Les leçons tirées des grands séismes à l'Est du Japon

Partage international n° 401 – Février 2022

par Nobuko Itoh

Le Japon est un pays sujet aux séismes où les quatre principales plaques tectoniques du monde se chevauchent, et ses scientifiques sont bien connus pour avoir produit certains des meilleurs résultats de recherche sismique au monde. Cependant, la survenue du grand tremblement de terre de l'Est du Japon en 2011 a été un énorme choc pour les sismologues et les scientifiques car ils n'avaient pas été en mesure de le prédire. Les résultats de leurs recherches sont depuis devenus beaucoup plus précis.

Juste avant le 11 mars 2011, date du tremblement de terre dans la région de Tohoku, ils avaient observé des déplacements de plaques et d'autres phénomènes connus sous le nom de glissements lents, mais ils n'étaient pas en mesure de faire de prédictions. Afin d'y remédier, scientifiques et sismologues tentent depuis lors de combiner toutes sortes de technologies et de recherches.

L'Agence japonaise pour les sciences et technologies marines et terrestres (Jamstec) est un institut créé pour la recherche marine et la recherche et le développement géophysiques connexes, qui se concentre sur la prévision des tremblements de terre et des tsunamis. L'une de ses activités consiste à mettre en place un réseau d'observation sous-marine. Des planeurs à vagues, sans pilote et rechargés par le mouvement des vagues, sont déployés dans des zones précédemment observées seulement quelque fois par an. Ils communiquent avec des capteurs posés sur le plancher océanique pour collecter des données. Le véhicule de surface sans pilote n'a pas besoin d'être ravitaillé en carburant, ce qui lui permet de fonctionner pendant une longue période, permettant des observations plus précises et plus nombreuses qu'auparavant. En plus de prédire l'occurrence des tremblements de terre, l'agence travaille à améliorer la précision des simulations pour la prédiction immédiate de forts mouvements du sol et des tsunamis lorsque des tremblements de terre se produisent.



Photo : JordyMeow, CC0 1.0, via pixabay
Le Japon est un pays sujet aux séismes, où les quatre principales plaques tectoniques du monde se chevauchent.

Architecture antisismique

Cependant, les séismes au Japon se produisent non seulement le long du littoral, mais aussi dans les terres le long d'innombrables failles actives dans tout l'archipel. Par conséquent, l'Institut de recherche sur la prévention des catastrophes de l'université de Kyoto expérimente une nouvelle méthode pour mesurer les mouvements millimétriques de la Terre, en analysant les données d'un réseau national de 1 300 capteurs GPS spécialisés. Bien que l'analyse des données GPS et des planeurs à vagues ait permis aux supercalculateurs de prédire les tremblements de terre avec un degré élevé de précision, il n'est toujours pas possible de prédire leur date exacte. La prévention et la préparation restent donc essentielles.

Dans une perspective de minimisation des dommages, la conception des bâtiments eux-mêmes a été étudiée. Un exemple est la maison « flottante ». Les entreprises Kishimoto Construction et Sansei Air Vibration Isolation System ont développé un système qui isole le logement des tremblements de terre en le faisant « flotter dans les airs ». L'objectif est de réduire d'un dixième les secousses pour rendre la maison plus sûre et plus durable. Plus le séisme est important, plus le système est efficace. Ces dernières technologies antisismiques coûteraient environ la moitié du prix des systèmes d'isolation sismique conventionnels.

La clé d'une maison qui ne tremble pas est une fondation en béton à double couche et une technologie qui utilise de l'air comprimé pour faire flotter le bâtiment afin d'éviter qu'il ne soit affecté par les secousses. Lorsqu'un sismomètre installé sur le sol détecte un mouvement de secousse, l'air est automatiquement pompé dans le bâtiment et, en 0,3 seconde, un film d'air se forme, créant un effet d'isolation sismique. Environ 6 secondes plus tard, le bâtiment est soulevé de 2 cm dans les airs depuis sa base en béton. Une fois en l'air, la pression dans le réservoir d'air chute, mais il peut être automatiquement réapprovisionné à chaque fois. Un capteur sismique intégré à la surface de la terre surveille les tremblements de terre en continu. Lorsque le capteur détecte un tremblement de terre d'intensité 3 ou plus, le contrôleur ouvre la vanne d'air, et envoie l'air stocké dans le réservoir de flottaison entre les couches d'isolation sismique des fondations et la maison monte instantanément.

Le système d'isolation sismique AIR est réputé pour avoir une structure très simple et il n'y a quasiment aucun risque de panne. Le système peut être appliqué aux nouvelles maisons en bois, mais il est également en cours de développement pour être utilisé dans les bâtiments à charpente métallique. Il est possible de les installer dans des bâtiments existants, mais il est souvent difficile de répondre à la demande car cela nécessite des travaux importants. Le système, qui a été installé dans 230 maisons, n'est pas du tout affecté par les typhons et passe automatiquement sur batterie en cas de panne de courant, même après un tremblement de terre majeur – une caractéristique essentielle.

En février 2021, un tremblement de terre de magnitude 7,3 a frappé la côte. A cette époque, une clinique de la préfecture de Miyagi, qui avait installé le nouveau système, rapportait que *« le matériel médical ne bougeait pas d'un centimètre ; tout est resté en place. »*

En octobre, un séisme dans la zone intérieure de la préfecture de Chiba a provoqué des secousses d'une intensité de 5 Upper (une mesure japonaise de l'intensité des tremblements de terre) dans la région métropolitaine de Tokyo, mais la clinique de Miyagi n'a pas tremblé du tout.

En revanche, la résistance aux secousses des gratte-ciel peut être grandement améliorée par l'intelligence artificielle (IA). Dès 2017, NTT Facilities Inc. a développé une nouvelle technologie pour contrôler les vibrations à l'aide de l'IA. Elle permet de contrer les tremblements de terre à longue période dans les immeubles de grande hauteur. Il s'agit d'une méthode de limitation des vibrations qui utilise de l'énergie externe pour fournir au bâtiment la force de contrôle nécessaire pour supprimer les secousses.

La technologie se sert d'une intelligence artificielle qui a appris à optimiser le contrôle des vibrations, en utilisant l'énergie électrique pour contrôler les amortisseurs du bâtiment, afin qu'ils absorbent l'énergie du tremblement de terre et réduisent les secousses avec un dispositif qui entraîne l'expansion et la contraction.

Il a été démontré que le système réduit les secousses des bâtiments de 50 % ou plus par rapport à la technologie conventionnelle. Des développements sont en cours dans l'optique d'une future application à grande échelle.

Il est également devenu possible de simuler des villes entières à l'aide de supercalculateurs tels que les ordinateurs K et Fugaku. Des recherches révolutionnaires sur la prévention et l'atténuation des catastrophes pour un large éventail de zones urbaines sont en cours pour limiter les dommages provoqués par un énorme tremblement de terre.

Lors de la SC17, l'une des principales conférences internationales sur le calcul haute performance, qui s'est tenue à Denver aux Etats-Unis, le professeur associé Tsuyoshi Ichimura de l'Institut de recherche sur les tremblements de terre de l'université de Tokyo, le doctorant Takuma Yamaguchi et d'autres personnes ont reçu un prix pour leur recherche sur un système de prévision de la distribution des tremblements de terre de nouvelle génération qui combine des simulations numériques à grande échelle à l'aide de l'ordinateur K avec l'IA. Pour leurs recherches, ils ont eu accès aux ordinateurs K et Fugaku, et ont pu analyser et prédire des données chaque seconde après un tremblement de terre, comme la façon dont le sol et les bâtiments se déplaceront en réponse au niveau de secousse.

Grâce à l'utilisation de l'IA alimentée par les données de distribution sismique analysées par l'ordinateur K, il est devenu possible d'estimer le mouvement sismique et le moment où de grands tsunamis arriveront, afin d'éviter de futures destructions. Ils analysent les nouvelles prévisions de tsunami en exécutant 20 000 simulations différentes avec différents paramètres pour identifier les tsunamis qui seraient générés sur une vaste zone à grande vitesse. Une telle déduction et un tel calcul tenant compte des incertitudes n'étaient tout simplement pas possibles dans le passé.

L'Institut international de recherche sur les sciences des catastrophes de l'université de Tohoku mène également des simulations à l'aide d'une combinaison d'intelligence artificielle et de superordinateurs pour prédire l'occurrence de nouveaux tsunamis afin de sauver des vies et de comprendre avec précision quand et comment de grands tsunamis se produiront afin d'éviter de futures destructions.

Malgré tous ces efforts de recherche, les sismologues soulignent qu'il est encore difficile de prédire avec précision les tremblements de terre et les tsunamis, il est donc toujours important d'être préparé à ce qui peut arriver, d'être aussi bien informé que possible et d'effectuer des exercices de sécurité.

Il n'y a pas de garantie absolue de sécurité face aux catastrophes naturelles. Cependant, les sismologues et les scientifiques poursuivent leurs recherches sans relâche et la précision de leurs découvertes augmente considérablement.

Japon **Auteur** : Nobuko Itoh, correspondant de Share International demeurant à Tokyo (Japon).
Thématiques : environnement
Rubrique : De nos correspondants