

les éclats ont lieu tous les centièmes de seconde, aucun des éclats ne sera intercepté, et la lampe brillera d'une lumière semblant fixe comme d'ordinaire.

Au contraire, s'il y a glissement, la durée d'un tour du moteur est supérieure à $1/100$ de seconde et, entre deux interruptions de courant produites par les secteurs, il s'écoule plus de $1/100$ de seconde. On voit alors la lampe passer par des alternances d'extinction et d'éclat, ou battements, qui sont d'autant plus rapprochés que le glissement est plus fort. Les courbes de la figure 2 donnent la représentation de ces phénomènes.

Dans le cas du synchronisme, nous avons un éclat plus ou moins brillant, mais uniforme; la courbe correspondante est une droite horizontale. Pour des glissements de 5 % et de 10 %, nous avons des éclats variables, représentés par deux courbes sinusoïdales, dont les maxima correspondent à des périodes d'éclairement, et les minima à des extinctions.

On voit que, dans le cas d'un glissement de 5 %, la distance comprise entre deux éclats maxima consécutifs est bien plus longue que pour un glissement de 2,5 %, la durée du battement augmente encore.

Description de l'Appareil — L'appareil, représenté par la figure 3, se compose de deux cônes divergents, A et B, dont l'un fait tourner l'autre par le moyen d'une courroie.

Le cône B tourne à la vitesse du moteur, une fois sa pointe mise en prise sur le bout d'arbre, avec les précautions propres à éviter tout glissement en ce point

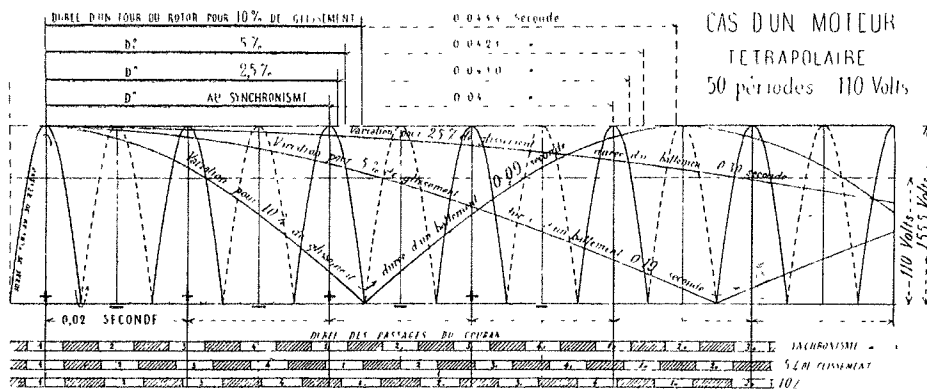


FIG. 2

On amène, en déplaçant la courroie à l'aide d'un guide, le cône A à tourner exactement à la vitesse du synchronisme. Pour le constater, on se sert d'une lampe ou d'un voltmètre connecté, comme nous l'avons vu, au synchronisme, la lampe, ou le voltmètre, ne doit plus présenter de battements. A chaque position de la courroie correspond naturellement une valeur du glissement; et on peut lire cette valeur sur une échelle graduée que parcourt un index solidaire du guide de la courroie.

Comme on peut objecter une erreur causée par le glissement même de la courroie, nous avons, après coup, ajouté à l'appareil un dispositif capable d'indiquer exactement la différence des vitesses de rotation des deux cônes.

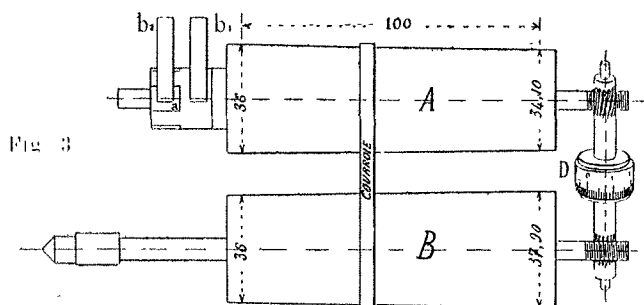


FIG. 3

Le dispositif consiste en un petit train différentiel D, actionné de chaque côté par une vis sans fin, et ces deux vis sans fin sont les arbres des deux cônes, filetés à leurs extrémités.

La couronne portant les satellites reste fixe si les deux cônes tournent à la même vitesse; en cas contraire, elle tourne et, de sa vitesse, facile à chronométrer, on déduit immédiatement la différence des vitesses angulaires des deux cônes.

Nous avons, par ce moyen, vérifié le zéro de l'échelle et touté la graduation; nous nous sommes également rendu compte que le glissement de la courroie n'avait qu'une influence tout à fait négligeable sur l'exactitude des mesures.

Application. — Les mesures de glissement présentent une importance toute particulière pour la détermination du rendement des moteurs asynchrones.

La méthode la plus pratique pour ces essais, surtout s'ils sont exécutés sur des moteurs en service, est la méthode des perles séparées, dont la principale difficulté consiste très souvent dans la mesure du glissement. On conçoit l'intérêt que peut offrir, dans ces conditions, un appareil d'un emploi commode, permettant de faire des mesures exactes et précises en toute circonstance, sans qu'on ait même besoin de connaître la vitesse des moteurs, ni la fréquence des alternances du réseau.

LES PHÉNOMÈNES VOLCANIQUES

LEURS CAUSES. — LEURS EFFETS

(suite)

§ III — Etude des produits rejetés par les édifices volcaniques.

Il est intéressant maintenant de dire quelques mots des signes qui précèdent et accompagnent toujours une éruption, et de nommer les produits rejetés : cela aura le grand avantage de donner une idée des ravages occasionnés par ces terribles cataclysmes.

En général, une éruption s'annonce par des phénomènes précurseurs : des tremblements de terre se produisent; des bruits souterrains se font entendre; les sources tarissent; puis enfin une formidable explosion se produit, le sol s'ouvre avec fracas, et laisse échapper une colonne de fumée qui, à sa partie supérieure, s'étale souvent en un panache horizontal qui peut s'élever jusqu'à une hauteur de 13.000 mètres (Krakatoa, 1883). Les vapeurs entraînent avec elles des cendres qui donnent une couleur noire à la fumée. Ce torrent de vapeurs emporte avec lui des blocs attachés à la cheminée et au cratère, des morceaux de lave qui se solidifient dans leur course aérienne. Les plus fins de ces

débris seront emportés par le vent, les autres retomberont autour du cratère, sur les parois du volcan. Enfin, des crevasses situées sur le flanc de la montagne s'écoule la lave liquide et incandescente, tandis que le volcan va s'acheminer vers une période de calme, pendant laquelle cependant on pourra constater des dégagements abondants de gaz, soit par le cratère, soit à la surface même des laves en voie de refroidissement.

Les produits rejetés par les volcans peuvent être solides, liquides ou gazeux. Les produits solides ont des aspects très différents : ce sont les cendres, les scories, les lapillis, les bombes et les tufs.

Les cendres sont des poussières minérales dues à la pulvérisation de la lave en fines gouttelettes et qui, soumises dans l'air à un refroidissement rapide, se solidifient en donnant une masse grisâtre finement divisée. Elles peuvent être transportées fort loin; c'est ainsi que des cendres



FIG. 4
Bombe volcanique

parties d'Islande sont venues tomber à Stockholm après un parcours aérien de 1900 kilomètres.

Une exploration sous-marine révéla en outre ce fait intéressant, que presque partout, le fond des mers profondes est tapissé de débris volcaniques.

Les scories sont des masses irrégulières souvent déchaquetées et cavernueuses. Les lapillis sont des grains dont l'accumulation forme une sorte de sable. Les bombes (fig. 4) sont des morceaux de lave qui, animés d'un mouvement de rotation dans l'air au sortir du volcan, ont acquis une forme contournée,

La grosseur de ces bombes peut varier depuis la dimension du poing jusqu'à celle de plusieurs mètres cubes. Ainsi, lors de son avant-dernière éruption, en mai 1900, le Vésuve a lancé une bombe dont le volume approximatif était de 12 m³, et le poids de 300 quintaux. Ce bloc énorme mit à peu près 17 secondes à parcourir sa trajectoire, et tomba sur le sol avec une vitesse de 80 mètres à la seconde. La force vive des vapeurs qui l'ont projeté peut être évaluée à plus de 600.000 chevaux-vapeur !

Ces bombes sont la marque caractéristique du volcan ; à ce seul indice, alors que tout autre fait défaut, on peut reconnaître l'emplacement d'une éruption faite à une date reculée. C'est ainsi qu'en Auvergne, où elles sont si nombreuses dans la chaîne de tous ses cratères aujourd'hui éteints. Dans la plupart des éruptions, ces projections sont loin de constituer la majeure partie des masses rejetées hors de la montagne. Dans le cas de laves visqueuses et tenaces, par exemple, les fragments projetés, violemment étirés, prennent des formes irrégulières ; leur surface se couvre d'aspérités, et leur accumulation rend très pénible l'ascension des cônes volcaniques. C'est, en effet, par le nombre de ces débris que s'établissent, autour des orifices de sortie de la lave, ces édifices volcaniques qui deviennent le trait ordinaire et caractéristique des volcans à projections.

Ces cônes édités par l'accumulation progressive de matériaux divers rejetés du sein de la terre, conservent leur forme régulière longtemps après que tout travail d'éruption a cessé dans la cheminée. On a pu constater alors qu'ils présentaient dans leur intérieur une sorte de stratification grossière, dont les diverses couches, composées d'éléments fragmentaires enchevêtrés, sont assez variées suivant les phases des éruptions qui ont présidé à leur formation.

Le cône de débris qui, en 1538, s'éleva sur la côte de Pouzoles dans le court espace de deux jours et de deux nuits, et qui porte aujourd'hui le nom de *Monte-Nuovo* (Montagne nouvelle), est un des exemples les plus caractéristiques de cette formation rapide d'un cône élevé par l'accumulation des bombes et débris de toutes sortes rejetés par les explosions. Il en a été de même pour le non moins célèbre volcan de Jorullo, au Mexique, qui prit naissance, en 1759, au milieu d'une vaste plaine couverte jusqu'alors de riches plantations.

Les tufs sont formés par l'action de la vapeur d'eau sur les cendres qui, en se mélangeant avec elles, donne une sorte de boue grisâtre se solidifiant avec le temps.

Quant aux produits liquides, ils sont uniquement constitués par la lave à haute température qui, sous l'influence de la poussée éruptive, s'échappe avec une vitesse pouvant atteindre 10 mètres à la seconde. Puis cette vitesse diminue, et finit par atteindre seulement un mètre par heure. Enfin, la lave s'arrête complètement solidifiée. Par leur composition, aussi bien que par leur aspect, les laves ressemblent aux scories de forge et aux laitiers de hauts-fourneaux. Une ressemblance de plus avec ces derniers, c'est que les laves peuvent être considérées comme l'écume du noyau interne dont les scories forment les zones supérieures.

Lorsqu'elles ne sont accompagnées que de faibles dégagements de gaz, le mouvement d'ascension des laves est lent ; elles atteignent dans le cratère un niveau plus ou moins élevé où elles se maintiennent à l'état de fusion ignée. C'est de la sorte que s'établissent ces volcans en activité continue, ces *lacs de feu*, dont le Stromboli est l'exemple le plus rapproché de nous. Ce volcan remarquable, dont nous aurons l'occasion de reparler plus, loin et qui fait partie des îles Lipari, dans la Méditerranée, possède un peu au-dessous de sa cime, qui se dresse à 1 000 mètres environ de hauteur, un large cratère où la lave n'a jamais cessé de bouillonner. Des observateurs ont pu, dans des circonstances exceptionnellement favorables, s'approcher de cet abîme et constater que sa lave dont l'éclat, même en plein jour, approche de celui du rouge blanc, est soumise à de lentes et périodiques oscillations ; ces dernières sont parfois assez fortes pour l'amener à se déverser par

dessus les bords du cratère, en donnant lieu à de petites coulées qui descendent jusqu'à la mer.

C'est là un mode d'activité volcanique tout à fait particulier, car il montre d'une manière précise l'existence d'une communication permanente entre le foyer central et l'atmosphère.

Le Mauna-Loa, dans l'île Hawaï, s'ouvre à une hauteur de 1 200 mètres au-dessus du niveau de la mer, en un énorme cratère mesurant 4 900 mètres de grand axe et 12 000 mètres de tour. On peut se faire une idée de la dimension de cet abîme effroyable en songeant qu'une grande ville comme New-York y tiendrait tout entière et qu'on l'apercevrait à peine, dans le fond, avec ses monuments et ses plus hautes tours. C'est là le plus considérable et le plus curieux des volcans actifs actuels. Pendant la nuit, la lave incandescente illumine toute l'étendue du cratère et, semblable à un immense foyer ardent, projette sur le ciel une lumière si vive qu'il paraît en feu.

Mais la lave n'est pas toujours aussi fluide et il existe un grand nombre de volcans dans lesquels elle est beaucoup plus tenace : elle se refroidit alors brusquement après son apparition et figure un entassement de blocs éboulés, l'accumulation des blocs donnant l'image d'une montagne de coke qui va s'écrouler. Les volcans construits de cette manière n'ont alors aucun des caractères des précédents : plus de cratère, rien qu'une seule masse à pentes rapides, formée uniquement de scories empilées en désordre les unes au-dessous des autres.

M. Fouqué qui, en 1866, a assisté à l'éruption du *Giorgios* et en a suivi toutes les phases, a donné le nom de *cumulo-volcans* aux édifices si particuliers établis par ces laves visqueuses. Peu d'éruptions ont été étudiées avec autant de soin ; les débuts surtout ont été suivis avec la plus grande attention. Il n'est donc pas inutile que nous nous y arrêtions un instant.

Le groupe des îles Santorin, situé dans l'archipel grec, est formé de deux îles de dimensions différentes, *Théra* et *Thérassia*, et d'un îlot *Aspronisi*, groupés circulairement autour d'une vaste baie. Trois autres îlots, les *Kaménis*, complètent cet ensemble. Au commencement du mois de février 1866, après des phénomènes précurseurs, on vit apparaître, au-dessus des eaux, un récif allongé, dont les dimensions croissaient à vue d'œil ; il était formé de blocs de lave noirs, qui s'élevaient les uns au-dessus des autres, entraînant avec eux des débris du fond de la mer, en particulier des coquillages brisés, des parties de navires submergés depuis longtemps. L'accroissement de l'îlot se fit d'une façon si paisible que M. Fouqué l'a comparé au mode de formation d'une bulle de savon. Il s'opérait de dedans en dehors, comme un mouvement d'expansion ; on ne remarquait point de traces de feu ni de flammes, mais de toute la surface s'élevait une épaisse vapeur blanche qui n'était pas suffocante, alors même qu'elle était respirée de près.

C'est seulement après une longue période d'activité qu'un cratère s'établit au sommet et que les laves apparurent, formant de grandes coulées qui se déversèrent dans le Sud. A partir de

ce moment, le *Giorgios* entra dans une phase d'activité nouvelle et perdit son apparence rocheuse ; l'îlot (surélevé prit alors la forme conique qui apparaît généralement d'une façon caractéristique chez tous les volcans à projections.

La température des laves varie dans d'assez grandes limites, mais, au moment de leur sortie du cratère, celles-ci sont toujours brûlantes. Il est assez difficile d'observer comment elles se comportent dans l'appareil éruptif même, pendant les paroxysmes volcaniques, puisque la chute des blocs et des cendres chaudes,

ainsi que la violence des dégagements gazeux qui s'échappent de

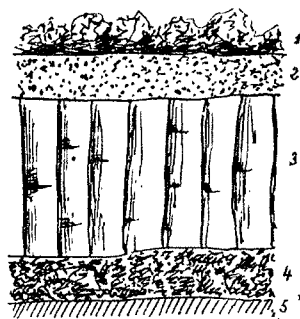


FIG 5

Coupe théorique d'une coulée de lave.

1. — Scorie formée au contact de l'air.
2. — Lave compacte.
3. — Lave prismatique (basaltes)
4. — Lave compacte et scories.
5. — Sol d'épanchement de la lave.

toutes les fissures du sol rendent impossible, dans la plupart des cas, l'accès du cratère et même de celui du cône terminal. Cependant, dans certains volcans, tels que le lac de feu de Kilauea, des observateurs ont pu s'approcher de la lave incandescente et constater que sa température oscillait entre 1000° et 2000°. En plongeant un fil de fer dans la lave, ce fil de fer entre en fusion. Mais, dès que la masse lavique s'épanche, sa température baisse rapidement à la surface : il se forme d'abord (fig. 5) une couche de scories toute bouleversée ; sous cette voûte, qui constitue comme un écran contre le rayonnement à l'extérieur, la lave peut rester longtemps liquide, et elle s'écoule alors comme un ruisseau, en laissant, à l'intérieur de cette gaine solide de scories, un vide qui peut former un véritable tunnel, comme cela a lieu aux Açores.

En se solidifiant lentement, la lave subit un retrait qui la partage en colonnes prismatiques ou *basaltes* d'une remarquable régularité, et pouvant atteindre jusqu'à 40 mètres de hauteur (orgues d'Espaly, près le Puy). Il se passe là un phénomène comparable à celui qu'on observe quand on fait sécher de l'empois d'amidon : celui-ci se divise en petits bâtonnets assez régulièrement prismatiques.

Dans ces conditions, la lave prend une structure compacte. Cette division prismatique est surtout très fréquente dans les roches volcaniques anciennes, dans les basaltes. Tantôt ces

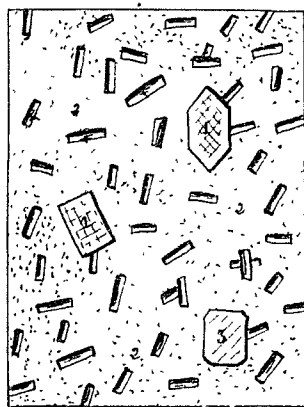


FIG. 6.
Lave vue au microscope
1. — Cristal d'augite
2. — Microlithes.
3. — Feldspath
4. — Pâte vitreuse

prismes perchés sur les hauts sommets, simulent, jusqu'à l'illusion complète, les ruines de quelque vieil édifice ; tantôt on croirait voir des orgues gigantesques suspendues aux flancs de la vallée. La légende, personnifiant les forces de la nature, s'est plu à rapporter à des êtres fabuleux ces monuments naturels d'une si curieuse architecture. C'est ainsi que les colonnades de basalte sont souvent désignées sous le nom de *chaussées des géants*.

Cette division prismatique s'observe encore bien dans les *filons* de lave, c'est-à-dire dans les points où la lave s'est, en quelque sorte, injectée au travers des fissures du sol. Dans ces

filons, les prismes sont alors couchés horizontalement, et les axes des colonnes sont perpendiculaires aux parois de la fente, c'est-à-dire aux surfaces de refroidissement. Ainsi composés de roches dures et très résistantes, ces filons de lave restent en saillie, à la manière d'un mur qui avance sur une étendue plus ou moins considérable ; d'où l'expression de *dj-ke* qui nous vient d'Angleterre et qui exprime bien, en effet, l'idée d'un mur en saillie.

Lorsque la lave est très fluide, et que le vent vient à la soulever avant sa solidification, elle s'éparpille dans l'air en fils d'une finesse extrême appelés souvent *cheveux de Pélé*. Les cavités que contient ordinairement la lave sont dues aux bulles de gaz qui y étaient emprisonnées au moment de sa solidification ; elles ont donc une origine semblable à celle des yeux du pain. En étudiant un fragment de lave au microscope (fig. 6), on y voit au milieu d'une sorte de pâte, des cristaux d'une infinie délicatesse, *microlithes* (étymologie : petite pierre) et présentant les caractères optiques des minéraux de même espèce mais de dimensions plus considérables. Outre ces microlithes, on observe souvent aussi dans les laves de grands cristaux visibles à l'œil nu ; ces derniers se sont formés dans la masse en fusion, alors qu'elle était encore renfermée dans les réservoirs souterrains. La présence de zones concentriques dans ces cristaux est une preuve de leur accroissement lent. En somme, les grands cristaux se forment dans les profondeurs du sol, où ils ont tout le temps de grossir ; les microlithes, au contraire, se forment

brusquement au moment de l'éruption et sont contemporains de la solidification de la lave.

Si le refroidissement de cette dernière s'effectue brusquement, le second temps de la cristallisation ne se produit pas et la pâte reste amorphe : c'est le cas de la pierre *ponce* et de l'*obsidienne* qui ne montrent pas de cristaux même au microscope. Au contraire, si le refroidissement est moins rapide, les microlithes se forment et, s'il est très lent, de grands cristaux peuvent se développer dans la masse.

Les produits gazeux qui s'échappent des volcans sont généralement désignés sous le nom de *fumerolles*. La différence de leur composition varie avec la nature du volcan et le moment où elles sont rejetées au dehors par celui-ci. Tout dépend de la température qui peut également dissocier certains composés ou faciliter certaines réactions chimiques. Il convient d'ajouter à ces produits : le fer oligiste, l'acide borique, le réalgar, l'orpiment.

La composition des fumerolles a une très grande importance dans l'étude des phénomènes volcaniques et de leur travail de destruction et de ruine. Par leur composition, et par les gaz toxiques qu'elles renferment, elles ont été, dans bien des cas, comme l'unique cause des catastrophes volcaniques, et ce sont elles qui, particulièrement à la Martinique, en 1902, ont causé en grande partie la catastrophe de Saint-Pierre et la mort de ses habitants (1). En effet, l'analyse d'un échantillon de gaz de fumerolles du mont Pelé, rapporté par M. Lacroix et analysé par Moissan, a démontré qu'il renfermait de la vapeur d'eau, des traces de vapeur de soufre, une très petite quantité d'acide chlorhydrique, des gaz absorbables par la potasse sans acide sulfhydrique et formes surtout d'acide carbonique, d'oxygène, d'ozone, d'argon, et enfin de gaz combustibles ne contenant pas d'acétylène, mais riche en oxyde de carbone, en hydrogène et en méthane.

On est amené, par l'analyse, à trouver ainsi une teneur d'environ 15 % de formène et plus de 4 % d'oxyde de carbone. Dès lors on est frappé de la grande quantité de formène que contient le gaz de fumerolles du mont Pelé. Enfin, on est également surpris de la dose d'oxyde de carbone qui se rencontre dans tous les échantillons de ce gaz. Et cela est un fait important : cette teneur élevée en oxyde de carbone, gaz éminemment torique, permet de comprendre la mort rapide des malheureux habitants de Saint-Pierre.

En effet, M. Lacroix a fait remarquer que « des bouffées de gaz et de vapeurs s'échappaient du cône sans interruption, soit verticalement, soit horizontalement ». Dans ce dernier cas, on voit de suite quels brusques ravages peuvent produire de semblables nuages gazeux renfermant de 2 à 4 % d'oxyde de carbone. Et il ajoute : « La position d'un très grand nombre de malheureux tués sur place au contact du nuage de gaz qui couvrait la ville semble indiquer qu'ils ont été surpris par une mort foudroyante, car les symptômes d'aphyxie étaient manifestes ». Ces renseignements sont précis : la grande quantité d'oxyde de carbone trouvée dans ces gaz rend compte très facilement de ces tragiques phénomènes ; les malheureux habitants qui n'ont pas été brûlés ont été asphyxiés. Il est dès lors facile de comprendre la soudaineté du cataclysme.

Ces émanations gazeuses qui sont, en général, le signe d'une activité volcanique à son déclin, prennent un autre caractère dans certaines régions ; quelquefois les vapeurs d'hydrogène sulfuré persistent seules et quelquefois ce sont les dégagements d'acide carbonique. Nous allons donc en dire rapidement quelques mots.

Les *solfatares* (d'un mot italien qui signifie *souffrière*) sont des sortes de volcans qui, outre une grande quantité d'hydrogène sulfuré, contiennent principalement de la vapeur d'eau et de l'acide sulfureux dont la présence se révèle de fort loin. En arrivant au contact de l'air humide, l'acide sulfhydrique se décompose en laissant sur les bords du cratère ou à travers les fissures d'importants dépôts de soufre que l'on exploite

(1) A. LACROIX, *Le Mont Pelé et ses éruptions*. Paris, Masson édit., 1904.

activement. Les produits sulfureux s'oxydent également à l'air et donnent l'acide sulfurique qui attaque les roches situées à proximité en donnant naissance à des sulfates tels que le gypse et l'alun.

Parmi les solfatares d'Europe, les plus importantes sont celles de Pouzzoles, près de Naples; elles sont aussi très abondantes au Chili, à Java, au Mexique.

À côté des solfatares on peut placer les *soufflards* ou *suffioni*. Ce sont des jets de vapeur d'eau et de gaz dont la température peut atteindre 120°. Ils sont très connus en Toscane, où l'eau laisse déposer de l'acide borique que l'on extrait industriellement.

Lorsque le volcan est éteint, il peut encore fournir quelquefois des dégagements d'acide carbonique, appelés *mofettes*. Ces émanations durent souvent très longtemps; c'est ainsi qu'en Auvergne, des volcans éteints dans la période préhistorique, c'est-à-dire depuis des milliers d'années, continuent à exhaler ce gaz. À Châtelguyon, il est si abondant que l'on ne peut séjourner dans les caves sans danger. Tout le monde connaît la célèbre *Grotte du Chien*, située à Pouzzoles, dans laquelle vient se rassembler le gaz carbonique qui filtre à travers les fissures du terrain. Ce gaz, étant plus lourd que l'air, forme sur le sol une couche assez épaisse pour qu'un animal de petite taille comme un chien y soit asphyxié, tandis que l'homme, ayant la tête au-dessus, ne court aucun danger.

Tels sont, brièvement indiqués, les traits principaux qui caractérisent le volcan. Nous voudrions dire encore quelques mots de la synthèse des roches volcaniques qui, dans ces dernières années, a fait de grands progrès, et qui permet d'étudier plus en détail, l'allure interne des volcans.

L'analyse chimique, en effet, grâce à ses méthodes perfectionnées, peut nous renseigner, nous le savons, sur la composition des roches. Il était donc logique que la science géologique, après avoir décomposé les roches pour en connaître la structure élémentaire et la nature chimique cherchât, à les reproduire artificiellement, c'est-à-dire à faire leur synthèse. Cette étude délicate a été entreprise par des savants assez nombreux. C'est Buffon, tout d'abord, qui démontre que le granite est fusible, puis, Spallanzani qui exécute une série d'expériences concluantes sur la fusion des laves. Enfin, en 1866, Daubrée, le grand géologue expérimental, reproduit certaines pierres météoriques en fondant une roche terrestre, la lherzolite dont la composition est voisine de celles des roches cosmiques qu'il étudiait. Mais il était surtout réservé à MM. Fouqué et Michel Lévy de mener à bien toutes ces recherches. Ils imaginèrent un appareil consistant en une sorte de fourneau qui leur permettait d'obtenir tous les degrés intermédiaires entre le rouge sombre et le blanc éblouissant, et de maintenir constante cette température pendant un temps illimité.

Voici maintenant comment on opère: on dispose dans le fourneau un creuset en platine contenant le mélange des matières minérales (silice, alumine, chaux, etc.) répondant à la composition chimique de la roche à obtenir. Ainsi, en prenant comme exemple la reproduction d'une lave du Vésuve, la *leucotéphrite*, composée de leucite, de labrador et d'augite, on agit de la façon suivante: on fait un mélange de silice, d'alumine, de chaux, d'oxyde de fer, de potasse et de soude, ce qui correspond à une partie d'augite pour quatre de labrador et huit de leucite. Dès que la fusion est obtenue, on abaisse la température et on la maintient pendant 48 heures à la température de l'acier fondu. Pendant cette première phase, les cristaux de leucite se forment: c'est le premier temps de consolidation de la roche. Puis, on maintient encore pendant 48 heures la matière à la température de fusion du cuivre: toute la masse se transforme alors en microlithes de labrador et d'augite.

Toutes les roches éruptives connues, basaltes, andésites, labradorites ont été ainsi reproduites. Le volcan et le laboratoire du savant agissent donc de la même façon, mais avec une allure toute différente; le volcan est donc bien, comme on l'a dit parfois, un grand laboratoire naturel où les expériences s'effectuent d'elles-mêmes et s'offrent spontanément à l'observation.

(A suivre).

Jean ESCARD.

LE MOIS HYDRO-ÉLECTRIQUE

ACADÉMIE DES SCIENCES

GÉOLOGIE ET HYDROLOGIE

Régime des fleuves. — Note de M. BOUQUET DE LA GRÈVE.
Séance du 15 mars 1909.

On lit, dans les *Traité*s d'Hydraulique, que dans un cours d'eau les filets liquides sollicités par la pesanteur vont en ligne droite du point le plus haut au point le plus bas, et que le trajet s'effectue en un temps fonction de la pente.

Le fait n'est pas vérifié dans la pratique; un fleuve livré à lui-même se trace un lit sinueux, et ses sinuosités sont d'autant plus grandes que la pente est plus faible. Ce lit lui-même se divise en parties profondes que les ingénieurs appellent *mouilles* et en maigres. Les premières sont situées le long des rives concaves et les filets liquides ont là une vitesse minimum; les maigres sont intercalées entre les mouilles lors du passage du courant d'une rive à l'autre, la vitesse y est plus grande.

J'ai indiqué autrefois, dans une Note insérée aux *Comptes rendus* (1) et comme résultat d'expériences faites sur les tourbillons artificiels, que dans les courbes concaves les tourbillons engendrés par cette courbure soulèvent les grains de sable et de gravier du fond de la rivière et les font dériver en aval du côté convexe. La création des mouilles et des maigres est ainsi expliquée, mais non celle générale des sinuosités et de leur aggrandissement lorsque la pente diminue.

Un autre principe venait donc modifier l'action de la pesanteur, et je croyais être le premier à avoir pensé à celui de la moindre action, les filets liquides ayant une tendance à aller du côté où le frottement est minimum, c'est-à-dire où la profondeur est plus grande, ce qui est corrélatif de la longueur du cours d'eau.

Or j'ai trouvé, dans la préface d'un Volume publié récemment par M. l'Inspecteur général des Ponts et Chaussées Fargue, pareille intuition nettement formulée:

« Des rives, dit-il, présentant une série d'ondulations analogues constitueraient le lit théorique correspondant au minimum de frottements et de perte de force vive et, par conséquent, le plus favorable à la navigation ».

Son Livre, qui contient une étude très complète et très savante du cours de la Garonne, ouvre au point de vue de la moindre action des aperçus qu'il me sera permis d'indiquer. Le tracé sinusoidal dont il montre pratiquement l'existence est le tracé normal, parce que à un même débit pour une longueur croissante du fleuve correspond une augmentation de profondeur qui intéresse beaucoup plus la navigation qu'une diminution de parcours, en raison du faible prix actuel du transport d'une tonne de marchandise. Il y a d'ailleurs une distinction à faire entre les fleuves à entraînement de sable et de vase comme la Garonne et ceux dont les eaux sont claires. Pour ces derniers, les sinuosités diminuant les vitesses des eaux n'ont aucun inconvénient, ne provoquent pas de dépôts; on peut les exagérer. Pour les autres, il en est autrement; le fleuve doit se nettoyer lui-même et il a sa vie propre qui doit être étudiée soigneusement en vue de son amélioration.

En restant dans les généralités, disons que pour cela diverses règles s'imposent, elles pourraient être des têtes de chapitre.

1° Les améliorations seront poursuivies d'amont en aval, en prenant soin non de brusquer les courants, mais de se borner à les diriger.

2° Dans les rivières à entraînements et à débits variables, les courbures de la sinusoïde, indiquées par des digues, correspondront aux débits des petites crues. C'est à ce moment que le tracé s'affirme; au-dessus il disparaît et au-dessous de cette limite la vitesse des eaux n'est plus assez grande pour modifier le thalweg, qui persiste aux basses eaux.

Les digues courbes doivent être prolongées d'une certaine longueur droite pour épuiser par frottement la surélévation produite par la force centrifuge.

Aux embouchures des fleuves sujets à la marée, les rayons de courbure seront appropriés aux masses d'eau des petites marées de syzygies.

3° Il ne doit y avoir de digues que sur le côté concave des courbures. Le fleuve trace lui-même ses limites en rongant plus ou moins le côté convexe. Il doit avoir pour cela une certaine liberté. On sait par expérience le danger de la rupture des digues parallèles en cas d'inondation.

4° Pour augmenter la profondeur du fleuve, lors du passage d'une rive à l'autre, on fait usage d'épis qui en diminuant la largeur.

5° À l'embouchure des fleuves à marées le flot et le jusant suivent des routes différentes, traçant une espèce de 8; en amont les eaux épousent les mêmes sillons.

(1) 23 octobre 1876