

JOURNAL
DE
MATHÉMATIQUES

PURES ET APPLIQUÉES

FONDÉ EN 1836 ET PUBLIÉ JUSQU'EN 1874

PAR JOSEPH LIOUVILLE

ANATOLE DE CALIGNY

**Note sur l'application de la théorie du mouvement varié des liquides
imparfaits à l'étude des tremblements de terre**

Journal de mathématiques pures et appliquées 2^e série, tome 13 (1868), p. 372-376.

http://www.numdam.org/item?id=JMPA_1868_2_13_372_0

 gallica

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Gallica de la Bibliothèque nationale de France
<http://gallica.bnf.fr/>

et catalogué par Mathdoc
dans le cadre du pôle associé BnF/Mathdoc
<http://www.numdam.org/journals/JMPA>

Note sur l'application de la théorie du mouvement varié des liquides imparfaits à l'étude des tremblements de terre;

PAR M. ANATOLE DE CALIGNY.

Il ne paraît pas qu'on se soit jamais occupé des phénomènes de coups de bélier hydraulique qui peuvent se présenter dans les matières en fusion, telles que les laves ou les matières souterraines quelconques que l'on suppose exister à l'état liquide sous la croûte solide dont le globe de la Terre est entouré. Les phénomènes de cette espèce de mer souterraine ne peuvent pas être cependant de la même nature, à beaucoup près, que ceux des mouvements des mers à ciel ouvert, qui peuvent s'étendre en montant sur les plages, quand même ces matières souterraines auraient autant de fluidité que nos mers.

Supposons que, par une cause quelconque, par exemple soit à la suite de l'affaissement ou de l'effondrement d'une caverne, soit à la suite d'un soulèvement, le liquide souterrain trouve une place pour s'y précipiter, l'effet pourra être d'abord analogue à celui du coup de bélier des vagues au-dessous d'un rocher. Mais, abstraction faite de ce qu'on peut concevoir d'analogue au premier aperçu, il est intéressant d'étudier le mode de propagation du mouvement que suit cette première colonne liquide.

Si l'on peut comparer ce mouvement à celui d'une grande colonne d'eau dont une extrémité déboucherait dans un réservoir, l'autre extrémité étant fermée par un robinet qu'on ouvrirait subitement, le cas n'est pas du tout le même, surtout si l'on tient compte de la nouvelle théorie de la chaleur.

Il résulte, en effet, des expériences décrites dans mon Mémoire présenté à l'Académie des Sciences en 1837, et couronné par cette Aca-

démie en 1839, qu'à l'instant où l'on débouche subitement un long tuyau de conduite, la pression du réservoir dont il s'agit étant employée à engendrer du mouvement dans toute la colonne liquide, un jet d'eau sortant par un petit orifice près du robinet cesse complètement, et la vitesse engendrée est d'abord très-faible dans toute cette colonne.

L'effet n'est pas le même quand on débouche subitement un tuyau rempli d'air comprimé, comme on le voit par l'explosion qui chasse avec rapidité des poussières attachées aux parois intérieures de ce tube. On conçoit que chaque tranche d'air comprimé renferme en elle-même une cause de détente rapide, tandis que la colonne liquide précitée recevait, par une de ses extrémités, l'action d'une force bien distincte d'elle-même, c'est-à-dire que l'eau est si peu compressible, que le travail provenant de la détente de cette eau comprimée était insignifiant.

N'y a-t-il pas lieu de croire que les matières en fusion, telles que les laves, qui d'ailleurs sont rejetées avec tant de force par les volcans, peuvent être considérées comme ayant en elles-mêmes, ou par suite des pressions énormes auxquelles elles sont soumises de toutes parts, une force d'expansion rapprochant bien plutôt le phénomène de celui de l'explosion de l'air comprimé dont je viens de parler que de celui de la colonne liquide subitement débouchée par le robinet précité, surtout si l'on tient compte de l'état de vibration admise par la nouvelle théorie de la chaleur ?

Si l'on peut admettre, d'après ces considérations, une certaine facilité de propagation du mouvement des matières souterraines en fusion, il est intéressant d'examiner ce qui peut s'y présenter d'analogie aux mouvements des liquides connus, en tenant compte de ce que la partie inférieure de la croûte terrestre n'est pas supposée, je crois, en général du moins, par beaucoup de géologues, plus horizontale que la partie supérieure, sauf les vallées creusées par le mouvement des eaux.

C'est bien plutôt à ce qui se présenterait au fond d'une mer d'une très-grande profondeur, si le mouvement pouvait s'y propager avec une assez grande force, qu'à ce qui se présente à la surface, que les phénomènes doivent être comparés. Le cas, au reste, ne serait pas, à

beaucoup près, rigoureusement analogue, en supposant même que tout fût égal d'ailleurs quant à la fluidité, la croûte terrestre étant assez épaisse pour résister plus complètement aux coups de bélier. Mais on conçoit par là même que ces coups doivent avoir une puissance dont celle des flots ne peut sans doute donner qu'une idée très-imparfaite.

Si l'on suppose que les continents et les îles aient été formés par voie de soulèvement, que par conséquent le dessous de la partie qui supporte les mers soit moins élevé que le dessous de la partie qui supporte les continents, et qu'il y ait, par une cause quelconque, un mouvement du liquide intérieur dirigé vers les régions qui supportent les mers, ce liquide, aux points de jonction de ces deux surfaces, rencontrera une véritable plage inclinée. Mais il est bien à remarquer qu'en frappant cette plage latéralement par-dessous, son mouvement, tout en se décomposant et tendant à se diriger de haut en bas, n'aura pas la liberté que rencontrent les flots sur une plage inclinée, parce qu'ils trouveront devant eux un espace rempli de liquide, quand même le degré de fluidité serait le même dans les deux cas.

Il semble donc qu'il peut y avoir plus de chances, toutes choses égales d'ailleurs quant au climat, etc., pour qu'il se présente des tremblements de terre à ces points de jonction entre les mers et les continents ou les îles, qu'à tout autre endroit. Il paraît, en effet, que c'est dans les contrées maritimes que les tremblements de terre ont, dès le temps d'Homère, été le plus souvent remarqués.

Mais, si les considérations précédentes sont rationnelles, il semble que ce n'est pas précisément à *Neptune* qu'Homère aurait dû les attribuer, s'ils résultent plutôt de la réaction de la partie de la croûte terrestre qui supporte les mers et reçoit d'abord les chocs directs, et si ces derniers ne se font souvent sentir aux terres que par réaction.

Je reviendrai sur ce sujet quand je connaîtrai le résultat des expériences dont le P. Secchi me fait l'honneur de s'occuper, d'après mes indications, sur les frottements de l'eau soumise à des pressions énormes, les conditions précédentes s'appliquant d'ailleurs, jusqu'à un certain point, à des liquides imparfaits.

J'ajouterai seulement ici que si le mouvement des matières en fusion, au lieu de frapper immédiatement une surface inclinée, rencontre

d'abord un renflement sous une surface soulevée, ce renflement étant même supposé déjà rempli de liquide, il pourra se présenter des tourbillons par suite desquels l'état de la question pourra être modifié de tant de manières, qu'on ne doit sans doute présenter qu'avec une extrême réserve des hypothèses sur des mouvements susceptibles d'être accompagnés aussi de tourbillons qui se présenteraient si, contrairement à l'hypothèse ci-dessus indiquée, la direction des mouvements partait de la portion inférieure de la croûte terrestre qui supporte les mers.

Mais abstraction faite même de toute considération particulière de ce genre, il était d'autant plus intéressant de faire entrevoir la variété des applications qui peuvent être faites du principe des forces vives à la théorie des tremblements de terre, qu'il en résulte d'ailleurs immédiatement qu'aucune limite ne pouvant être assignée à la puissance des *coups de bélier souterrains*, cela seul suffirait pour répondre à des objections sur la force nécessaire pour soulever les matières en fusion des volcans, si leur *cheminée* a toute l'épaisseur de la croûte terrestre.

Depuis que j'ai présenté ces idées à l'Académie des Sciences, en 1866, pendant que j'étais à la campagne, j'ai repris l'étude de cette question, en tenant compte des diverses hypothèses faites sur la nature de la fluidité des matières souterraines supposées en fusion, d'autant plus qu'il paraît résulter de la coïncidence de divers tremblements de terre avec certaines époques de l'année que, dans tous les cas, on doit admettre des espèces de *marées souterraines* [*].

Je crois, après y avoir de nouveau réfléchi, qu'en supposant même ces matières plutôt à l'état pâteux qu'à l'état liquide, en un mot, quelque imparfaits que soient ces liquides, les hypothèses que j'ai proposées sur ce sujet n'en pourront pas moins trouver d'utiles applications quand on aura suffisamment multiplié les observations sur les tremblements de terre.

A ce sujet, il n'est peut-être pas sans intérêt de montrer comment on

[*] Aux faits de ce genre rappelés dernièrement par M. Élie de Beaumont, je pourrais joindre ceux dont je dois la connaissance à mes confrères de l'Académie des Geogofili de Florence, et notamment au savant Secrétaire perpétuel de cette Académie.

peut, dans bien des circonstances, donner une certaine rigueur aux résultats, en faisant des observations qui s'y rapportent *longtemps après la cessation du phénomène*. Ainsi, dans un château où je me trouvais à l'époque d'un tremblement de terre, en 1866, on n'entendit pas toutes les sonnettes s'agiter par suite de la commotion : on entendit seulement celles dont les ressorts étaient disposés dans une direction où elles pouvaient être facilement agitées, à cause de la direction générale du mouvement du tremblement de terre.

Or on conçoit, d'après ce qui a été dit ci-dessus, que si l'on pouvait, par des moyens semblables, donner plus de sûreté aux observations, il ne serait peut-être pas impossible d'en tirer quelques conséquences sur la forme intérieure de la croûte terrestre, même dans des contrées où la surface extérieure a été très-modifiée par les mouvements des eaux.

