



TECHNICAL UNIVERSITY OF CLUJ-NAPOCA

ACTA TECHNICA NAPOCENSIS

Series: Applied Mathematics and Mechanics

53, Vol. I, 2010

TREMBLEMENTS DE TERRE : INCIDENCES DU MAGNETISME TERRESTRE ET DES COURANTS DE FOUCAULT AU COURS DES PHASES PREPARATOIRES ET DES REPLIQUES SISMIQUES

Michel CONTE, Ileana ROȘCA

Résumé:

Le champ magnétique, contrairement au champ électrique, a une valeur non nulle à l'intérieur d'un conducteur : la Terre par exemple. Donc, le magnétisme terrestre est à même de générer, suivant conditions, des courants de Foucault dans toutes particules conductrices de la croûte terrestre. Il suffit que ces particules se déplacent ou changent de forme ce qui modifie alors le flux magnétique qui les traversent (surtout un peu avant un séisme, par les mécaniques des contacts et de rupture dans et autour des failles). Ces courants de Foucault ainsi créés vont de part la physique des conducteurs migrer naturellement vers la surface du conducteur - Terre et constituer, à leurs manières, des signaux susceptibles de jouer le rôle de précurseurs sismiques.

Mots clés: Séismes, Courants de Foucault, Précurseurs sismiques, Mécaniques des contacts et de la rupture, Electrofiltration.

1. INTRODUCTION

La croûte terrestre est d'après les géophysiciens composée de deux épaisseurs, l'une de 20 km environ immédiatement sous la surface de la Terre, elle est qualifiée de « cassante » tandis qu'en dessous de cette première épaisseur se situe la couche dite « ductile ». Les séismes qui naissent dans la couche cassante, à des profondeurs variables, sont précédés par une suite de multiples mouvements, relativement lents et de très faibles amplitudes, des plaques tectoniques et de leurs zones segmentées et individualisées par des lignes de failles ou de dislocations secondaires internes. Il paraît logique de penser que la croûte cassante, réputée rigide, est donc quelque peu mobile sur la croûte ductile et que des pressions de hauts niveaux se manifestent, dans certaines zones, de façon variable suivant les conjonctures

minérales et les phénomènes intrinsèques aux conditions physiques de l'intérieur de la Terre. Au cours du temps il y a donc une phase préliminaire au déclenchement relativement bref de ce que l'on appelle le séisme ou le tremblement de Terre lui-même, à partir de son hypocentre profond (foyer). Cet hypocentre est sûrement le lieu momentané de la concentration maximale des contraintes mécaniques entre les plaques d'une faille juste avant le déclenchement du glissement. Ce glissement, entre ces plaques au cours du séisme proprement dit, est alors relativement rapide ; ce qui initie une relaxation des contraintes au niveau de ce premier hypocentre. A la suite de ce séisme initial la localisation de nouvelles contraintes importantes peut migrer le long de la même faille ou encore se manifester sur des failles secondaires voisines qui à ce moment là sont confrontées à des maxima de pressions :

d'où déclenchements possibles d'autres séismes, rapprochés alors dans le temps, qui sont appelés des répliques au premier.

Si l'on ose faire une certaine analogie entre deux phénomènes naturels grandement dangereux : le tremblement de Terre et la foudre, on doit dire en premier lieu que l'un et l'autre ont des « terrains de jeu » qui se situent de part et d'autre de la surface terrestre. Il est néanmoins plus facile d'étudier le phénomène foudre et ses retours dans le ciel (entre autres [1]) que les séismes et ses répliques dans l'intérieur opaque de la Terre. Les informations observables majeures sur les séismes reviennent à la prise en compte de phénomènes conséquents qui se déduisent du phénomène initiatique, inobservable directement in situ, un peu comme si pour observer et étudier la foudre on en soit réduit, seulement, à ne pouvoir analyser quasiment que les effets vibrationnels du tonnerre. Il est assuré que la surface de la Terre représente une délimitation naturelle quant à certaines caractéristiques bien connues et comprises, entre autres, de la physique des champs électriques et magnétiques en général et de ceux qui sont terrestres, en particulier. La Terre étant constituée de différentes matières conductrices électriquement il s'avère que l'électrodynamique des milieux [2] nous apprend que le champ électrique terrestre est de valeur nulle à l'intérieur de la Terre et qu'il est radial, hors de la Terre, depuis sa valeur maximale sur la surface du conducteur – Terre pour décroître jusqu'à l'infini. Il en est autrement pour *le champ magnétique, en général et terrestre en particulier, qui lui a une valeur non nulle à l'intérieur d'un conducteur et donc de la Terre*. De plus son orientation est tangentielle à la surface de la « sphère » Terre : donc de direction normale au champ électrique dans l'espace environnemental de la Terre. Il s'avère que la Terre peut être assimilée à un conducteur non chargé (charge éventuelle totale nulle) mais qu'elle peut être polarisée électriquement et magnétisée : existence des champs électrique et magnétique terrestres. Par la théorie des entités EVTD² [3] – [6] qui postule l'existence, dans tout l'Univers, d'un champ électromagnétique primaire alternatif et de très grande fréquence il est alors logique d'en déduire que le corps astral Terre subirait

au moins, de fait, les influences de ce double champ mais de plus celles du champ électromagnétique irradié par son étoile : le Soleil lui-même.

2. HISTORIQUE DES PRECURSEURS POTENTIELS DE SEISMES : ELECTRIQUES ET MAGNETIQUES

De tout temps il y a eu une quête, sinon une recherche, relativement aux précurseurs des déclenchements de séismes qui soient les plus fiables. Les eaux des puits par leurs fluctuations de niveaux ou encore par leurs salinités évolutives, ainsi que de soi disant comportements prévisionnels d'animaux ont parfois suscité quelques espoirs d'établissement de critères convenables malgré leurs aspects aléatoires. Aucune étude sur les différents précurseurs envisagés ne fait actuellement l'unanimité en ce qui concerne une fiabilité majeure dans les pronostics avérés de séismes imminents ; il n'est toujours question que de certains indices dont les effets supposés parviennent jusqu'à la surface de la Terre pour y être étudiés. Néanmoins certaines observations, ou parfois mesures, suscitent quelques réflexions à travers les témoignages qui les mentionnent. Il s'agit ici plus précisément des effets électriques et magnétiques qui ont été constatés à proximité de certaines failles et de séismes reconnus. En 1989 un capteur magnétique disposé très près de la faille de San Andreas, par le spécialiste en champ magnétique Antony Fraser Smith, enregistre un curieux signal [7]. Ce dernier persiste plusieurs jours et d'un coup décuple son énergie. Trois heures plus tard, à 15 km de profondeur sous le capteur, naissait un grand séisme au sud de San Francisco. Les signaux magnétiques restèrent anormalement élevés pendant un mois pour décroître simultanément avec la fin de l'activité sismiques des répliques. Durant les cinq années suivantes d'observations plus aucune anomalie des signaux magnétiques ne fut constatée, ni séismes non plus; ce qui semble indiquer une certaine corrélation entre cette manifestation magnétique et les prémices de ce tremblement de Terre [7] et jusqu'à l'aboutissement de ses répliques.

Il est un témoignage, sans doute essentiel à de nombreux points de vue, qui est celui que rédigea, en note, le chef de la station télégraphique de Fort de France, en Martinique, le 21 septembre 1875 suite à une forte crise sismique les vendredi 17 et samedi 18 septembre. Cette note a été retrouvée par Pascal Bernard [7] aux archives de l'Institut de France après qu'elle ait fait l'objet, fin 1875, d'une communication à l'Académie des Sciences de Paris. Il est particulièrement intéressant de la rappeler in extenso : « Vendredi, 10h25. L'aiguille du galvanomètre était affolée et se trouvait attirée, avec une telle persistance, vers le pôle de la terre que je croyais à quelque dérangement dans mes appareils. Tremblement de terre à 10h53 ; 11h07, l'aiguille reprend sa position normale. 12h17, nouvelle déviation de l'aiguille mais moins forte, 3h15, tremblement de terre. L'attraction vers le pôle de la terre continue et l'aiguille parcourt toute l'étendue du cercle, 6h, tremblement de terre. Il est remarquable que tous les fils conducteurs et toutes les vis qui se trouvent en communication avec le pôle de la terre se trouvaient littéralement électrisés ; les autres parties des appareils n'ont point subi cette étrange influence. Samedi, 6h du matin. L'aiguille est à son état normal. 12h35, forte déviation, 2h25, attraction vers la terre. 3h, tremblement de terre. 4h50, l'aiguille est très affolée, elle est pour ainsi dire soudée vers le pôle de la terre. 5h55 forte secousse de tremblement de terre. Certifié conforme au procès verbal du bureau. Le Chef de la Station, Destieux. »

D'une autre manière depuis l'espace un satellite soviétique, en 1988, détectait un fort signal électromagnétique (d'une centaine de Hertz) à chaque passage au dessus de la région épiscopale du séisme d'Arménie. Cette détection a duré plusieurs semaines et cela rappelle le séisme de Californie (mentionné) dans sa période de répliques. De plus six jours avant le séisme du Chili en 1960 un astrophysicien Californien, en poste à Hawaï, a détecté des signaux électromagnétiques véhiculés par l'atmosphère comme de simples ondes radio. On peut inclure dans cet historique la possibilité, généralement admise dans certains séismes, d'une apparition d'un phénomène de piézoélectricité pour des

matériaux tel que le quartz qui ont donc la propriété de faire apparaître des charges + et - lors d'une mise en pression conséquente. Ceci peut générer, alors dans les profondeurs de la Terre soit, des courants électriques avec leurs champs magnétiques induits soit, des décharges de courts circuits qui sont sûrement de très hauts niveaux d'énergie vu la quantité possible de cristaux piézoélectriques contenue dans une faille par rapport au mono cristal avec lequel est construit l'allume-gaz familial de cuisine.

3. ELECTRICITE ET MAGNETISME : DEPENDANTS DES MECANQUES DES CONTACTS ET DE LA RUPTURE DANS LES FAILLES SISMIQUES ?

A la suite du bref rappel des faits précédents, dûment établis, il semble indéniable que les mesures, au sol, ou encore les observations depuis l'espace doivent être réalisées sur une zone très proche de l'épicentre du séisme concerné. En effet, s'il y a effectivement génération de charges et courants électriques, en profondeur, le long de la faille dans et à proximité du volume de l'hypocentre, il est normal que cette électricité tente de diffuser vers la surface de la Terre comme cela est le cas pour tout corps conducteur qui emmagasine les charges ou conduit le courant, principalement au niveau de sa surface. Dans la très grande majorité des cas le chemin directif des charges électriques internes, générées par quelques phénomènes, empruntera de façon préférentielle le plus court vers la surface (suivant le parcours de résistance minimale), c'est-à-dire jusque vers la zone épiscopale du séisme, le plus souvent. Cela revient à pronostiquer que, dans la majorité des cas, les signaux électriques et magnétiques ne seront exploitables (suffisamment supérieurs aux bruits) que dans des zones relativement restreintes autour des épiscopales du séisme initial et de ses répliques. La meilleure observation et surveillance de ces signaux ne peut se faire, de façon rentable, que depuis l'espace à partir de capteurs adaptés à bord de satellites ; sinon il faudrait, au sol, un nombre excessif de capteurs dans un maillage très serré pour être quasiment sûr de pouvoir reconnaître tous ces signaux précurseurs. A partir de cette

forte probabilité de génération de charges et courants électriques pendant les phases préliminaires des séismes et répliques. Il est sûrement important d'avoir des idées sur le comment de cette apparition importante de charges électriques dans les phases ultimes d'un tremblement de terre et de ses répliques. Quels sont, de fait, les phénomènes naturels internes à la Terre qui participeraient à ce type de manifestations ? L'électrofiltration semble faire une certaine unanimité pour l'explication relative à l'apparition de courants électriques lors des phases sismiques. Ce serait les variations de pressions qui feraient circuler l'eau interne à la terre, chargée en ions de minéraux dissous, constituant ainsi une pile électrique, ceci par la circulation préférentielle de charges négatives. Mais alors qu'en est-il de l'explication de l'émission électromagnétique du séisme d'Arménie ? Quand Pascal Bernard [7] rappelle : des sources de rayonnement électromagnétique nécessitent une certaine quantité de charges séparées. D'ailleurs des phénomènes, d'autres natures, ont été invoqués par les adeptes du groupe VAN instigateurs des signaux SES (Seismo Electric Signal) mais sans en donner de réponse : d'où problème !

Cela a été rappelé plus haut : seul le champ magnétique pénètre à l'intérieur d'un conducteur donc dans la Terre ; jusqu'à l'hypocentre d'un séisme, par exemple. Etant une donnée naturelle il faut donc prendre en compte le magnétisme terrestre pour essayer de comprendre ces mesures et observations. Dans le cas où les signaux émaneraient effectivement et principalement de *la zone faille de l'hypocentre il est sûrement adéquat de solliciter les enseignements des mécaniques des contacts et de la rupture avec les données d'électrodynamique*. Il est concevable de prétendre que dans la zone d'une faille, déjà établie par de précédents séismes, l'augmentation des pressions, tout au long de la faille ou des fissures secondaires, anime de façon lente et conséquente l'agrégat de roches plus ou moins finement morcelées par les séismes précédents (prouvé par carottage [7]) ; ce qui constitue ce que l'on appelle en mécanique des contacts « le troisième corps » entre les lèvres de la faille. Cet agrégat par définition présente, donc, des discontinuités

entre les morceaux qui sous les pressions et mouvements relatifs des lèvres de la fissure *entraînent toute une suite continue de mobilités pour le réarrangement de ces grains ; ceci tant que dure les fortes pressions et surtout les déplacements en cisaillement de la fissure*. Par ailleurs, la mécanique de la rupture nous entraîne à penser qu'il y a *dans les bords de la faille d'autres mobilités dans les roches qui se fissurent de multiples façons en modifications nombreuses, relativement rapprochées dans le temps, de leurs dimensions et de leurs vitesses de propagation, au cours des phases ultimes de préparation du séisme et de ses répliques*. Si l'on considère maintenant quel effet peut produire un champ magnétique (terrestre) sur des morceaux ou fissurations évolutives de matériaux conducteurs quant à leurs déplacements multiples même relativement lents : il ne fait aucun doute, alors, suivant les notions de base de l'électrodynamique, *que de telles conjonctures vont faire apparaître des courants de Foucault*, dans ces conducteurs présentant des mobilités en modifiant le flux magnétique qui les traverse. C'est ce qui, indubitablement, doit faire apparaître une zone électrisée, dans et autour de la fissure, et *de façon majeure dans la partie de la faille la plus sollicitée en pression et en cisaillement*. C'est cette zone qui dans le déclenchement du séisme apparaîtra, probablement, comme zone de l'hypocentre. Cette conception relative aux phénomènes naturels mis en jeu lors des dernières phases d'un séisme colle parfaitement avec les témoignages sur les failles de San Andreas et de Martinique. Le capteur magnétique, en Californie, dans la zone épicerale détecte l'apparition d'un flux magnétique émergeant à la surface de la Terre ; dû à une circulation conséquente de courant électrique, depuis l'hypocentre jusqu'au sol terrestre. Tandis qu'en ce qui concerne le galvanomètre de Martinique il détecte, par moment, que toutes ses connexions reliées à la terre sont électrisées en donnant depuis elles un champ magnétique suffisant qui attire l'aiguille aimantée de ce galvanomètre, sûrement de type à aimant mobile.

En ce qui concerne l'émission électromagnétique du sol, de la zone épicerale du séisme d'Arménie, vers le satellite : cela

peut se comprendre comme une forte accentuation de la chaleur autour de l'hypocentre qui ensuite migre lentement vers la zone épiscopale pour y faire apparaître un gradient supérieur de température par rapport aux zones environnantes. Les fluctuations de ces ondes électromagnétiques en provenance du « corps noir » Terre sont grandement amplifiées par transit dans l'ionosphère, elles peuvent y être nettement hiérarchisées et donc parfaitement détectables par un satellite. Néanmoins la fréquence, à 100 Hz, d'un signal électromagnétique reste incompréhensible, dans ce cadre classique d'ondes électromagnétiques dues à un effet thermique. Cette analyse peut être associée à l'observation d'un accroissement brusque d'un gradient de la température du sol lors du glissement du séisme d'Izu au Japon en 1978 pour décroître, ensuite, très lentement aux cours des jours suivants [7]. Dans toutes les conjonctures chaotiques possibles au niveau de la multitude de fissures, en ce qui concerne leurs jeux de tractions et compressions, il est probable que des charges électriques opposées puissent être séparées un instant pour tout de suite après être recombinaées en donnant un flash électrique. Ceci pourrait être comparable à l'effet d'un super allume-gaz actionné fréquemment ou encore à de petits éclairs, dans la continuité d'une certaine analogie avec la foudre. Il y aurait donc une quantité d'énergie disponible pour échauffer quelque peu la zone de l'hypocentre mais, dans le cas d'Izu, des poussées de magma volcanique ont pu, aussi, parfaitement jouer ce rôle (des volcans en sont proches). Néanmoins, dans une tentative de compréhension des ondes électromagnétiques d'une centaine de Hz du séisme d'Arménie fortement ambiguës : il faut peut être assimiler l'apparition de cette onde comme résultant plutôt d'un phénomène de superposition et de couplage entre les variations, à la surface du conducteur - Terre, respectivement du champ électrique terrestre (par l'afflux de charges électriques en provenance de l'hypocentre) et du champ magnétique terrestre induit par cette émergence de charges électriques au niveau du sol. Comme cela a été signalé plus haut, les deux champs induits sont de directions perpendiculaires entre eux : ce qui donne, en

fait, l'allure d'une onde électromagnétique parfaitement couplée résultant de ces deux variations électrique et magnétique, dans ce cas, à la fréquence d'environ 100 Hz.

En poursuivant dans la généralisation des courants de Foucault, tout comme pour les charges électriques dans les cumulo-nimbus [1], à l'intérieur de la croûte terrestre il doit se passer le même phénomène pour les gouttelettes d'eau qui se chargent car leurs mobilités dans le champ magnétique terrestre se trouvent augmentées par les fortes modifications des pressions internes. Ce qui peut expliquer, aussi, le *phénomène d'électrofiltration comme résultant, dans la multitude de fines gouttelettes d'eau en incessants déplacements, de l'émergence de courants de Foucault au cours de la phase précédant le séisme et pendant ses répliques.*

Il semble convenable de penser que la magnitude d'un séisme soit corrélée directement à la grandeur des contraintes mécaniques emmagasinées jusqu'au moment du glissement lui-même, mais alors il y a une relation directe avec l'accroissement des mobilités des particules minérales et aquatiques dans l'environnement de la faille : ce qui dope d'autant les charges électriques dues aux courants de Foucault au cours de ces différentes et très nombreuses fluctuations. Donc *les signaux électriques et magnétiques émergents à la surface de la Terre sont sûrement représentatifs de la magnitude du séisme mais restent grandement tributaires du parcours depuis l'hypocentre jusqu'aux différents capteurs.* La moindre des choses est de pouvoir procéder à un étalonnage dans la zone en cause (suivant le pourcentage de répétitivité des séismes le long d'une même faille) Mais la forte probabilité des prévisions n'est pas garantie, à coup sûr, de par les évolutions toujours possibles dans la croûte terrestre, d'un séisme à son suivant.

4. CONCLUSION

La possibilité de l'émergence de courants de Foucault, lors de l'ultime phase préparatoire d'un séisme principalement autour des zones du futur hypocentre et de ceux des répliques suivantes, semble être une confirmation des

mesures et observations déjà constatées. On peut, donc, prétendre que les phénomènes naturels : foudre et tremblement de terre soient corrélés à l'émergence naturelle de courants de Foucault, initiés par le magnétisme terrestre.

Il semble que cela soit encourageant de rechercher la mise au point de capteurs particulièrement adaptés à la traque de ces signaux précurseurs dans une stratégie de surveillance de la plus grande surface terrestre possible. La sécurité des zones sismiques à densité humaine requiert, en urgence, ce grand effort de concrétisation d'un outil fiable de prévention de ces risques naturels majeurs.

REFERENCES

[1] Conte M., Rosca I. *Les phénomènes électrodynamiques initiateurs de la foudre en*

nuages volcaniques et cumulo-nimbus, à paraître dans cette revue

[2] Landau L., Lifchitz E. *Electrodynamique des milieux continus*, Ed. Mir, Moscou, URSS, 1969

[3] Conte M., Rosca I. *Short presentation of EVTD² entities theory*, International Workshop Advanced Researches in Computational Mechanics and Virtual Engineering 18-20 October, Brasov, Roumanie, 2006

[4] Conte M., Rosca I. *Une histoire de famille : Photon, Graviton, X-on et compagnie*, Ed. Triumph, Brasov, Roumanie, 2002

[5] Conte M., Rosca I. *Physique de TOUT. Les EVTD²*, Ed. Graphica, Brasov, Roumanie, 2004

[6] Conte M. *Histoire amoureuse du Temps*, Ed. Graphica, Brasov, Roumanie, 2006

[7] Pascal Bernard *Qu'est-ce qui fait trembler la terre*, Ed. EDP Sciences, 2003

Tremblements de Terre : incidents du magnétisme terrestre et des courants de Foucault au cours des phases préparatoires et des répliques sismiques

Contrairement au champ électrique, le champ magnétique est nul à l'intérieur d'un conducteur, comme par exemple la Terre. Donc, le magnétisme terrestre ne peut pas générer, dans des conditions appropriées, des courants de Foucault dans toutes les particules conductrices de la croûte terrestre. Il est suffisant que ces particules se déplacent ou qu'elles changent de forme pour que le flux magnétique les traverse et se modifie (même un peu avant un tremblement de terre, par les effets mécaniques de contact et de rupture dans les failles et dans le socle de ces dernières). Ces courants de Foucault vont migrer de manière naturelle vers la surface du conducteur Terre et vont constituer des signaux susceptibles d'être des précurseurs sismiques.

Ileana Roșca, Ph.D., Professor, Transilvania University, Fine Mechanics and Mechatronics Department, ilcrosca@unitbv.ro, Phone: 0040 744317171, 18/A/10, Bd. Garii, Brașov, Romania,
Michel Conte, Ph.D., Honorary Professor of Transilvania University of Brasov.