

RAPPORT

présenté à l'Académie des Sciences de Paris, à la séance du 3 juillet 1903

par M. A. de LAPPARENT

Rapporteur

DE LA COMMISSION DE SISMOLOGIE, CRÉÉE AU SEIN DE L'ACADÉMIE (1)

à la demande du Gouvernement français

AU SUJET D'UN

Projet d'organisation d'un Service sismologique en France (2).

La question des études sismologiques demande à être envisagée sous deux aspects, selon qu'il s'agit ou non de pays exposés à subir de sérieux dommages par l'effet des secousses.

Dans le premier cas, la considération qui doit tout dominer est celle des mesures à prendre pour atténuer autant que possible les conséquences du fléau. Ces mesures ne pouvant guère consister que dans l'adoption de règles spéciales pour la construction des demeures, il importe, pour les déterminer, de connaître avec précision les moindres circonstances de la propagation des secousses dans les districts habituellement éprouvés. On n'y peut parvenir que par l'établissement d'un réseau très serré de stations, en faisant appel au concours d'un grand nombre d'observateurs, et en munissant les principaux postes d'appareils adaptés à l'analyse des ébranlements d'origine prochaine. L'exacte détermination de l'heure des premières secousses devient alors une nécessité de premier ordre. Par ces moyens seulement on arrive à

(1) Cette Commission est composée du Président de l'Académie, du Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques, et de MM. Bouquet de la Grye, Fouqué, Mascart, Janssen, Michel Levy, Marcel Bertrand; de Lapparent, rapporteur.

(2) Malgré la répétition, dans le texte de ce Rapport, de certains exposés déjà fournis par le même auteur dans le document dont la reproduction précède, il a paru indispensable de donner au complet le texte du Rapport académique qui, il faut l'espérer, sera suivi, dans les sphères gouvernementales, d'une sérieuse et efficace prise en considération, et de la nomination de la *Commission exécutive* réclamée par le savant Rapporteur, au nom de la Commission.

tracer des courbes *isosistes*, dont la forme indique le point de départ et la direction des secousses, en faisant connaître du même coup les endroits les plus menacés.

Le second cas est celui des pays où les secousses désastreuses sont d'une extrême rareté. La France est du nombre, si bien que, en dehors du voisinage immédiat de la côte ligurienne, il ne semble pas y avoir un seul point de notre territoire où la préoccupation des tremblements de terre puisse être appelée à influencer sur le mode de construction des habitations.

Dans ces conditions, il ne peut être question que d'une étude scientifique du phénomène, étude destinée à faciliter la solution des problèmes généraux que soulève la sismologie, relativement à la constitution interne du globe et à l'équilibre de son écorce. Ce n'est pas que de telles recherches soient dépourvues de sanction pratique; car il est évident qu'une meilleure connaissance des ébranlements terrestres ne peut manquer d'être avantageuse pour ceux qui sont exposés à en souffrir. Mais la part qui revient, dans le travail d'ensemble, aux régions ordinairement épargnées réclame une autre façon de procéder.

Le choix du mode opératoire pourrait être chose délicate, si déjà, depuis plusieurs années, les observations, poursuivies d'abord au Japon, puis étendues au globe entier, spécialement sous les auspices de l'*Association britannique pour l'avancement de la Science*, n'avaient fixé, à cet égard, des principes dont il est tout à fait raisonnable de s'inspirer.

Il paraît aujourd'hui démontré que, le nombre total annuel des secousses perceptibles devant dépasser 30 000 pour tout le globe, il doit y avoir environ 300 de ces ébranlements dont l'importance est assez grande pour pouvoir affecter, sur tout l'ensemble de la surface terrestre, des appareils d'une sensibilité appropriée. On peut alors, avec un mécanisme d'enregistrement automatique, obtenir des dessins, dits *sismogrammes*, sur lesquels se lisent toutes les circonstances du phénomène.

Or la discussion d'un grand nombre d'observations concordantes semble avoir établi que, pour tout ébranlement lointain, c'est-à-dire tel que la distance de son origine au lieu d'observation se compte par milliers de kilomètres, la propagation du mouvement comporte au moins deux séries d'ondes vibratoires. La première cheminerait, par l'intérieur de la terre, avec une vitesse moyenne variable selon la distance; tandis que la dernière, la plus sensible, se propagerait par l'écorce solide avec une vitesse constante.

La différence observée, à une même station, entre les heures d'arrivée des deux séries suffirait ainsi à faire présumer la distance du foyer initial, dont l'emplacement pourrait alors être déterminé par la combinaison des observations recueillies en plusieurs stations. En particulier, les lieux situés aux antipodes d'un district sérieusement secoué paraissent indiqués pour l'établissement d'un observatoire, que les premiers frémissements atteindraient en vingt-deux minutes environ, tandis que la principale vibration s'y manifesterait au bout d'une heure.

Il est superflu de faire ressortir l'importance de ces constatations, qui fournissent un moyen inattendu de pénétrer les secrets de la composition intérieure du globe. Et cette importance apparaît plus grande encore, lorsque, reportant sur une carte, comme a fait M. Milne, les centres sismiques ainsi déterminés durant les trois années antérieures à 1902, on constate avec quelle régularité ces centres se groupent le long des principales dislocations de l'écorce terrestre.

En ce qui concerne la France, on peut remarquer que notre pays est aux antipodes de l'une des fosses profondes du Pacifique, dont il est probable que les abords sont sujets à des déplacements. De la sorte, des observatoires français pourraient être en mesure de révéler des ébranlements qui, sans cela, risqueraient de passer inaperçus, faute de stations humaines à proximité des points où ils viendraient à se produire.

Mais quand bien même cette raison particulière ferait défaut, il n'est pas douteux, une fois reconnue l'utilité de l'enregistrement des ébranlements lointains, que la France n'ait une place à prendre dans le réseau, encore un peu lâche, des observatoires en fonction. Et, puisque l'activité de ce réseau date de plusieurs années, nous n'avons rien de mieux à faire que de nous inspirer des exemples qui s'offrent à nous. La convenance de les prendre pour guides est d'autant plus évidente qu'il s'agit de recherches dont l'intérêt principal résidera dans le rapprochement qu'on pourra faire des résultats avec ceux des stations existantes. Il est donc nécessaire que les méthodes et les instruments employés soient tout à fait comparables.

Si l'on se place dans cet ordre d'idées, il apparaîtra de suite que notre territoire, encadré entre les stations de l'île de Wight, d'Uccle près Bruxelles, de Strasbourg, de Berne, de Turin et celles de l'Espagne, ne doit pas exiger un grand nombre d'observatoires sismologiques. Même on peut penser que deux ou trois suffiraient, si la complication

de structure du sol français ne rendait souhaitable une étude plus approfondie de l'influence exercée, sur la propagation des ondes, par la nature des roches de l'écorce. En effet, il importe de considérer qu'une onde lointaine, après avoir cheminé dans le milieu, sensiblement homogène, du noyau terrestre, doit, pour en sortir, se réfracter à travers une écorce dont la composition et l'architecture varient suivant les points. De la sorte, il pourra être intéressant de comparer les effets obtenus, sur un sol fondamental de granite ou de schistes cristallins, avec ceux que donnerait une épaisse succession d'assises sédimentaires. De la même façon, la cause des districts spécialement disloqués devrait être séparée de celle des régions d'allure tranquille.

D'autre part, il convient que les stations choisies soient en relation immédiate avec un observatoire astronomique, à la fois pour assurer le contrôle de l'heure et pour pouvoir mettre à profit l'expérience d'un personnel habitué aux observations de précision.

Cherchant à tenir compte de ces divers points de vue, la Commission a pensé que les localités les plus propres à l'établissement de stations sismiques pourraient être les suivantes :

L'Observatoire de Nice, voisin du seul centre d'ébranlement qui se soit sérieusement manifesté en France, et déjà muni de locaux où la nouvelle installation trouverait aisément place. Celui du Pic-du-Midi, où pourraient se révéler des mouvements pyrénéens, ou du moins l'influence d'une région disloquée. L'Observatoire du Puy-de-Dôme, situé au cœur du pays. Celui de Meudon, bien placé pour faire ressortir l'influence d'un massif sédimentaire puissant et régulier, en même temps que la nature de ses fondations lui assure une immunité particulière, relativement aux ébranlements locaux qui pourraient se produire dans le voisinage. Une station à Grenoble semble indiquée, à cause de sa situation sur le bord des Alpes et du précédent déjà créé par le service provisoire qu'avait installé M. Kilian. Il conviendrait d'avoir une installation sismique à Rennes, au cœur de cette Bretagne qui ressent parfois de légères secousses. Un observatoire pourrait aussi être placé au Morvan, près du réservoir des Settons, assis sur un sol de schistes cristallins, et pouvant bénéficier de la surveillance du service des ponts et chaussées. Pour une raison analogue, il serait souhaitable qu'une station fût établie à l'Aigoual. Enfin, si l'on voulait prévoir l'extension du service au domaine colonial, Alger, la Nouvelle-Calédonie et Madagascar devraient être mentionnés en première ligne, les Antilles étant déjà pourvues, grâce à l'observatoire fondé à la Martinique par M. Lacroix.

Bien entendu, les diverses stations devraient être d'inégale importance. Prenant pour guide ce qui s'est fait en d'autres pays, notamment en Russie, où le réseau sismographique paraît très bien étudié, on limiterait à deux ou trois (par exemple en choisissant Nice et Meudon) le nombre des stations de premier ordre, la différence avec les autres devant surtout consister dans le choix des appareils enregistreurs.

En ce qui concerne ce choix, la Commission ne saurait avoir la prétention d'imposer aucun type, ni même de fermer la porte aux inventions ultérieures que pourraient présenter les habiles constructeurs d'instruments scientifiques dont notre pays s'honore. Cependant, puisqu'il s'agit d'une organisation trop longtemps ajournée, et pour laquelle une prompt solution s'impose, il paraîtra sans doute raisonnable de s'en tenir, pour le moment, à l'expérience acquise dans les observatoires en fonction. Or, cette expérience ne permet guère d'hésiter, pour les stations de premier ordre, qu'entre le *pendule horizontal triple* de Rebeur-Ehlert et les microsismographes italiens.

Le premier de ces instruments, qui jouit sur le continent d'une préférence chaque jour plus marquée, comporte un enregistrement photographique, qui entraîne une dépense annuelle d'environ 800 francs, rien que pour le papier, avec un déroulement de 12 centimètres à l'heure. Avec les sismographes italiens, l'enregistrement se fait grâce aux dessins qu'une pointe métallique trace sur du papier noirci. Mais, si la dépense annuelle est sensiblement moindre, l'amplification des mouvements, obtenue par des moyens mécaniques très délicats, d'où les frottements ne peuvent être exclus, est notablement moins sûre qu'avec le pendule triple, qui fait intervenir une combinaison de rayons lumineux et de miroirs. De plus, les pendules italiens, verticaux et à très longue tige, exigent pour leur suspension de hauts piliers, tandis que le pendule triple se pose simplement sur un bloc de béton, dans une cave de peu de hauteur.

Pour ces motifs, le pendule Rebeur-Ehlert, tel qu'il se fabrique couramment à Strasbourg, chez M. Bosch, et tel qu'il fonctionne en Russie, en Allemagne, en Belgique, etc., semble devoir être préféré pour les observatoires de premier ordre. Son prix est d'environ 2 500 francs. Les frais annuels du papier photographique, de la surveillance, enfin de l'éclairage (pour lequel la lampe électrique à fil linéaire offre une réelle supériorité) pourraient se tenir entre 1 200 et 1 400 francs.

La dépense d'installation, partout où l'on disposerait déjà d'une cave de 5 mètres de longueur, se réduirait à la construction d'un bloc de

béton de 1 mètre cube. Du reste, en Russie, où six observatoires de premier ordre sont munis de cet appareil, on estime que les frais d'établissement d'une telle station au complet ne dépassent pas 4 000 roubles, soit 12 000 à 15 000 francs, dont la plus grande partie est réclamée par la construction du bâtiment, construction qui, la plupart du temps, serait évitée en France.

L'appareil qui paraît convenir aux stations du second ordre est une paire de pendules horizontaux, orientés à 90°. On peut hésiter entre le pendule léger de Milne et le pendule lourd de Strasbourg. Ce dernier, dont soixante-quatre exemplaires fonctionnent déjà dans les stations européennes, ne comporte pas d'enregistrement photographique. C'est celui dont M. Lacroix a fait choix pour la Martinique. Le prix de l'appareil double, construit à Strasbourg chez M. Bosch, n'atteint pas 1 100 francs. La dépense annuelle se réduit à la surveillance et à une minime consommation de papier noirci. Comme contrôle, on peut ajouter qu'en Russie, on estime à 1 600 roubles, soit moins de 6,000 francs, la dépense totale d'établissement d'une station de second ordre, *bâtiment compris*.

Enfin, pour des stations telles que Nice, le Pic-du-Midi, Grenoble et Rennes par exemple, où des secousses locales sont à prévoir, il serait utile de posséder un *sismographe avertisseur*, tel que celui du P. Secchi, ou l'un des appareils imaginés par M. Agamennone. La construction en est courante en Italie, où le prix de ces instruments varie de 100 à 400 francs.

En résumé, l'organisation d'un service sismologique en France n'entraînerait, au total, qu'une faible dépense. Voulût-on réaliser immédiatement le programme indiqué dans ce rapport, qu'il en résulterait une dépense de premier établissement probablement inférieure à 20 000 francs, et le crédit annuel à prévoir ne dépasserait sans doute pas 6 000 à 7 000 francs. De plus, il n'est pas interdit de penser que les frais incombant à l'État pourraient être atténués par de généreuses interventions, comme celles qui ont doté notre pays d'observatoires bien connus, ou par des subventions que fourniraient des groupements scientifiques, tels que l'Association française pour l'avancement des sciences. D'ailleurs, une fois le réseau constitué, il est vraisemblable que, dans les régions de notre territoire les plus intéressées à la question, des initiatives locales surgiraient, qui s'appliqueraient à resserrer les mailles du réseau et à perfectionner son outillage.

Seulement, pour le succès de l'organisation souhaitée, il est une condition indispensable à remplir : c'est qu'on assure l'unité des obser-

vations en confiant à un organisme unique le soin de concentrer les sismogrammes, d'en dégager les conséquences générales, d'établir l'accord avec les autres pays, enfin de faire arriver aux observateurs toutes les indications qui pourraient leur être utiles. Il ne semble pas qu'une telle concentration puisse être mieux opérée qu'entre les mains du Bureau central météorologique de France.

L'Académie croirait sortir de son rôle si elle poussait plus loin l'étude des détails que peut comporter la réalisation du projet. Pour tenir l'engagement qu'elle avait pris, il lui appartenait d'établir les bases de l'organisation, de donner un aperçu des méthodes à suivre et d'évaluer approximativement le chiffre des dépenses. Ce devoir rempli, elle reconnaît que le soin de formuler des conclusions précises doit être laissé à une commission, qu'instituerait le Département de l'Instruction publique, en y faisant entrer, après accord avec le Ministère des Travaux publics, ceux que leur compétence ou leurs études préalables peuvent désigner pour cette tâche.

L'Académie se bornera donc, pour conclure, à recommander à M. le Ministre la prise en considération du projet dont elle a indiqué les bases, et la nomination d'une Commission exécutive qui s'inspirerait des vues exposées dans le présent rapport.

(Extrait des publications de l'Institut de France.)

