p. 499, et t. VI, p. 203.

de Candolle dans le bois était un précédent pour celle que j'ai observée dans les roches; car, la structure fibreuse a des origines très différentes pour ces deux sortes de matières.

J'en citerai comme premier argument, le résultat d'observations que j'ai tentées sur le pouvoir conducteur des fibres musculaires, avec l'assistance bienveillante de M. le D<sup>r</sup> Blanchard, dans le laboratoire et sur les indications de M. Paul Bert, à la Faculté des sciences.

M. le D<sup>r</sup> Blanchard a mis à nu le muscle couturier d'un chien, l'a dépouillé de son enveloppe. J'ai enduit le muscle de graisse; je l'ai fait traverser dans le milieu de sa largeur par une tige métallique recourbée, munie d'écrans et chauffée à une de ses extrémités par une lampe à esprit de vin. Il s'est produit une courbe isothermique à peu près circulaire, qui tendait vers une ellipse à grand axe transversal par rapport aux fibres musculaires. Le muscle était tendu pendant cette opération. Une fois coupé, le muscle s'est retiré sur lui-même. L'ellipse est devenue très aplatie; le grand axe en était parallèle aux stries, perpendiculaire aux fibres; ce qui me porte à croire que la densité moléculaire du muscle après sa rétraction, était plus grande suivant la direction de ses stries, que suivant celle de ses fibres. Cette observation prouve déjà que la direction des fibres n'est pas partout celle de la plus facile propagation de la chaleur.

En outre, les fibres végétales ne doivent pas leur action à leur texture fibreuse; j'en ai acquis la preuve par les expériences suivantes:

J'ai fait tailler en plaques et soumis à mon appareil des morceaux de bois vert ou desséché de différentes essences, et des morceaux des mêmes bois carbonisés à des températures variables, que M. Ch. Cloez a pu faire préparer pour moi à la poudrière de Sevran-Livry.

*Tableau indiquant les excentricités des ellipses obtenues sur des plaques de bois ou de charbons parallèles aux fibres et à l'axe de la plante.*

Bois de	Température	Rapport des axes des ellipses isothermiques.
Bourdaine frais	Ordinaire	1,662
—	150°	1,573
—	300°	1,17
Aulne frais	Ordinaire	1,7
Aulne sec	id.	1,68
—	150°	1,45
—	250°	1,1

Voici d'autres exemples :

Sur une plaque de chêne du Nord taillée parallèlement aux fibres et bien sèche, l'ellipse isothermique est caractérisée par le rapport de

ses axes 1,47; sur un morceau de charbon du même bois obtenu à environ 400°, le rapport des axes de la courbe n'est plus que de 1,243; enfin, ce rapport n'est que de 1,09 sur une plaque du même morceau ayant la même direction, mais soumise au rouge sombre pendant plus de deux heures à l'action d'un courant de chlore sec.

Dans le sapin même bien sec, coupé depuis plusieurs années, l'ellipse est fort allongée; le rapport des axes y est de 1,95. Un morceau de sapin soumis pendant plusieurs heures en vase clos à une température d'au moins 1200° a perdu presque complètement la faculté de conduire beaucoup plus facilement la chaleur dans la direction de ses fibres; l'ellipse y est devenue presque circulaire; le rapport des axes ne dépasse pas 1,06.

En résumé, si les fibres du bois conduisent mieux la chaleur suivant leur longueur que dans la direction transversale, cela tient à une propriété organique, toujours en relation avec un clivage plus facile et une élasticité plus grande; le charbon de bois, qui a perdu presque complètement sa structure organique, perd aussi cette propriété des fibres qui le composent.

Ce que ces recherches mettent en évidence, c'est que dans le bois, comme dans les cristaux et les roches, la direction du maximum d'élasticité coïncide avec celle de la plus facile propagation du flux calorifique. Les cristaux tendent à devenir fibreux, à s'allonger dans la direction de leur plus grande élasticité; ils tendent à se grouper suivant les faces où ils conduisent le mieux la chaleur. Telle est la loi générale que j'ai déduite de l'ensemble de mes expériences.

De plus, l'observation directe montre encore que la texture fibreuse n'est pas dans les roches la cause première des variations de la conductibilité thermique.

En effet, lorsqu'on examine au microscope, surtout en lumière polarisée parallèle, des sections minces des roches schisteuses, on voit que sur les sections perpendiculaires au plan de la schistosité, il y a une orientation bien nette des éléments constituants. Ceux qui sont sensibles à la lumière polarisée s'éteignent souvent ensemble pour une même direction de la plaque. C'est ce qu'il est aisé de constater dans les phyllades d'Angers ou de Fumay. Les cristaux aciculaires de la roche d'Angers s'éteignent ainsi, et la ligne d'extinction commune est parallèle à leur longueur.

Examinons maintenant des lames minces de ces roches, parallèles au plan de schistosité.

Sur des lames d'ardoise ou phyllade de Fumay, on remarque un parallélisme très sensible des cristaux aciculaires biréfringents, qui

forment l'élément principal de la roche. Ils sont orientés parallèlement au longrain. Dans le schiste de Vitré, les éléments se divisent en deux groupes au point de vue de leur orientation, et pourtant sur ce plan le rapport des axes diffère peu de celui qu'on observe sur le plan perpendiculaire.

Dans les schistes d'Ancenis, et surtout dans ceux d'Angers, on observe des extinctions d'aiguilles cristallines dans tous les azimuts autour de l'axe optique du microscope ; ces roches présentent néanmoins un longrain fort net ; les aiguilles s'éteignent dans la direction de leur longueur ; enfin, le phyllade gris, luisant, à pâte fine, de Génos (Haute-Garonne), offre très peu de ces aiguilles cristallines biréfringentes, et celles-ci ont toutes les orientations possibles.

Ce petit nombre d'exemples permet déjà de constater que le longrain existe dans les roches où les éléments sont orientés, comme dans celle où il n'y a pas d'orientation de ces éléments. Ce n'est donc pas seulement à l'orientation des éléments cristallisés de la roche qu'il faut attribuer les variations de sa conductibilité pour la chaleur. Et d'ailleurs pourquoi ces éléments disposés parallèlement les uns aux autres sur le plan de schistosité dans les ardoises de Fumay n'y donneraient-ils pas lieu à des excentricités aussi considérables que sur le plan perpendiculaire ? Or, sur ce dernier, à Fumay, comme à Génos, l'excentricité atteint 1,9, et sur le plan de schistosité, elle parvient au plus à 1,2. Donc, il faut chercher ailleurs que dans l'orientation des éléments doués d'une conductibilité calorifique considérable la cause de la variation de cette conductibilité dans les différentes directions.

Examinons maintenant une autre cause possible de cette variation : le retrait des roches.

### § 3. *Influence du retrait sur la conductibilité calorifique dans les roches.*

Le retrait n'offre aucune explication acceptable des variations de cette conductibilité. J'ai commencé une série d'expériences à cet égard. Je puis citer aujourd'hui des observations directes sur des marnes humides abandonnées depuis longtemps à une dessiccation spontanée dans un large bocal. Il s'est produit des fentes dans la masse de la matière ; en développant des courbes isothermiques à la surface de la marne desséchée, on constate que leurs grands axes sont perpendiculaires aux fentes ; or, les roches schisteuses présentent le phénomène inverse (fig. 5).

Dans un autre bocal circulaire de 0<sup>m</sup>, 17 de diamètre, j'ai laissé de l'argile délayée dans de l'eau se dessécher d'elle-même ; quinze jours après, il s'est produit des fentes ; un bloc pentagonal à peu près ré-

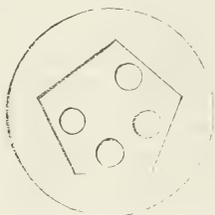
gulier s'est détaché de la masse. Le diamètre du pentagone est d'environ  $0^m, 41$  ; les fentes presque perpendiculaires, à surface déchirée,

Fig. 5.



ont  $0^m, 15$  de large dans leur partie supérieure,  $0^m, 12$  dans leur partie inférieure ; elles ont déchiré le bloc d'argile dans toute sa hauteur, qui est d'environ  $0^m, 025$ . Les courbes isothermiques sur les bords, comme au centre du bloc, sont toutes circulaires (fig. 6).

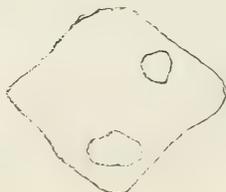
Fig. 6.



Dans un troisième vase, celui-ci rectangulaire et de plus grandes dimensions, j'ai placé aussi de l'argile très régulièrement délayée avec de l'eau ; il s'y est produit également des retraits ; des fentes larges de  $0^m, 006$ , profondes de  $0^m, 007$ , séparent de la région extérieure celle du milieu sous la forme d'un gâteau presque circulaire ; au contact des parois du vase règne aussi une fente assez large ; partout les courbes isothermiques sont circulaires.

Une marnolithe grise cloisonnée, naturelle, renfermant des veines de calcaire cristallin, jaune, et provenant de la collection de Drée, donne des courbes irrégulières qui s'allongent auprès des bords de l'échantillon (fig. 7).

Fig. 7.



Sur une section droite d'un prisme de basalte triangulaire, j'ai formé aussi en certains points des ellipses, dont le grand axe est perpendiculaire aux côtés (fig. 8).

Fig. 8.



Il en a été de même sur la section droite pentagonale d'un trachyte des Antilles; trois courbes voisines des bords avaient leur grand axe égal à 1.06, 1.05, 1.03 en prenant le petit pour unité.

Dans tous ces échantillons, la région du milieu ne donne que des cercles.

Les cas que j'ai pu étudier jusqu'ici me permettent de dire que le retrait a une *influence peu considérable à cause de la petitesse de l'aire à laquelle il s'étend, et une influence précisément contraire à celle dont les roches schisteuses conservent l'empreinte. Le verre trempé m'avait déjà fourni (1) des indices anticipés de l'action du retrait.*

#### § 4. *Influence de la pression sur les variations de la conductibilité thermique.*

En résumé, tout ce qui précède prouve : 1° que, sous la forme fibreuse, les matières minérales ne conduisent pas mieux la chaleur que sous une autre forme; mais que le plus souvent elles sont fibreuses par suite d'un allongement dans la direction où elles conduisent le mieux la chaleur; 2° que le retrait a une influence souvent nulle, quelquefois appréciable au moyen de courbes isothermiques, mais de sens inverse à celle de la schistosité; car, les courbes isothermiques produites par le retrait, sont allongées perpendiculairement aux fentes, ou surfaces de séparation auxquelles il donne lieu, tandis que sur la tranche des roches schisteuses, le grand axe des courbes est parallèle au plan de schistosité.

Il faut donc chercher une autre origine de la schistosité.

Cette origine, c'est la pression, comme l'ont démontré les expériences de MM. Sorby, Tyndall, en Angleterre, et de M. Daubrée, en France.

On sait que les argiles rendues schisteuses par pression se comportent vis-à-vis de la chaleur comme les schistes argileux (2).

(1) *Bul. Soc. Géol.*, 3<sup>e</sup> série, t. IV, p. 128.

(2) *Bul. Soc. Géol.*, 3<sup>e</sup> série, t. III, p. 504.

La pression qui a produit la schistosité a pu avoir elle-même pour causes premières : 1<sup>o</sup> le poids des masses superposées à la roche pressée; 2<sup>o</sup> les mouvements du sol. L'action du poids des masses supérieures qui écrasait les roches sous-jacentes est simple et facile à concevoir. Celle qui est due aux mouvements du sol est plus complexe. En certains points, les roches soumises à des mouvements ont été comprimées; sur d'autres points elles ont été tirillées. *Les fentes qui résultent de la traction et la fissilité que détermine la pression se trouvent avoir la même direction dans les roches en selle.* Car sur les flancs de la voûte il y a eu pression et développement d'une fissilité perpendiculaire à cette pression; au sommet de cette voûte il y a eu traction et division en sortes de voussoirs perpendiculaires à cette traction. Ceci ne peut être net que dans le cas où les selles ont un faible rayon de courbure. J'en ai cherché longtemps un exemple.

Mon collègue et ami, M. OEhlert, a bien voulu m'en faire connaître un des plus intéressants que fournit la rue du Préau-Sainte-Catherine, à Laval. Quand on regarde la rue d'Ernée, on observe à sa gauche une voûte formée par des schistes carbonifères, à sa droite des bancs qui plongent vers le Sud (fig. 9), la stratification en est

Fig. 9.

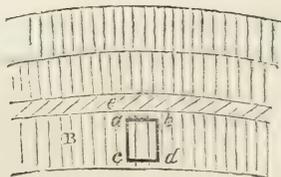


parallèle à ce plongement.

En A il y a eu pression; la roche est devenu schisteuse parallèlement à sa stratification.

En B, la roche est divisée en plaquettes verticales; forcée de se courber en arc, elle s'est divisée au sommet de la voûte en plaques minces. On observe en ce point plusieurs couches superposées presque horizontales; entre deux d'entre elles, on en voit une *e* très étroite dont les morceaux ont une direction oblique (fig. 10).

Fig. 10.



J'ai d'abord analysé chimiquement un fragment *abcd* de cette roche. Elle diffère peu à ce point de vue des schistes argileux du Culm dans le Harz; elle est composée de : silice 59,58; alumine 16,95; oxyde de fer 7,27; magnésie 2,8; chaux 2,43; potasse 1,6; soude 1,9; eau 5,46; acide carbonique 2,1. La densité en est de 2,67; elle est facilement fusible au chalumeau en globule presque transparent mais verdâtre. La couleur en varie du gris au jaune clair; elle est complètement décolorée par calcination. L'acide chlorhydrique en dissout 8 0/0. Elle est complètement attaquable par l'acide sulfurique concentré, bouillant. Elle n'a pas l'aspect schisteux; mais si on forme une courbe isothermique sur une section parallèle à *abcd*, par conséquent perpendiculaire à la schistosité générale des couches qu'on voit distinctement en B (fig. 9), on obtient une ellipse dont le grand axe est parallèle à *ac*, le petit l'étant par suite à *ab*. L'excentricité de cette courbe est assez considérable; elle atteint 1,58.

Au microscope, en lumière parallèle, les éléments essentiels apparaissent tous cristallins. Au grossissement de 600, quelques-uns allongés suivant la direction *ac* de la schistosité, sont des fibres fines, distantes d'au plus 1 millième de millimètre, qui s'éteignent parallèlement à leur longue dimension, et qui semblent se continuer d'une extrémité à l'autre de la plaque. Ces fibres n'entrent évidemment que pour une proportion assez faible, 1/10 au plus, dans la composition de la roche. Entre ces espèces de filaments sont dispersés sans aucun ordre les autres éléments, qui se ressemblent assez pour qu'on puisse les regarder comme appartenant à une même espèce minérale. Ce sont de petits cristaux, à contours quelquefois réguliers, offrant alors; mais rarement, ici une section hexagonale avec des angles de 120°, là un contour presque rectangulaire, plus souvent enchevêtrés les uns dans les autres, ou groupés en masses dont le contour n'a plus rien de rectiligne. Les hexagones s'éteignent suivant un de leurs côtés, les fibres plus ou moins rectilignes à des distances angulaires variables, tantôt à 10°, tantôt à 30°, ou même à 45° de leur plus longue dimension. Elles sont d'ailleurs elles-mêmes le plus souvent des groupements de fibrilles qui ne sont pas parallèles entre elles.

Je ne puis rapporter ces petits éléments cristallins au mica, lequel d'habitude repose par une de ses bases sur le plan de clivage des schistes dont il fait partie. La teneur en silice de la roche (environ 60 0/0) force aussi à chercher autre chose; car on ne distingue au microscope, en dehors des éléments indiqués plus haut, que de très petits cristaux de feldspath disséminés çà et là dans les lames minces, qu'elles soient parallèles ou perpendiculaires à la schistosité. Si on retranche de 4 à 5 0/0 de carbonates, la proportion de la

silice et de l'alumine s'élève un peu. On reconnaît précisément la composition chimique de la pyrophyllite. Cette matière est disposée en membranes verticales perpendiculaires aux bancs.

Pour la démonstration du sujet de ce mémoire, j'appellerai particulièrement l'attention sur ce fait, que les éléments tous cristallisés ont en majeure partie des directions quelconques. Ceux qui sont alignés suivant la schistosité sont probablement des fibres d'un mica magnésien; mais ils n'ont pas un rôle important.

En A (fig. 9 et 11), on rencontre une roche fort semblable à celle

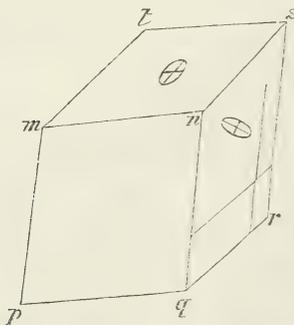
Fig. 11.



de B, divisée pour ainsi dire en tronçons par deux systèmes de fentes qui appartiennent aux *joint*s ou *diaclasses* de M. Daubrée.

Soit un de ces tronçons (fig. 12)  $mnpqrs$ . La face  $mnpq$ , parallèle

Fig. 12.



à un des systèmes de fentes, est située vis-à-vis de l'observateur. La face  $mts$  est parallèle à l'autre système; elle fait un angle de  $110^\circ$  à  $120^\circ$  avec la première; la face  $nsqr$ , presque verticale, est le plan de stratification et de schistosité générales: elle est à peu près perpendiculaire aux deux autres faces. Sur le plan  $mts$ , l'ellipse isothermique a un grand axe 1, 1, parallèle au plan de schis-



tosité; sur la face *nsqr*, on observe aussi une ellipse à excentricité très faible; le rapport des axes n'est que de 1,04; il paraît y avoir sur ce plan un longrain; le grand axe de la courbe est parallèle à la bissectrice de l'angle obtus.

Cette roche a une composition qui s'éloigne peu de celle du schiste précédent; elle renferme simplement 90/0 de silice en plus, et présente un certain faciès grenu qui la fait assez ressembler à un grès.

L'analyse m'a fourni les résultats suivants: Silice 69,7; alumine et oxyde de fer 17,25; potasse et soude 6,2; eau 4,5; acide carbonique et chaux environ 1. La densité en est de 2,6. Au microscope on y observe des éléments aciculaires ou fibreux jaunâtres, dont le plus grand nombre s'éteignent parallèlement à leur longueur dans la lumière polarisée; on y distingue aussi beaucoup de cristaux incolores, qui sont évidemment des cristaux de quartz où la lumière polarisée permet de reconnaître des sections quelquefois hexagonales. Les éléments de cette roche sont presque tous cristallisés; ils ne sont orientés ni sur une face, ni sur l'autre, Je donnerai prochainement une étude plus complète des éléments de ces roches au point de vue optique. Ce que j'en puis dire aujourd'hui, c'est que la roche recueillie en A fig. 9, diffère peu de celle qui provient du sommet B de la voûte. Elle contient quelques centièmes de silice en plus, en partie à l'état de sable quartzueux mélangé, et surtout une grande quantité de feldspath, ce qui lui donne un peu l'aspect du grès; elle contient un peu plus d'oxyde de fer à l'état de limonite; elle est presque aussi fusible. Mais, comme on vient de le voir, les courbes isothermes n'y atteignent dans aucune direction le même degré d'excentricité que sur la face perpendiculaire à la schistosité, parallèle en quelque sorte à la clé de voûte. C'est donc au sommet du plissement, là où l'effort a été le plus considérable, où la roche a dû subir une traction qui l'a divisée en plaquettes perpendiculaires au plan des couches, c'est en B, qu'on observe l'ellipse la plus allongée, et le petit axe est parallèle à la direction suivant laquelle les éléments ont été écartés l'un de l'autre. Tout cela est d'accord avec la théorie que j'ai exposée dans les mémoires déjà cités.

J'en résumerai ainsi les principes, tous déduits de l'observation ou de l'expérience :

- 1° Une traction écarte l'une de l'autre les particules constituantes d'une masse dans la direction de son effort.
- 2° Une pression produit au contraire un rapprochement suivant la direction où elle s'exerce, tant que la condensation ne dépasse pas la limite d'élasticité des matières soumises à son influence.

C'est ici que se place le retrait des roches. En général, son action

n'est pas considérable. Il a pour effet de condenser les éléments suivant la normale aux surfaces de cassure auxquelles il donne lieu. C'est aussi dans la direction de cette normale que les courbes isothermiques se montrent généralement allongées, et d'autant plus qu'on les produit plus près des fentes.

3° Des particules douées d'une mobilité relative, comme le sont celles qui forment les masses argileuses surtout lorsqu'elles sont amenées à un certain degré d'humidité, se disposent en couches parallèles et se tassent les unes contre les autres, lorsqu'elles sont soumises à des pressions un peu considérables. Les éléments, dont une dimension l'emporte de beaucoup sur les autres, s'orientent de telle sorte que leur plus grande longueur soit en général perpendiculaire à la pression. La masse est alors composée en quelque sorte de membranes que le choc ou le tranchant d'un couteau peuvent souvent séparer facilement les unes des autres. Les couches isothermiques dans ces masses devenues schisteuses sont en général des ellipses, et toujours en tout cas des courbes fermées, allongées parallèlement à la *schistosité*, qu'on peut appeler le *premier clivage*.

4° Un assez grand nombre de roches schisteuses possèdent une seconde direction plane de division facile, un second clivage dont la trace sur le plan de schistosité a reçu le nom de *longrain*. La courbe produite sur ce plan est aussi en général une ellipse, dont le grand axe est toujours parallèle au longrain. Ce second clivage, en général moins facile que la schistosité, pourrait être produit quelquefois par la réaction de la roche encaissante. Soit en effet une masse terreuse comprimée entre d'autres roches qui l'encaissent; celles-ci réagissent contre la pression que la masse refoulée exerce sur leurs parois; cette réaction équivaut à une pression latérale. De là une tendance à une sorte de schistosité perpendiculaire à celle qui est produite directement par la pression.

Mais, outre ce longrain, dont les courbes isothermiques révèlent la direction, sans qu'il soit d'ordinaire apparent, un grand nombre de roches présentent des cassures très visibles; elles sont comme divisées à l'infini en prismes rhomboïdaux; la base de ces prismes est formée par le plan de schistosité; les pans, par des plans parallèles à ces grands systèmes de fentes auxquelles M. Daubrée a donné le nom de *diaclasses* (1). Le longrain paraît être souvent la résultante de ces diaclasses. Dans ce cas, d'autres observateurs l'ont dit comme moi, en se plaçant à un autre point de vue, les roches seraient très

(1) Bull. Soc. géol. Daubrée, 3<sup>me</sup> série, T. 6, p. 550 : chaleur développée dans les roches. T. 7, p. 60 et 61; p. 108, application de la méthode expérimentale à l'étude des déformations et des cassures terrestres.

fréquemment comparables à d'immenses cristaux. J'ajouterai que l'analyse thermique y manifeste même une analogie singulière avec la structure des cristaux. J'ai montré dans mes premiers mémoires (1) comment l'ordre de facilité des clivages dans les cristaux est d'accord avec celui de la plus grande conductibilité; comment, pour retrouver la loi dans les cristaux où se croisent plusieurs clivages obliques, il faut chercher leur résultante.

Si dans les roches on doit regarder souvent le longrain comme la résultante des mouvements du sol, dont les actions se manifestent par ces joints ou diaclases, la conductibilité thermique est merveilleusement propre à découvrir la position de ce longrain. Il y a là un champ d'études que je n'ai fait qu'aborder, mais qui s'agrandit tous les jours.

M. de Boury fait la communication suivante :

*Les Tufs quaternaires de Seraincourt (Seine-et-Oise),*

Par M. de Boury.

L'année dernière (2), M. Charles Brongniart a entretenu la Société des tufs quaternaires découverts par lui à Bernouville près de Gisors. J'ai rencontré un tuf analogue à Seraincourt près de Meulan. Il est situé dans une vallée qui sépare Seraincourt du hameau de Rueil.

Deux excavations pratiquées sur le bord de la route m'ont permis de l'observer sur une épaisseur de 2<sup>m</sup> à 2<sup>m</sup>50. A la partie supérieure et sous la terre végétale, se trouvent, en certains points, des dépôts que l'on rencontre très développés dans la même vallée près de Seraincourt et dont je reparlerai tout à l'heure. Ici je n'ai observé dans cette couche que de nombreuses petites *Hélix* et le *Cyclostoma elegans*.

Au dessous vient un tuf marno-sableux, très tendre, renfermant en assez grande quantité des coquilles lacustres et quelques rares coquilles terrestres.

On peut citer entre autres :

*Hyalinia fulva*, Müller. R.

*Zua lubrica*, Leach.

*Vertigo pygmæa*, Draparnaud.

(1) Jannettaz, Ann. Ch. et Phys. Loc. cit.

(2) Séance du 21 juin 1880.