



# Trémors et glissements épisodiques

## Introduction

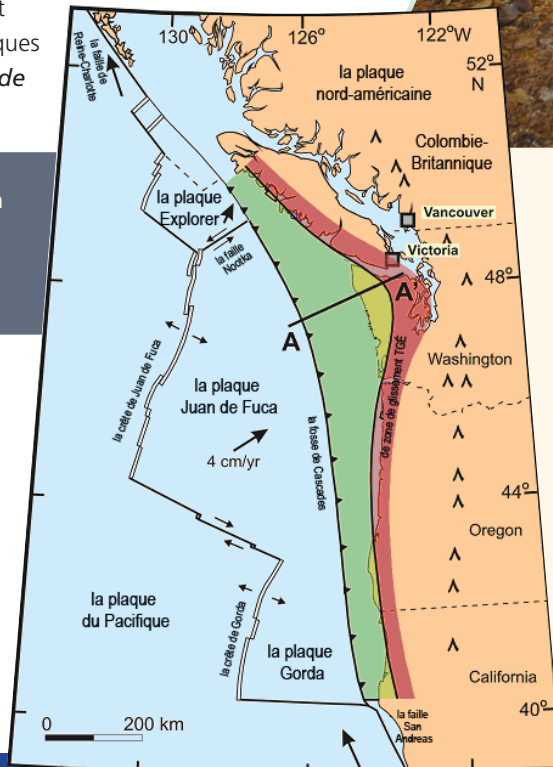
Les trémors et les glissements épisodiques (TGÉ) sont un processus qui survient bien en dessous de la surface terrestre, le long de **failles** qui constituent les limites de **plaques tectoniques**. Ce processus consiste en des épisodes répétés de glissements lents sur quelques centimètres, qui durent plusieurs semaines et qui sont accompagnés de faibles secousses sismiques (trémors). Dans les enregistrements sismiques, les trémors se présentent sous forme de vibrations prolongées et intermittentes, similaires à celles produites par des tempêtes de vent. Ils diffèrent des séismes qui génèrent de grandes ondes de choc prononcées qui diminuent très rapidement.

## La zone de subduction de Cascadia

En 2003, des chercheurs de Ressources naturelles Canada (RNCan) ont découvert le lien entre les épisodes de glissement lent et les trémors dans la zone de subduction de Cascadia (ZSC), la région sismique la plus active au Canada. Cette région s'étend du nord de l'île de Vancouver au nord de la Californie et constitue la limite entre la plaque Juan de Fuca et la plaque nord-américaine. Située en milieu extracôtier sous l'océan Pacifique, la plaque Juan de Fuca glisse (ou est **subduite**) sous la bordure ouest de la plaque nord-américaine.

La zone de contact entre les deux plaques est appelée **faille de subduction**.

Plaques tectoniques sur la côte ouest du Canada et des États-Unis.



La carte représente la limite entre le système de plaques Juan de Fuca et la plaque nord-américaine, qui constitue la zone de subduction de Cascadia (ZSC). Cette zone s'étend du nord de l'île de Vancouver au nord de la Californie et depuis la fosse de Cascadia au large des côtes jusqu'à la ceinture volcanique des Cascades sur le continent. Les grosses flèches indiquent la direction du mouvement des plaques océaniques par rapport à l'Amérique du Nord, tandis que les petites flèches illustrent les mouvements relatifs de part et d'autre des limites d'autres plaques. Le trait à pointes noires représente la fosse de Cascadia, où la plaque Juan de Fuca commence sa descente sous la plaque nord-américaine. La tracé A-A' marque l'emplacement de la coupe transversale de la croûte terrestre illustrée à la page 2.



Mise en place d'une antenne GPS pour une station temporaire près de la mine Myra Falls, sur l'île de Vancouver. Cette région fait l'objet d'une surveillance étroite puisqu'elle se situe à proximité de l'épicentre du séisme de magnitude 7,3 survenu sur l'île de Vancouver en 1946.

**Faïlle** - Fracture de la croûte terrestre accompagnée du déplacement de deux compartiments le long d'un plan.

**Plaques tectoniques** - Grandes fragments de la croûte terrestre qui se déplacent lentement dans diverses directions. Les plaques tectoniques, d'une épaisseur variant entre 10 et 60 km, peuvent être à l'échelle d'un continent (plusieurs milliers de kilomètres) ou beaucoup plus petites (plusieurs centaines de kilomètres). La ville de Victoria est située sur la bordure ouest de la plaque nord-américaine.

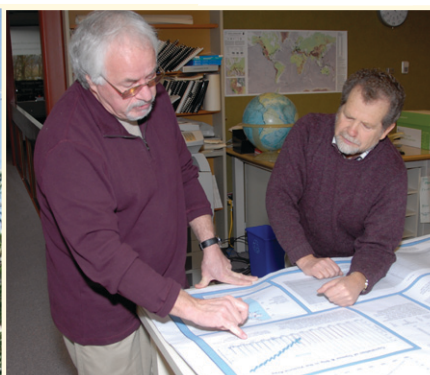
**Grand séisme** - Séisme ayant une magnitude de 8 ou plus sur l'échelle de Richter.

**Prévision de séisme** - Prévision précisant avec exactitude le lieu, le moment et la magnitude d'un séisme imminent. La prévision d'un séisme est souvent exprimée en termes de probabilité statistique. Par exemple, une prévision pourrait indiquer qu'au cours des prochaines années, la probabilité qu'un grand séisme se produise dans la ZSC est 30 fois plus élevée que la normale.

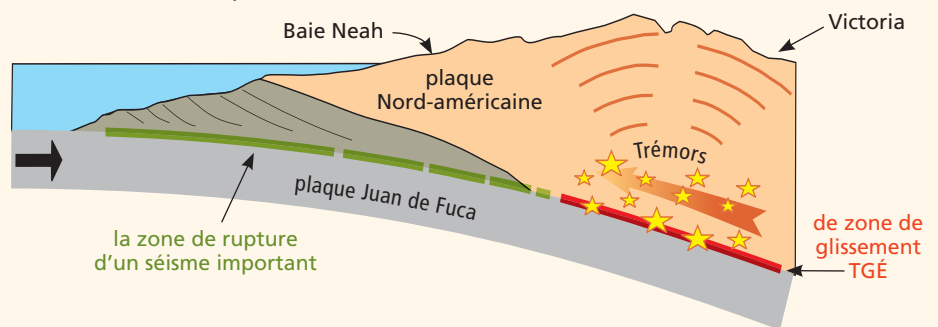
**Déformètres** - Dispositifs sensibles utilisés pour mesurer les très petites variations des contraintes exercées sur le substratum rocheux. Ces variations ne résultent pas seulement de la tectonique des plaques, mais également des changements mineurs de la charge en surface dus aux précipitations ou aux variations de la pression atmosphérique.

## Cycle des grands séismes : histoire d'un glissement saccadé

Plutôt que de glisser continuellement l'une par rapport à l'autre, la plaque Juan de Fuca et la plaque nord-américaine sont retenues par friction dans une zone « verrouillée », le long de la partie supérieure de la faille de subduction. Tous les 500 à 600 ans en moyenne, les contraintes deviennent trop grandes et la zone verrouillée se dégage soudainement. En quelques minutes à peine, d'énormes quantités d'énergie accumulées pendant des siècles sont relâchées, déclenchant un séisme de magnitude 8 ou 9. Un séisme d'une telle magnitude est appelé mégaséisme ou **grand séisme**. Il peut provoquer un glissement de 10 à 20 mètres sur plusieurs centaines de kilomètres le long de la ligne de faille. Après un grand séisme, les deux plaques se collent de nouveau et le cycle de collage-glissement ou glissement saccadé se répète.



Coupe transversale de la croûte terrestre dans la zone de subduction de Cascadia, vue depuis le sud.



La figure montre les emplacements de la zone de rupture d'un grand séisme (en vert) et de la zone de glissement des TGÉ (en rouge) entre la plaque subduite Juan de Fuca et la plaque nord-américaine sus-jacente. La flèche pointant vers la droite indique le mouvement de convergence de la plaque Juan de Fuca vers l'Amérique du Nord. Les tremors (étoiles jaunes) se trouvent sur la zone de glissement et au-dessus d'elle. Ils sont activés par le glissement et produisent des vibrations de faible intensité qui se diffusent jusqu'à la surface. Au-dessus de la zone de glissement, la flèche pointant vers la gauche indique la direction du glissement de la plaque nord-américaine sus-jacente. Le glissement se réduit à néant à la bordure supérieure de la zone de glissement.

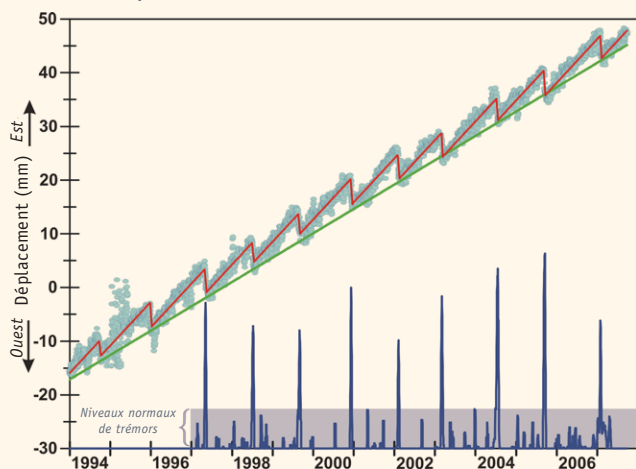
## TGÉ sur la côte ouest du Canada

Depuis 1991, des instruments GPS automatisés, ancrés dans le substratum rocheux, permettent de surveiller continuellement la côte du sud-ouest de la Colombie-Britannique qui subit une compression progressive vers l'est résultant du blocage des plaques. Grâce à l'amélioration des données GPS et des outils d'analyse, les chercheurs ont récemment découvert un phénomène de glissement saccadé plus subtil dans une portion plus profonde de la faille de subduction, dorénavant désignée sous le nom de zone de glissement des TGÉ. Les épisodes de TGÉ sont perçus comme des glissements très petits et lents, et ils se produisent beaucoup plus fréquemment que les déplacements massifs et soudains, caractéristiques des séismes importants.

Dans l'ensemble de la zone verrouillée, jusqu'à des profondeurs de 15 à 20 kilomètres, la convergence des plaques a exercé une pression vers l'intérieur sur la bordure côtière de la plaque nord-américaine, et ce, pendant des centaines d'années (s'inscrivant dans le cycle des grands séismes). Cependant, à des profondeurs de 25 à 45 km, la faille de subduction se bloque pendant des périodes d'environ 15 mois, puis elle glisse sur plusieurs centimètres pendant une période d'environ deux semaines. À la surface, les instruments GPS enregistrent les effets de ces collages et ces glissements (glissements saccadés) en profondeur.

Sur l'île de Vancouver, les épisodes de glissement en profondeur sont accompagnés de tremors, qui sont enregistrés par le même réseau de sismographes utilisés pour mesurer les séismes. Contrairement aux ondes de choc sismiques, les tremors persistent, comme bruit de fond, pendant toute la durée des épisodes de TGÉ. Ces tremors, combinés aux glissements de plaques en profondeur, annoncent un épisode de TGÉ. Le lent glissement de faille et les tremors sont si faibles que seuls des instruments spécialisés peuvent les détecter.

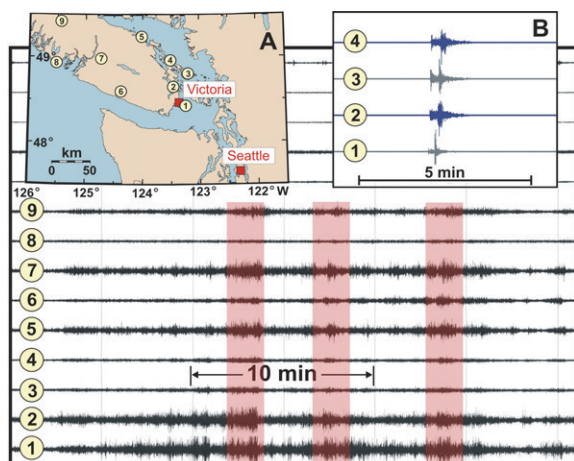
Mouvement vers l'ouest de la station GPS de Victoria correspondant aux rafales d'activité des tremors.



**Trait oblique en dents de scie :** Les cercles bleus représentent la variation quotidienne de l'emplacement de la station GPS de Victoria suivant une direction est-ouest. La tendance à long terme (trait vert) indique que, en moyenne, la station se déplace vers l'est de cinq millimètres par année. Le trait rouge en dents de scie indique que, pendant environ 15 mois, la station GPS se déplace vers l'est plus rapidement que la moyenne à long terme. Toutefois, à la fin de chaque période de 15 mois, la station se déplace d'environ quatre millimètres vers l'ouest pendant deux semaines. Ces inversions ou pauses temporaires marquent des épisodes de TGÉ.

**Pointes au bas de la figure :** Les vagues d'activité des tremors se produisent tout au long de l'année, mais durent rarement plus de 20 heures par période de 10 jours. Pendant les épisodes de TGÉ, les tremors augmentent par un facteur de 10 ou plus (pointes les plus élevées), démontrant ainsi la relation étroite entre les tremors et les glissements.

Enregistrements sismiques de tremors durant un épisode de TGÉ type.



Enregistrements sismiques de tremors durant un épisode de TGÉ type observé à neuf stations sismiques sur l'île de Vancouver. Un enregistrement de tremors examiné à une seule station ressemble beaucoup à un bruit sismique aléatoire qui peut être produit par une tempête de vent. Cependant, l'examen d'enregistrements multiples obtenus à diverses stations montre que ce « bruit » présente des rafales cohérentes qui se déplacent dans le réseau (voir les portions ombrées à titre d'exemple). Par conséquent, ces signaux doivent avoir une origine commune à l'intérieur de la Terre. Il convient de souligner que la sensibilité d'enregistrement varie à chaque station. L'image A montre l'emplacement des stations dotées d'un sismographe et l'image B montre les enregistrements sismiques pour un séisme local type aux quatre premières stations.



## Importance des TGÉ

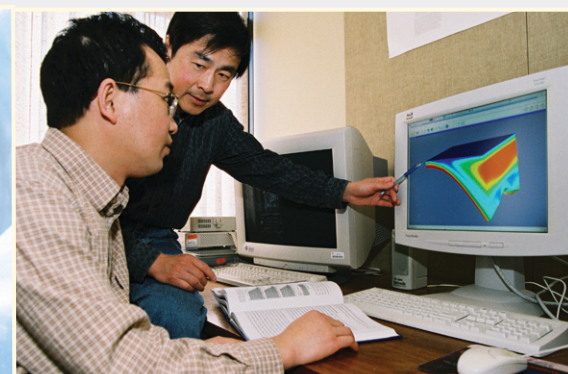
Bien qu'il ne soit pas encore possible d'expliquer tous les aspects des TGÉ, les épisodes de TGÉ dans la ZSC pourraient mener à de meilleures estimations du lieu et du moment du prochain grand séisme sur la côte ouest du Canada.

**Lieu :** En délimitant les zones de la faille de subduction où les contraintes ne s'accumulent pas à long terme, les épisodes de TGÉ permettent de définir la limite est (continentale) de la zone où se produira la rupture lors du prochain grand séisme. Ainsi, il est possible d'estimer plus exactement la proximité de cette rupture par rapport aux grands centres urbains de la côte ouest et l'intensité des secousses qui pourraient y être ressenties.

**Moment :** Bien que les TGÉ ne puissent pas nous aider à prévoir les séismes à l'heure actuelle, ils constituent une base permettant d'améliorer les prévisions. Chaque épisode de TGÉ ajoute un peu plus de contraintes dans la portion verrouillée de la zone de subduction. Ainsi, à mesure que les contraintes augmentent et s'approchent d'un seuil critique, un épisode de TGÉ pourrait occasionner une contrainte supplémentaire amenant le dépassement de la force de friction sur une faille et, ainsi, le déclenchement d'un grand séisme. Par conséquent, un épisode de TGÉ accroît la probabilité d'un grand séisme.

## La recherche se poursuit

Les chercheurs étudient des relations possibles entre le lieu et le moment des épisodes de TGÉ et les nombreux autres séismes qui se produisent près de la faille de subduction entre les plaques nord-américaine et Juan de Fuca. Les variations mineures des contraintes tectoniques régionales sont mesurées à l'aide de déformètres très sensibles installés au fond de puits de forage de 200 m de profondeur. Cette information, combinée aux données GPS et sismiques de la région, est utilisée pour déterminer les processus physiques à la base des TGÉ.



Les travaux sur la tectonique des plaques du gouvernement du Canada sont réalisés par le Secteur des sciences de la Terre de Ressources naturelles Canada.

Pour plus de renseignements sur les tremors et les glissements épisodiques, veuillez consulter le site Web de Ressources naturelles Canada :

[www.gsc.nrcan.gc.ca/geodyn/ets\\_f.php](http://www.gsc.nrcan.gc.ca/geodyn/ets_f.php)

Commission géologique du Canada  
9860, chemin Saanich Ouest  
Sidney, BC V8L 4B2  
Téléphone : 250-363-6500  
[infoseisme@rncan.gc.ca](mailto:infoseisme@rncan.gc.ca)