

Mobiliser les témoins des séismes pour des estimations d'impact fiables

Rémy BOSSU



À PROPOS DE L'AUTEUR

Rémy BOSSU

Rémy Bossu est sismologue, spécialiste de la réponse rapide aux séismes et secrétaire général du Centre Sismologique Euro-Méditerranéen (CSEM). Il est un pionnier de la « sismologie citoyenne » et a développé des approches innovantes intégrant les données citoyennes dans la détection et l'évaluation de l'impact des séismes, notamment à travers l'application LastQuake. Ses travaux et publications scientifiques contribuent à l'amélioration de la communication de crise et de l'alerte en cas de tremblement de terre. Il a également été responsable de la mise en place du Centre national d'alerte au tsunami (CENALT) et est régulièrement sollicité par les médias nationaux et internationaux.



Le CSEM et ses objectifs

Le Centre sismologique euro-méditerranéen (CSEM) est une organisation scientifique à but non lucratif créée en 1975. Ses membres sont des instituts de surveillance sismologique (75 instituts membres de 56 pays). Il a pour principal objectif d'informer rapidement sur les séismes et leurs effets, en étroite collaboration avec les instituts nationaux. Il participe au consortium Européen ARISTOTLE en charge de l'estimation d'impact des désastres naturels à destination de l'ERCC¹ (centre de coordination des réponses d'urgence de l'Union Européenne). Ses services sont gratuits, sans publicité, et aucune donnée n'est exploitée à des fins commerciales. Son financement est principalement par projets et le CSEM recherche de nouveaux soutiens et sponsors afin de maintenir et développer ses activités et services.

Son audience est de 1,3M d'utilisateurs actifs de l'application LastQuake (8M de téléchargements), 1,5M visites par mois sur ses sites Internet (www.emsc-csem.org) et une audience combinée de 400 000 utilisateurs sur les réseaux sociaux (@LastQuake).

des témoins (violence de la secousse, dégâts observés) afin de créer une base de données à valeur scientifique et contribuant à des estimations d'impact plus fiables. Pour rester efficace, cette démarche de sismologie citoyenne a dû graduellement évoluer et s'étoffer pour répondre aux différents besoins, notamment informationnels du public durant les heures suivant les séismes destructeurs. Ainsi, LastQuake contribue aujourd'hui à la communication de crise, à la lutte contre les pseudos-prédictions, à la prévention du risque et fournit aussi des éléments relatifs à l'impact psychologique des secousses telluriques et aux réactions des populations face à elles. Ses performances reposent avant tout sur la capacité de LastQuake à initier automatiquement la convergence des témoins sur une ou plusieurs de ses composantes (sites Internet, application smartphone, bot sur X -anciennement Twitter-, BlueSky, Mastodon et sur la messagerie Telegram) en quelques dizaines de secondes après une secousse. C'est la clé de son succès.

Nos smartphones nous accompagnent chaque jour et à chaque instant de notre vie. Pendant les crises et les catastrophes, ils sont devenus des outils essentiels à la circulation rapide de l'information, mais aussi à certaines formes de mobilisation des populations, aussi bien dans les pays techniquement développés que dans les régions moins favorisées. Dans cet article,

nous partageons l'expérience que le Centre sismologique Euro-Méditerranéen (CSEM) a acquise au cours des 15 dernières années au sujet des séismes à travers son système d'information et de *crowdsourcing* multicanal LastQuake (1).

L'objectif initial de LastQuake était de collecter rapidement (*crowdsourcing*) les observations

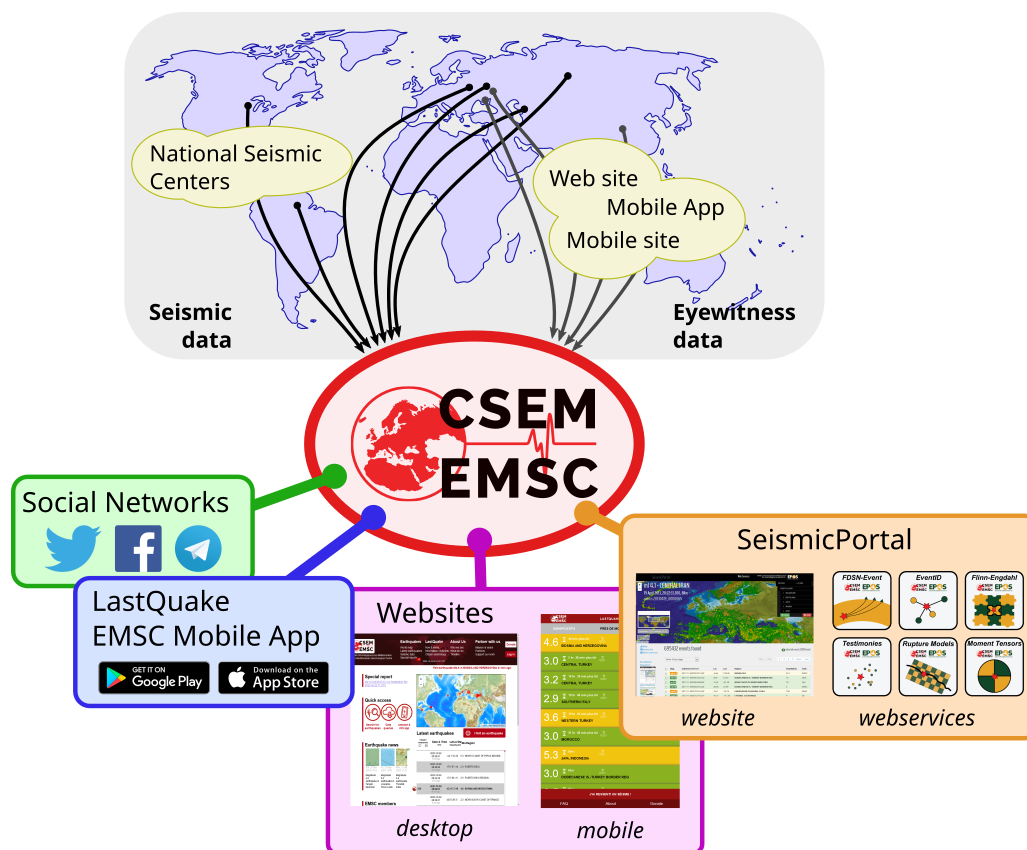
COMPRENDRE ET DÉTECTER LA RÉACTION DU PUBLIC SUITE À UNE SECOUSSE

Qu'on le veuille ou non, le monde fonctionne en temps réel. Dès qu'une secousse est ressentie, les témoins se précipitent sur les réseaux sociaux et les moteurs de recherche en quête d'information ou pour partager leur expérience. Ces comportements

.....

(1) Emergency Response Coordination Centre

Figure 1 – Les services du CSEM sont basés sur les données sismiques partagées en temps réel par 118 instituts et sur les observations collectées auprès des témoins. Les moyens de diffusion (sites Internet, application, webservices...) couvrent les besoins divers, du public, des autorités et des scientifiques.



génèrent une signature numérique aisément détectable notamment sur nos sites Internet spécialisés dans l'information sismologique en temps réel et sur les réseaux sociaux où les messages comme « OMG, earthquake !² » fusent sur X après une secousse en Californie. En 2007, à l'heure des connexions Internet par modem, 2 à 3 minutes étaient nécessaires pour détecter cette augmentation de trafic sur nos sites en provenance de la région secouée. Aujourd'hui, les utilisateurs les plus rapides lancent l'application LastQuake en une douzaine de secondes (2). Grâce à la localisation précise offerte par les smartphones, la propagation des ondes sismiques peut ainsi être suivie à partir des seulsancements de l'application, les témoins les plus proches de l'épicentre étant les premiers à réagir !

Plus fondamentalement, les séismes ressentis par la population sont automatiquement détectés et la région impactée identifiée via ces augmentations brutales de trafic en 15 à 90 secondes après le séisme, soit, dans la grande majorité des cas avant qu'ils ne soient localisés sismiquement ! Cette information partielle et préliminaire est instantanément partagée sur les différents canaux du système LastQuake : « Séisme potentiellement ressenti dans telle région, il y a Y sec ». La publication de ces détections sur de multiples canaux est essentielle pour un système à couverture globale comme LastQuake car leur visibilité et impact sont variables d'une région à une autre. Par exemple, X est populaire en Californie, bien moins en France et si l'application LastQuake est utilisée dans la plupart des zones où les séismes

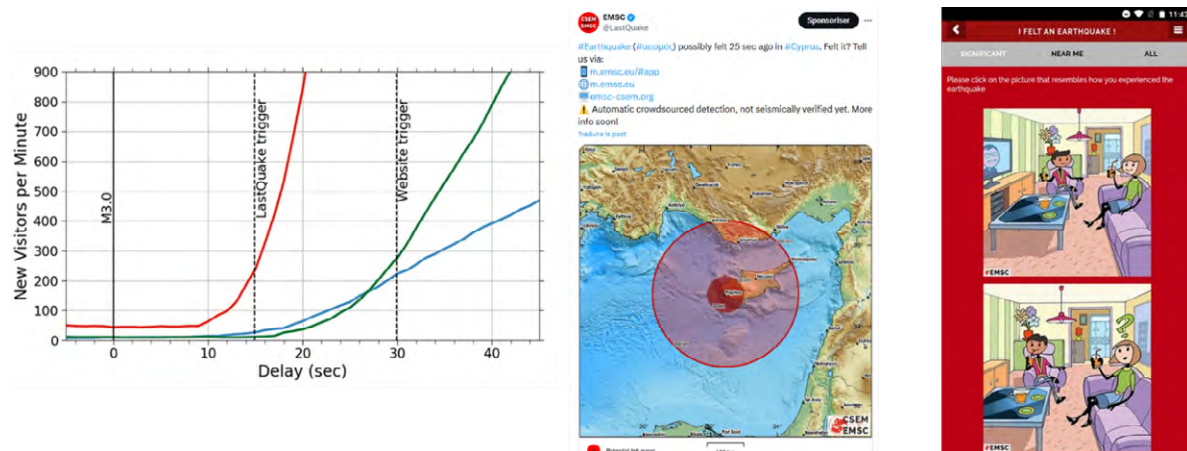
sont fréquents, dans les zones moins actives, c'est sur nos sites Internet identifiés par les témoins via le truchement des moteurs de recherche, que les augmentations de trafic sont détectées.

Conjointement à sa publication, les témoins sont invités à confirmer cette détection « crowdsourcée » en partageant leur propre ressenti et expérience en sélectionnant une des douze imagerie représentant les différents niveaux de violence de la secousse et dommage de l'échelle dite macrosismique (3). Plusieurs centaines de ces témoignages (appelés « *felt reports* ») sont régulièrement collectés dans les premières minutes suivant un séisme, avant même que sa magnitude et sa localisation aient été déterminées et un tiers est accompagné d'un commentaire. Cinq mille *felt reports* ont ainsi

.....

(2) « Oh mon Dieu, un tremblement de terre ! »

Figure 2 – De la détection crowdsourcée à la collecte des témoignages. L'arrivée des témoins sur notre application (rouge) et nos sites Internet (bleu et vert) après une secousse ressentie est automatiquement détectée (gauche). La détection est partagée sur les différentes plateformes (ici X) et les témoins invités à partager leurs observations (milieu). Le témoin est alors invité à choisir l'image qui représente le mieux son expérience de la secousse (droite). Il peut également partager des images et des commentaires.



été collectés de l'Égypte au sud à l'Arménie au nord dans les 30 minutes suivant le séisme qui dévasta le sud-est de la Turquie et le nord de la Syrie en février 2023.

L'efficacité et la rapidité de ce *crowdsourcing* s'expliquent par le fait que les témoins cherchent en ligne à comprendre la cause de la secousse qu'ils ont ressentie. Ces détections *crowdsourcées* répondent –partiellement– à cette question. Etant généralement la première information disponible elles bénéficient d'une propagation virale instantanée, chacun les partageant via son propre réseau sur sa plateforme préférée. Cette approche est très efficace pour les tremblements de terre car ce sont des phénomènes –à ce jour– imprévisibles et à dynamique rapide. Son extension à d'autres risques naturels prévisibles et/ou à dynamique plus lente comme les crues ne semble pas aisément envisageable.

SEULS LES SÉISMES RESSENTIS COMPTENT !

LastQuake cible les témoins des séismes. Pour ce faire, il se focalise sur les seuls séismes qui comptent pour le public et les

autorités : les séismes ressentis et ce indépendamment de leur magnitude. La communication visuelle est systématiquement privilégiée pour limiter les barrières linguistiques et assurer une couverture aussi globale que possible. En répondant à ses besoins informationnels, LastQuake assure la convergence naturelle et instantanée de la communauté des témoins qui émerge spontanément à la suite d'une secousse ressentie. Une fois cette attention captée, les échanges peuvent se poursuivre sur les réseaux sociaux et l'application pour répondre automatiquement à d'autres questions, à d'autres besoins : publications des témoignages ou de sismicité régionale sous forme de carte, avertissement quant à l'occurrence probable de répliques... (4)

LASTQUAKE : UN SYSTÈME EN PERMANENTE ÉVOLUTION

L'application LastQuake a été lancée en 2014 grâce au soutien de la Fondation MAIF³. En avril 2015, le Népal est frappé par un séisme violent et destructeur. LastQuake est installé en masse. Les demandes d'évolution ne

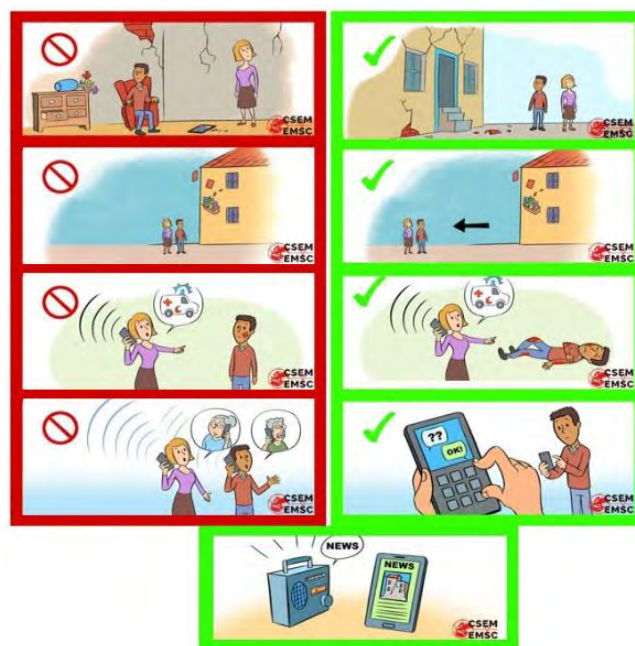
tardent pas à se manifester, la plus pressante : « que doit-on faire après une violente secousse ? ». Depuis, chaque évolution a été guidée par les demandes des utilisateurs. Après le Népal, une série de dessins présentant les comportements à privilégier et à éviter après une violente secousse, est testée auprès des utilisateurs pour s'assurer de sa clarté puis intégrée aux notifications LastQuake (5). S'ajouteront progressivement des consignes similaires pour les tsunamis ou encore un système de rédaction automatique de SMS pour informer ses proches si l'on est en sécurité après un séisme (l'envoi ou non des SMS est bien entendu laissé à l'appréciation de l'utilisateur).

La crise de Mayotte en 2018, marquée par de nombreux séismes fortement ressentis par la population mais de magnitude trop faible pour être localisés sismiquement, a engendré un fonctionnement de LastQuake inadapté et source de confusion (6). Ce fonctionnement a suscité une réaction négative mais compréhensible de la part des utilisateurs. En effet, depuis sa mise en place, les détections crowdsourcées étaient automatiquement effacées si elles n'étaient pas confirmées par des données sismiques au bout de 15 minutes afin de limiter la diffusion de possibles fausses détections.

.....

(3) MAIF (Mutuelle d'Assurance des Instituteurs de France)

Figure 3 – Consignes de sécurité relatives aux comportements à privilégier/à éviter après une violente secousse. Disponibles dans le menu de l'application LastQuake, ces consignes accompagnent également la notification envoyée aux utilisateurs situés dans les régions touchées par une violente secousse.



Du point de vue de l'utilisateur, LastQuake confirmait initialement sa propre expérience. Pendant 15 minutes les témoignages et commentaires des autres utilisateurs restaient visibles à l'écran avant que tout ne disparaisse sans explication. LastQuake se retrouva accusé de vouloir dissimuler l'existence même de ces séismes. Dans un contexte complexe où l'absence initiale d'explication scientifique à cette séquence de tremblements de terre suscitait d'ores et déjà de nombreuses polémiques, LastQuake semblait alimenter les théories complotistes. Une correction a rapidement été apportée.

DE LA DÉTECTION RAPIDE DES SÉISMES À LA LUTTE CONTRE LES PSEUDO-PRÉDICTIONS

Les modes de communication sont spécifiques à chaque canal. Le réseau X, plus propice aux discussions et aux questions/réponses a joué un rôle essentiel pour appréhender les

besoins du public et faire évoluer et compléter les publications automatiques sur les différents réseaux sociaux afin d'y répondre au mieux et au moment opportun. Par exemple, des messages prétendant l'avoir prédit apparaissent systématiquement dans les 12 à 24 heures après un séisme destructeur. Pour contrer ces fausses informations qui exploitent la vulnérabilité des populations dans ces périodes difficiles sur le plan émotionnel, des messages préventifs sont publiés à plusieurs reprises (7).

Plus généralement, les publications des robots LastQuake sur les réseaux sociaux et la durée de publication dépendent de deux principaux facteurs : les effets physiques du séisme (c'est-à-dire s'il est destructeur ou non) et la demande d'information du public (8). Nous utilisons le nombre de *felt reports* collectés comme mesure de cette demande. Elle dépend non seulement de la magnitude du séisme et du nombre de personnes l'ayant ressenti mais aussi de facteurs locaux variables et difficiles à anticiper. Plus de 4 000 *felt reports* ont par exemple

été collectés pour un séisme de magnitude 2 sous la ville de Zagreb (Croatie). Des séismes de cette magnitude ne sont généralement pas ou très peu ressentis. Pourtant celui-ci s'est révélé d'une importance considérable pour la population. Il est impératif d'y répondre au risque, dans le cas contraire de perdre en crédibilité et compromettre la confiance des utilisateurs à l'égard de nos services. Ce type de séismes est en outre une opportunité pour sensibiliser les populations à un moment où le risque sismique rarement palpable devient concret et souvent angoissant. Ils ouvrent une courte fenêtre propice (*teachable moments*⁴) à la diffusion de messages de prévention et de préparation à un moment où les attentes et l'attention des témoins sont fortes. Les messages sont publiés dans les 15 premières minutes, l'intérêt pouvant retomber très vite face aux conséquences limitées. A titre de comparaison, une cinquantaine de messages automatiques, complétés par des messages manuels sont publiés sur les réseaux sociaux sur une durée de 12 à 24h après un séisme destructeur.

.....

(4) moments particulièrement propices à l'apprentissage

UN SYSTÈME D'INFORMATION EFFICACE ?

Quantifier l'efficacité réelle de l'information diffusée par LastQuake au-delà du simple nombre d'utilisateurs, du nombre de partages ou de « j'aime » reste un défi. Les retours qualitatifs sont néanmoins positifs. Nombreux sont les témoins indiquant que l'information rapide diffusée les aide à réduire leur anxiété, un phénomène bien identifié par les sociologues du risque. Les instituts sismologiques qui communiquent en plusieurs langues étant rares, les populations de passage, comme les touristes se tournent régulièrement vers LastQuake pour obtenir des informations accessibles. Autre exemple de retours positifs, les donations et les offres de services (par exemple pour améliorer l'ergonomie de l'application) sont fréquentes après les séismes destructeurs. En février 2020, un groupe d'informaticiens Albanais a organisé un hackathon à Tirana pour améliorer LastQuake en remerciement du soutien apporté suite au séisme de Durrës (Albanie) qui fit une cinquantaine de victimes quelques mois plus tôt. Enfin, l'impact ne se limite pas à l'audience spécifique et relativement limitée des seuls réseaux sociaux. Notre activité de lutte contre les pseudo-prédictions a été identifiée et a suscité des sollicitations de la part de médias traditionnels (presse écrite, radio et télévision) ce qui a démultiplié et diversifié l'audience de nos messages.

LA VALEUR SCIENTIFIQUE DES TÉMOIGNAGES

En l'absence d'observations spatialement denses, les estimations rapides d'impact des séismes sont intrinsèquement entachées d'incertitudes majeures. Dans certaines régions du monde comme Tokyo (Japon), où le risque sismique est élevé et les moyens financiers le permettent, des réseaux accélérométriques denses (un capteur par

kilomètre à Tokyo) et en temps réel sont déployés pour contraindre la distribution spatiale de la violence de la secousse et ainsi réduire ces incertitudes. Au-delà de ces quelques régions, les observations des témoins sont la seule alternative à ces coûteux réseaux pour caractériser rapidement le niveau local de violence de la secousse engendrée par le séisme. Dans une étude rétrospective, nous avons démontré que l'ajout dans l'outil d'estimation d'impact de l'US Geological Survey des seuls *felt reports* collectés dans les 10 minutes suivant le séisme destructeur de février 2023 en Turquie aurait permis d'obtenir une estimation aussi fiable de son impact humain que celle obtenue au bout de 6 jours (9). Si les témoignages sont essentiels (10), l'absence de témoignages est une information en elle-même. Dans les zones endommagées, la priorité des populations est de porter secours aux membres de la famille, aux voisins, et de se mettre en sécurité, non pas de se connecter à une application ou un site Internet. Ce phénomène baptisé « effet donut » se manifeste par l'absence de visiteurs sur nos sites Internet et applications et a fortiori l'absence de témoignages en provenance de la zone impactée, généralement localisée à proximité de l'épicentre (11). Ce fut le cas lors du séisme du Maroc en septembre 2023 où aucune information ne remontait de la zone épicentrale alors que les témoignages et les photos affluaient en provenance de Marrakech, ville située à environ 70 km et où seuls quelques bâtiments furent endommagés.

L'AVENTURE CONTINUE !

LastQuake a été développé par des sismologues afin de collecter les observations des témoins. Pour y parvenir, le système évolue constamment pour s'adapter aux nouveaux outils et à leurs usages. Si l'impact de Twitter était considérable et s'il autorisait des discussions de qualité, c'est beaucoup moins vrai de son successeur X et à ce jour,

aucune alternative (par exemple Mastodon, BlueSky) n'a réussi à le remplacer. Nous avons complété nos plateformes par le déploiement de robots sur l'application de messagerie Telegram mais impossible de faire de même sur WhatsApp, le coût étant prohibitif. Depuis peu, Google a déployé son « *Google Earthquake Alert* », un système d'alerte précoce (*early warning*) fortement inspiré de son prédécesseur et concurrent EQN (*Earthquake Network*) développé par l'Université de Bergame (Italie) (12). Ces systèmes transforment votre smartphone en station de surveillance sismologique grâce à son capteur interne de mouvements (utilisé par exemple pour la rotation automatique de l'écran). Les séismes sont localisés en quelques secondes à partir des mesures de mouvements des smartphones les plus proches de l'épicentre et une alerte annonçant l'arrivée imminente de la secousse est envoyée aux smartphones à plus grande distance (13). Le délai varie de quelques secondes à quelques dizaines de secondes avant la secousse en fonction de la distance à l'épicentre. Pourtant plus rapide que LastQuake et implémenté sur tous smartphones Android (70% des smartphones au niveau mondial), aucune baisse d'audience n'a été à ce jour observée. En revanche, le système de Google a modifié les attentes d'une partie de nos utilisateurs, qui, s'exprimant sur son store, ne comprennent pas que les notifications de LastQuake arrivent après celles de Google ! Aucune remarque de ce type sur le store d'Apple, ses utilisateurs n'ayant pas accès au service d'alerte précoce de son concurrent !

Nous poursuivons les développements pour intégrer toujours plus de données pour caractériser les effets des séismes. Nous développons en collaboration avec l'Université de Bergame⁵ et GFZ⁶ (Allemagne) une approche statistique pour fusionner les mesures de mouvements réalisées sur les smartphones des utilisateurs d'EQN aux données sismologiques

.....

(5) Università degli Studi di Bergamo

(6) GeoForschungsZentrum Potsdam

classiques mais bien moins nombreuses, notamment dans les villes où le risque se concentre. Un questionnaire complémentaire est testé afin de mesurer la peur générée par les séismes suivant une échelle définie par des sociologues. A terme, nous souhaitons mieux évaluer l'impact psychologique des séismes et ses variations géographiques et temporelles.

Comme dans tous les domaines scientifiques, l'IA générative est appelée à jouer un rôle croissant, notamment pour l'exploitation des photos et vidéos. Rappelons tout d'abord que les images de phénomènes dynamiques que sont les séismes et tsunamis étaient rares avant l'arrivée des smartphones. Avant le tsunami de 2004 dans l'océan Indien, les illustrations de tsunamis frappant les côtes étaient souvent basées sur une photo noire et blanche de 1946 à Hawaï. Il a fallu attendre le séisme de mars 2025 au Myanmar pour filmer la rupture sismique se propageant à la surface de la terre jusqu'alors uniquement visible sur des modélisations numériques ! Aujourd'hui les témoignages vidéo sont omniprésents sur les réseaux sociaux. Les premiers essais montrent que les IA peuvent automatiser leurs traitements (localiser le lieu de l'observation, caractériser la violence de la secousse) et ouvre la voie à la fusion des observations comme nos *felt reports* collectés de manière structurée et des données non structurées en provenance des réseaux sociaux en une carte dynamique des effets du séisme.

La force de LastQuake comme interface avec le public et les témoins est et demeure de se focaliser sur les seuls séismes ressentis, soit environ 5% des séismes localisés sismiquement et de répondre aux attentes des témoins des séismes immédiatement après la secousse. Elle est essentielle pour ne pas laisser l'espace informationnel libre aux charlatans à des moments critiques et contribue à maintenir un lien de confiance entre science et société ■

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) Bossu, R., Roussel, F., Fallou, L., Landès, M., Steed, R., Mazet-Roux, G., ... & Petersen, L. (2018). LastQuake: From rapid information to global seismic risk reduction. *International journal of disaster risk reduction*, 28, 32-42.
- (2) Bossu, R., Steed, R., Roussel, F., Landès, M., Fuenzalida, A., Matrullo, E., ... & Fallou, L. (2019). App earthquake detection and automatic mapping of felt area. *Seismological Research Letters*, 90(1), 305-312.
- (3) Bossu, R., Landès, M., Roussel, F., Steed, R., Mazet-Roux, G., Martin, S. S., & Hough, S. (2017). Thumbnail-based questionnaires for the rapid and efficient collection of macroseismic data from global earthquakes. *Seismological research letters*, 88(1), 72-81.
- (4) Bossu, R., Fallou, L., Landès, M., Roussel, F., Julien-Laferrière, S., Roch, J., & Steed, R. (2020). Rapid public information and situational awareness after the November 26, 2019, Albania earthquake: lessons learned from the LastQuake system. *Frontiers in Earth Science*, 8, 235.
- (5) Fallou, L., Petersen, L., Bossu, R., & Roussel, F. (2019, May). Efficiently allocating safety tips after an earthquake-lessons learned from the smartphone application LastQuake. *proceedings of the 16th International Conference on Information Systems for Crisis Response And Management*, eds Z. Franco, J. J. González, and J. H. Canós (Spain: Iscram).
- (6) Fallou, L., Bossu, R., Landès, M., Roch, J., Roussel, F., Steed, R., & Julien-Laferrière, S. (2020). Citizen seismology without seismologists? Lessons learned from Mayotte leading to improved collaboration. *Frontiers in Communication*, 5, 49.
- (7) Fallou, L., Corradini, M., Bossu, R., & Cheny, J. M. (2022). Preventing and debunking earthquake misinformation: Insights into EMSC's practices. *Frontiers in Communication*, 7, 993510.
- (8) Bossu, R., Corradini, M., Cheny, J. M., & Fallou, L. (2023). A social bot in support of crisis communication: 10-years of @LastQuake experience on Twitter. *Frontiers in Communication*, 8, 992654.
- (9) Bossu, R., Böse, M., Steed, R., & Wald, D. J. (2024). The Potential of Crowdsourced Data for the Rapid Impact Assessment of Large Earthquakes: The 2023 M 7.8 Kahramanmaraş-Pazarcık, Türkiye, Earthquake. *Seismological Research Letters*, 95(4), 2058-2070.
- (10) Lilienkamp, H., Bossu, R., Cotton, F., Finazzi, F., Landès, M., Weatherill, G., & von Specht, S. (2023). Utilization of crowdsourced felt reports to distinguish high-impact from low-impact earthquakes globally within minutes of an event. *The Seismic Record*, 3(1), 29-36.
- (11) Bossu, R., Landès, M., Roussel, F., & Steed, R. (2018). Felt reports for rapid mapping of global earthquake damage: The doughnut effect? *Seismological Research Letters*, 89(1), 138-144.
- (12) Bossu, R., Finazzi, F., Steed, R., Fallou, L., & Bondár, I. (2022). "Shaking in 5 Seconds!"—Performance and user appreciation assessment of the earthquake network smartphone-based public earthquake early warning system. *Seismological Society of America*, 93(1), 137-148.
- (14) Finazzi, F., Bossu, R., & Cotton, F. (2024). Smartphones enabled up to 58 s strong-shaking warning in the M7.8 Türkiye earthquake. *Scientific Reports*, 14(1), 4878.