

Pôle grenoblois risques naturels

Sentinelle sismologique

François THOUVENOT, Maître de conférences, Université Joseph-Fourier

LGIT, BP 53, 38041 GRENOBLE Cedex 9

Tél 04 76 82 81 02 ou 04 76 82 81 00

Fax 04 76 82 81 01

Mél thouve@obs.ujf-grenoble.fr

Cadre général de l'étude

Les Alpes occidentales sont soumises à une activité sismique importante. Environ un millier de secousses y sont enregistrées et localisées chaque année. Les séismes assez forts pour être ressentis sont au nombre d'une vingtaine en moyenne chaque année, le niveau de magnitude atteint par les plus forts ne dépassant heureusement que rarement la valeur 5 (Le Grand-Bornand, Haute-Savoie, 5,1 le 14/12/1994 ; Annecy, Haute-Savoie, 5,3 le 15/07/1996). Un séisme très destructeur, de magnitude 6 ou plus, est possible virtuellement en tout point des Alpes occidentales et de la Provence.

Au début des années quatre-vingt, il n'existait dans les Alpes occidentales que trois stations sismologiques (dont la maintenance était assurée par le LGIT), auxquelles il convient d'ajouter les réseaux locaux de l'arrière-pays niçois et de Provence installés par l'IPG de Strasbourg (une quinzaine de stations), ainsi que les trois stations du Laboratoire de détection géophysique du Commissariat à l'énergie atomique (LDG) dans les Maures.

C'est ainsi que nous avons été amenés à proposer en 1985–86 de construire un réseau dense de stations sismologiques dans les Alpes, le réseau Sismalp, afin de combler les lacunes des réseaux hétérogènes existant alors. En effet, les réseaux de cette époque ne permettaient ni la détection des faibles séismes (magnitude inférieure à 2), ni le calcul précis de la position des épacentres, ni surtout le calcul de la profondeur du foyer. D'autre part, l'hétérogénéité des matériels, la plupart de type analogique, et la faible densité de stations ne permettaient pas non plus en général le calcul du mécanisme au foyer des séismes. Les informations fondamentales sur la sismicité (position de l'hypocentre et mouvement à la source) nous manquaient donc.

Le réseau Sismalp a été installé de 1988 à 1993. Il comprend quarante-quatre stations numériques, dont quarante-et-une stations autonomes, à l'origine équipées de balises Sismalp1, et reliées à l'Observatoire de Grenoble par ligne téléphonique commutée, et trois stations télémétrées en temps réel. Ce réseau a démontré son efficacité et a permis la mise en évidence des caractéristiques principales de la sismicité alpine ainsi que la surveillance en temps réel des crises sismiques avec information suivie des autorités, des médias et du public.

Après avoir construit dans cette première phase l'outil fondamental pour l'étude sismotectonique des Alpes, nous avons engagé un programme destiné à moderniser le réseau en utilisant une acquisition des données beaucoup plus performante. La réalisation de cette seconde phase a consisté en plusieurs volets. Nous nous sommes appuyés sur les développements en nouveaux matériels effectués par une PME, la société Leas à Saint-Ismier (Isère). Ces développements ont permis de bénéficier de stations

Sismalp3 haute dynamique, trois composantes, très performantes. Nous avons ainsi pu équiper le réseau Sismalp de quinze stations Sismalp3, dont sept avec des capteurs trois composantes. Nous avons en outre constitué un réseau mobile d'appoint constitué de huit stations Sismalp3 avec des sismomètres trois composantes courte période. Ce réseau mobile est destiné à des campagnes temporaires dans les Alpes, ciblées sur des zones ou des thèmes précis. Il permet en particulier une intervention après les séismes forts. Ce réseau a ainsi été déployé en juillet 1996 dans la région d'Annecy après le fort séisme du 15 juillet (magnitude 5,3), en octobre–novembre 1997 dans la région d'Allos (magnitude 4,7) et en janvier–février 1999 dans la région de Laffrey (magnitude 3,5).

Tout dernièrement, le District d'Annecy et le Service départemental d'incendie et de secours de la Haute-Savoie ont souhaité mieux surveiller la sismicité de la région annécienne : ce financement supplémentaire permet d'installer deux nouvelles stations au nord-ouest et au sud-est d'Annecy et de moderniser l'acquisition en quatre autres stations existantes.

L'effort entrepris il y a maintenant un peu plus de dix ans s'est concrétisé entre autres par la soutenance d'une thèse de doctorat d'État, trois thèses de doctorat et plusieurs articles dans diverses revues scientifiques (*Journal of Geophysical Research*, *Geophysical Journal International*, *Tectonophysics*, *Pure and Applied Geophysics*, *Annali di Geofisica*, *Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*). Tous les séismes de magnitude supérieure à 1 peuvent être maintenant localisés dans le Sud-Est. L'incertitude de localisation de l'hypocentre est de quelques centaines de mètres si le séisme se produit à l'intérieur du réseau et si sa magnitude dépasse 2. Pour ces mêmes séismes, les mécanismes au foyer sont en général exploitables. L'un des résultats les plus importants est la découverte d'un domaine en extension au coeur de la chaîne (Briançonnais), modifiant ainsi radicalement la vision que l'on pouvait avoir de la dynamique des Alpes. Un nouvel alignement sismique a aussi été découvert dans le domaine externe, dont l'élément le plus frappant est la faille de Belledonne, sur le rebord occidental du massif du même nom.

Impact sociologique de séismes survenant à intervalle de temps très rapproché

Bien que le réseau Sismalp n'ait pas un rôle d'alerte – rôle dévolu aux deux réseaux nationaux chargés de la surveillance sismique du territoire : le Réseau national de surveillance sismique (Strasbourg) et le Laboratoire de détection et de géophysique (Bruyères-le-Châtel) –, nous nous sommes efforcés, ces dernières années, de fiabiliser un système d'alerte en temps réel. Celui-ci nous permet de disposer, dans un délai de quelques minutes à quelques heures après le séisme, d'une localisation préliminaire. Après une validation qui prend au minimum un quart d'heure lorsque le séisme survient dans la journée mais qui peut être beaucoup plus longue lorsqu'il survient la nuit, l'information est transmise à la Direction départementale de la Protection civile et au Centre opérationnel départemental d'incendie et de secours.

Les séismes destructeurs qui se sont récemment produits dans les Alpes – en particulier celui d'Épagny (Haute-Savoie) en 1996 et celui de Laffrey (Isère) en 1999 – et certaines crises sismiques bénignes – par exemple dans le Briançonnais en 1998 – ont récemment attiré l'attention sur l'impact psychologique et sociologique que pouvaient avoir des séismes ressentis se succédant très rapidement dans le temps, une secousse isolée ne suscitant en général que peu de réaction dans la population. De tels phénomènes engendrent auprès des services de secours une demande d'information que ceux-ci sont actuellement dans l'impossibilité de satisfaire tant qu'une localisation préliminaire ne leur a pas été transmise. Ils doivent alors faire face à des situations parfois tendues, qui pourraient, dans des circonstances exceptionnelles mais tout à fait envisageables, se

transformer en panique collective.

Ces successions de secousses peuvent avoir deux origines. Dans la région des Alpes externes dans laquelle le département de l'Isère se trouve situé, elles correspondent souvent à des répliques consécutives à un séisme, lorsque la magnitude de ce dernier atteint ou dépasse 3,5 environ ; elles peuvent se poursuivre pendant des jours, des semaines, des mois (cas du séisme de Laffrey) ou même des années (cas du séisme d'Épagny) avant un retour au calme. Une autre origine peut être une « crise sismique », phénomène de nature radicalement différente du précédent : des secousses se succèdent sans qu'un choc principal ne soit clairement identifiable ; l'évolution de la crise est alors imprévisible (cas des séismes d'Ombrie [Italie] en 1997–1998). Le département de l'Isère n'est pas à l'abri de tels phénomènes qui peuvent être très destructeurs : le séisme de Corrençon (Isère) du 25 avril 1962 correspondait ainsi au paroxysme d'une crise sismique qui avait débuté le 12 avril.

Étude de faisabilité d'un accès plus direct à l'information pour les services de secours

L'expérience acquise tout au long de ces années montre que la première demande d'information émanant des services de secours lorsqu'un séisme survient est la confirmation ou la négation du phénomène. Plus que pour la position exacte de l'épicentre, c'est pour l'estimation de la magnitude que nous sommes ensuite sollicités. Pour accélérer la circulation de l'information sur le premier point – confirmation/négation – nous avons étudié la possibilité pour les services de secours d'interroger directement, par exemple depuis le Centre de traitement des alertes du Codis, une ou plusieurs stations sismologiques. Il ne s'agit pas pour les intervenants de se substituer aux sismologues, mais de pouvoir débloquer instantanément une situation de crise en commençant à avoir un début de réponse aux questions posées.

La solution technique existe dès maintenant, sous la forme d'un logiciel d'interrogation et de traitement spécifique – développé au LGIT – fonctionnant sur un micro-ordinateur de type PC. Il nous reste à voir comment organiser pratiquement l'implantation d'un tel système dans un Centre de traitement des alertes. Le Codis de la Haute-Savoie, qui par l'intermédiaire du Sdis a financé la rénovation de quatre stations et l'installation de deux nouvelles stations du réseau Sismalp en Haute-Savoie et Savoie, pourrait en être prochainement équipé, après concertation pour l'élaboration d'un plan minimal de formation du personnel.

Cet accès direct à l'information en cas de séisme serait d'autant plus efficace dans le cas de l'installation de stations temporaires mises en place à la suite d'un fort séisme. Dans ce cas, la possibilité d'utiliser un appareillage muni d'un modem GSM serait un atout important.

Développement d'une station sismologique avec modem GSM

Pour suivre le déroulement de répliques à la suite d'un fort séisme ou celui de crises sismiques, il faut pouvoir disposer de stations sismologiques automatiques légères et compactes qui puissent transmettre leurs informations en temps quasi réel. L'architecture de base de telles stations existe déjà : c'est celle de la balise Hathor 98 développée par la Sarl Leas (St-Ismier), entre autres pour les besoins du réseau Sismalp. C'est une balise trois composantes, à grande dynamique (24 bits) et grande capacité (2 Moctets). Dans l'une de ses versions actuelles, elle est munie d'un modem qui permet de la relier au réseau téléphonique commuté. Dans le cas du séisme de Laffrey, deux balises de ce type ont été installées sur le terrain dans la zone épiscopale, mais avec un raccordement

téléphonique qui s'est avéré problématique et que nous avons résolu dans un cas par un « piratage » de la ligne d'un particulier coopératif et dans l'autre cas par l'établissement temporaire d'une ligne par France Télécom.

Pour mieux prendre en compte la spécificité d'une telle installation, souvent à réaliser de façon urgente et/ou avec des services de transmission très sollicités à la suite d'un éventuel séisme destructeur, nous avons étudié comment la balise Hathor 98 pourrait fonctionner avec un modem connecté sur un téléphone mobile. Les essais ont été réalisés pour l'instant en laboratoire ; il reste à les valider par un fonctionnement de longue durée sur le terrain, en particulier pour tester l'influence du surcroît de consommation sur la charge des batteries avec les panneaux solaires actuellement utilisés.

Développement de la fonction « sentinelle »

Cette nouvelle fonctionnalité, qui devait permettre de transformer la balise actuelle, qui est passive (elle ne transmet ses informations qu'à la suite d'un réveil de son modem par appel de l'utilisateur), en une balise active pouvant générer un appel d'alerte sur un critère de dépassement de seuil, n'a pu être développée dans le cadre de cette étude. Elle nécessite en effet un développement logiciel spécifique qui devait être réalisé par la société Leas pour un montant total de 60 kF. Nous espérons pouvoir néanmoins faire aboutir prochainement cette fonctionnalité qui changerait radicalement la diffusion de l'information en cas de crise sismique.

Conclusions

Dans le cadre de ce projet, notre action a donc porté – dans un premier temps – sur l'étude d'un raccourcissement de la chaîne d'information lorsqu'un séisme se produit : une solution existe désormais qui pourrait permettre aux services de secours (Codis ou Sécurité civile) d'accéder directement aux données d'une station sismologique.

Par ailleurs, nous avons testé en laboratoire la possibilité de doter une balise d'acquisition Hathor98 d'un modem connecté à un téléphone mobile. Cela permettra à l'avenir une installation simple et rapide d'une station sismologique, soit à la suite d'un séisme de magnitude supérieure à 3,5 pour détecter les répliques, soit pour mieux suivre l'évolution d'une crise sismique, et ce quasiment en temps réel.

En revanche, la fonctionnalité d'appel en cas d'important dépassement de seuil, qui devait permettre de disposer d'une véritable sentinelle sismologique locale, n'a pu être développée pour le moment.