



Mise en évidence des mouvements de la lithosphère liés au Tsunami du 26 décembre 2004

François CORDELLIER, professeur au lycée Jean Perrin de Rezé

Objectifs

La chronologie des événements

Le contexte géologique du tsunami

Les déplacements relatifs associés au séisme

Schématisation des mouvements

Pistes pédagogiques

Quelques liens

Téléchargement

Objectifs

Le séisme de Sumatra du 26 décembre 2004 a été suivi d'un tsunami d'une ampleur rarement observée, plongeant un grand nombre de pays dans le deuil. En dehors des interrogations légitimes sur les aspects humanitaires, économiques et politiques d'une telle catastrophe, les élèves ont manifesté une volonté de comprendre les mécanismes géologiques à l'origine du tsunami. Ils ont en particulier été frappés par son aspect imprévisible. Les quelques informations et activités pratiques qui suivent pourront servir de support à un dialogue avec les élèves en particulier en classe de quatrième, première S et de terminale S où l'insertion d'une séquence concernant ce phénomène s'appuie sur les programmes de géologie. Il n'aurait pas été possible de rédiger ces documents sans les conseils et les données de Jean-Claude Ruegg de l'Institut de Physique du Globe de Paris (CNRS). Qu'il en soit ici remercié.

Ces documents sont avant tout destinés à l'information des professeurs. Ils pourront éventuellement servir de supports à des activités pratiques utilisant aussi bien les logiciels cités (sismolog et tri-GPS) que des documents reprenant les illustrations ci-dessous.

[Retour](#)

La chronologie des événements

Au début de janvier 2005 une page complète de documentation a été mise en ligne sur le site educnet. Il suffit de suivre les liens de la rubrique "actualité". Cette rubrique <http://www.educnet.education.fr> n'étant pas pérenne par essence, il est impératif d'enregistrer les documents localement pour pouvoir les réutiliser en classe.

Le site du CNRS présente une grande quantité d'informations scientifiques sur l'ensemble des phénomènes :

<http://www.insu.cnrs.fr/web/article/art.php?art=1262>

Une des questions les plus fréquentes des élèves concernant l'absence de mise en alerte, il est important de dire que l'arrivée du tsunami sur la côte de Sumatra n'a eu lieu qu'une heure et vingt minutes après le séisme. Ce délai est beaucoup trop court pour pouvoir avertir les populations en l'absence de dispositif d'alerte institutionnel.

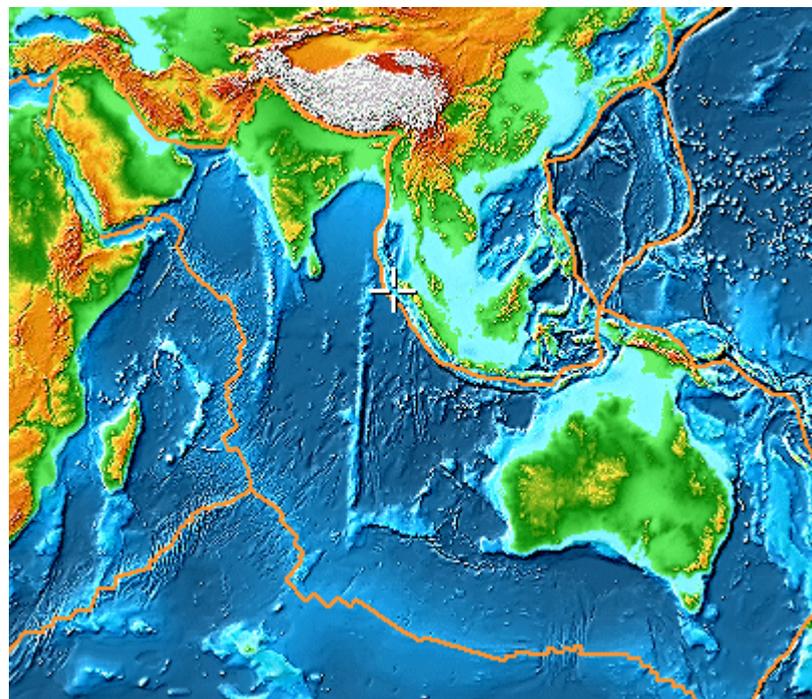
Une chronologie rédigée par des journalistes est disponible sur le site du collège des caillols à Marseille

<http://www.clg-caillols.ac-aix-marseille.fr/sismo/seismes/20041226/Liberation20040114.htm>

[Retour](#)

Le contexte géologique du tsunami

La consultation des limites de plaques avec sismolog montre que le séisme s'est produit à la limite entre les plaques indo-australienne et Eurasie.



Une prospection des stations présentes dans la zone du séisme ne montre que trois stations dans la banque de données de Tri_Gps. BAKO est positionnée à Cibimong sur l'île de Java, NTUS est à Singapour et COCO sur les îles Cocos dans l'océan indien. Il n'y pas de station permanente à Sumatra.

[Voir la page sur l'utilisation de tri-GPS sur ce site](#)

Station	V	Latitude (degrés)	Longitude (degrés)	Altitude (mm)	Vit. Lat. (mm/an)	Vit. Long (mm/an)
BAKO		-6,491054504	106,848910281	158212,6	-6,4	25,01
		+/- 0,21 mm	+/- 0,65 mm	+/- 1,04	+/- 0,12	+/- 0,37
COCO		-12,188348078	96,833968775	-35257,2	49,31	43,96
		+/- 0,13 mm	+/- 0,29 mm	+/- 0,64	+/- 0,05	+/- 0,12
NTUS		1,345801923	103,67995717	75415,7	-7,55	28,9
		+/- 0,14 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,7	+/- 0,05	+/- 0,11

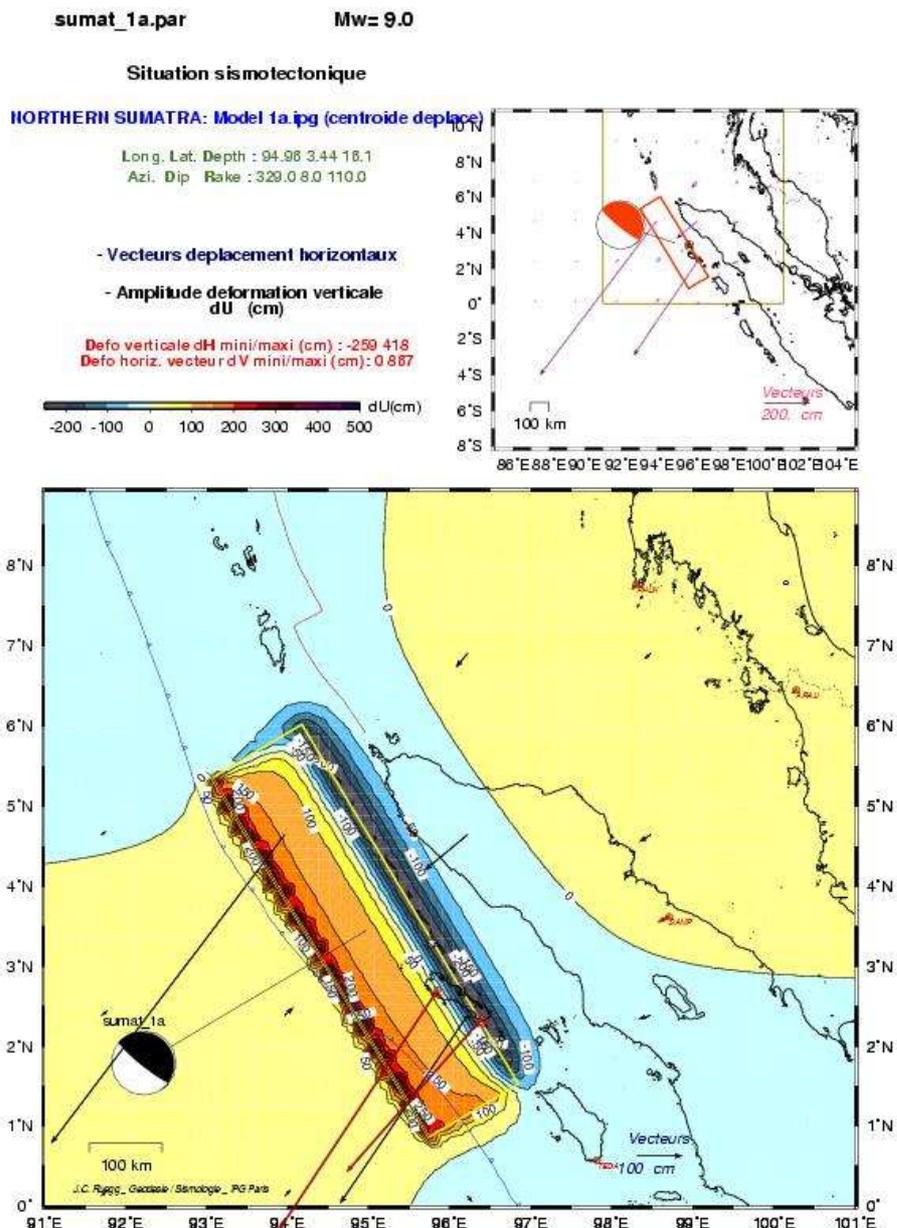
Les déplacements relatifs associés au séisme

Deux obstacles majeurs s'opposent pour le moment à une étude directe des séries temporelles associées au séisme :

- il n'y a pas de station GPS permanente à proximité du séisme pour des raisons diverses et en particulier l'existence d'une guérilla indépendantiste dans la région de Banda Aceh en Indonésie,
- les séries temporelles des stations BAKO, COCO et NTUS sont pour le moment disponibles jusqu'au 23 décembre 2004.

Lorsqu'elles seront disponibles pour la période du séisme, il y a peu de chances qu'elles montrent des décalages importants car elles sont situées trop loin des failles qui ont joué lors du séisme.

[Jean-Claude Ruegg de l'Institut de Physique du Globe de Paris](#) a publié une carte qui modélise les déplacements attendus compte tenu des caractères du séisme et de ses répliques. La carte ci-dessous est publiée avec son autorisation et peut être utilisée en classe avec des élèves de première S ou de terminale S.



Il s'agit d'un modèle établi d'après les données disponibles concernant le séisme. Il représente le champ de déformation qui y est associé. "Les couleurs et iso-contours représentent le déplacement vertical, les vecteurs noirs dans la grande figure (et violet sur la carte de situation en haut à droite) sont ceux calculés sur une grille régulière et ceux en rouge sur des points de la région qui ont été mesurés par GPS pendant des campagnes de quelques jours" (J-C Ruegg, par courriel).

Pour faire percevoir la nature et l'importance du mouvement par les élèves, il est possible de travailler sur les déplacements horizontaux sur la petite carte en tête du document. La consultation de l'échelle montre qu'ils sont sans commune mesure avec les déplacements asismiques régionaux étudiés plus haut. Les sens même de ces déplacements sont opposés à ceux qui sont mesurés habituellement dans la région. Un travail plus précis sur l'amplitude des déplacements montre que l'île principale de Sumatra s'est déplacée beaucoup moins que les îles proches du plan de subduction. Il y a là un contexte "d'ouverture tectonique" qui pose problème dans une région où la convergence règne.

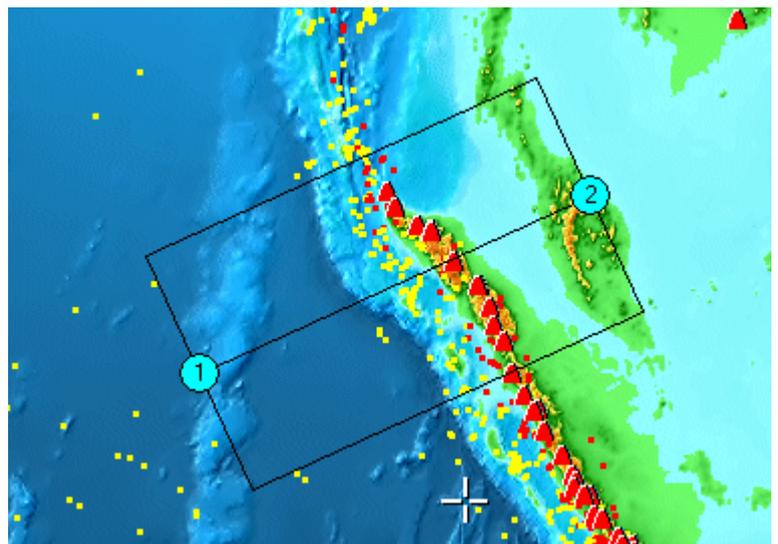
La grande carte fournit la solution de ce problème. On y voit qu'un pan de croûte terrestre de 400 km de long s'est soulevé de 5 mètres environ au voisinage du plan de subduction alors qu'il s'abaissait de 2 mètres environ dans sa partie nord-est. Ce mouvement peut être associée à la relaxation de contraintes le long de failles inverses parallèles au plan de subduction. L'échelle tectonique a réagi aux contraintes en se redressant le long de la faille sud-ouest et en s'enfonçant au nord-est. C'est ce mouvement de l'écorce qui est directement responsable des déplacements d'eau qui ont provoqué les tsunamis en arrivant sur les côtes.

Il est important de rappeler que ce document résulte d'une modélisation et que des mesures de vérification devront être réalisées sur le terrain pour valider ce modèle.

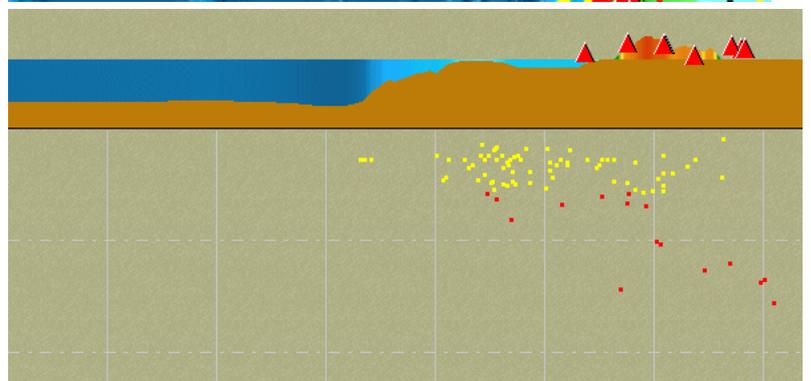
[Retour](#)

Schématisation des mouvements

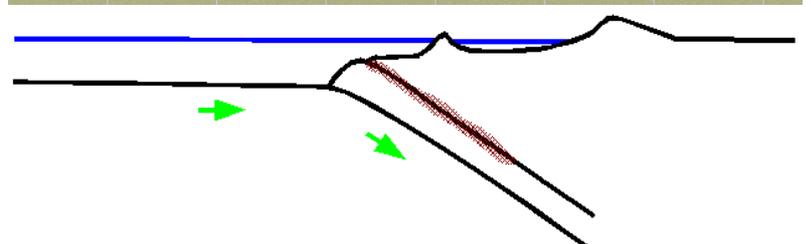
L'utilisation de Sismolog permet de découvrir la situation du séisme et du volcanisme associé. Cette zone présente des particularités par rapport au cas classique que constitue la subduction de la plaque Nazca sous l'Amérique du sud.



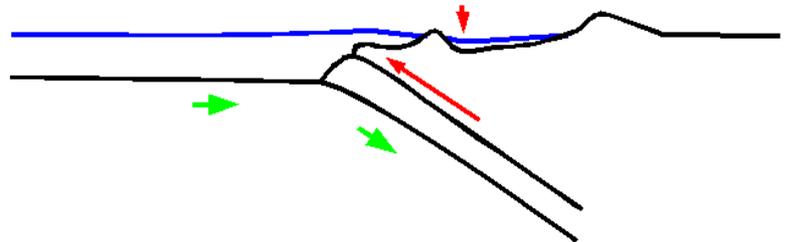
Le code couleur de la carte indique que le sud de la Thaïlande, la Malaisie et les îles indonésiennes font partie d'un unique continent dont les parties basses sont submergées. Le talus continental est donc loin de la côte. L'étude des foyers sismiques montre que plusieurs plans de failles se succèdent d'ouest en est. Superficiellement, les failles inverses parallèles au plan de subduction sont nombreuses.



Ce premier schéma orienté SW-NE montre la situation qui prévalait avant le séisme. La faille inverse est bloquée (partie hachurée) et le mouvement asismique (flèches vertes) de la plaque australienne place les différents compartiments sous contrainte de compression.



La relaxation de ces contraintes se produit le long d'une faille inverse. Cela induit un basculement du bloc vers le nord-est (flèches rouges). Le mouvement du fond sous-marin perturbe le niveau marin et crée une onde qui se propage discrètement en pleine mer mais qui produit des vagues déferlantes gigantesques lorsqu'elles arrivent sur les côtes.



[Retour](#)

Pistes pédagogiques

Les documents ci-dessus ont été utilisés au cours de séquences dialoguées avec des élèves de première S et de terminale S durant la première semaine de janvier 2005. Il s'agissait bien entendu d'apporter une information scientifique sur les mécanismes du séisme. Les chapitres concernant les mouvements des plaques lithosphériques avaient déjà été traités dans ces deux classes.

Il est apparu que la notion la plus difficile à utiliser est celle de "relaxation des contraintes" qui conduit à des mouvements en sens inverse de ceux indiqués par les enregistrements de déplacement de plaque. Il faut cependant noter que ce mécanisme est à la base de tous les séismes. L'importance du séisme est une bonne occasion de mettre en évidence ce phénomène car les médias ont abondamment diffusé des informations sur les déplacements dans la zone de Sumatra.

Dans le cadre des progressions de quatrième, de première S et de terminale S, des activités pratiques peuvent faire appel à ces documents.

- En quatrième, la localisation du séisme avec sismolog permettra de montrer qu'il s'inscrit dans un ensemble de manifestations sismiques et volcaniques caractéristiques d'une zone de convergence. Les schémas peuvent être utilisés pour apporter une information sur la modélisation du phénomène.
- En première S, les zones de convergence ne sont pas étudiées en détail mais l'utilisation de sismolog et de tri-gps permettent de préciser le concept de zone de convergence sans en préciser le fonctionnement.
- En terminale S, le séisme de Sumatra illustre parfaitement le fonctionnement d'une zone de convergence. L'utilisation de sismolog et de tri-gps par les élèves permettra de préciser les caractères d'une telle zone. Les cartes et schémas pourront être utilisés pour établir un modèle de déformation qui est transposable dans d'autres zones de convergence. Le séisme d'Arequipa au Pérou en 2001, lui aussi accompagné d'un tsunami, montre des caractéristiques similaires.

[Retour](#)

Quelques liens

Des données complémentaires sur le site d'histoire géographique de Nantes :

<http://www.ac-nantes.fr/peda/disc/histgeo/coucoeur/0105.htm>

Des données et des schémas sur le site de Dijon :

http://webpublic.ac-dijon.fr/pedago/svt/dyn/article.php3?id_article=147

http://webpublic.ac-dijon.fr/pedago/svt/dyn/article.php3?id_article=126

Une mise à jour des données comportant le séisme de Sumatra pour "seismic eruption" :

www.geol.binghamton.edu/faculty/jones/2004122600.exe

Une carte et un utilitaire de conversion de données GPS sur le site de Lyon :

http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/biologie/ress/geologie/gps/convergence/oc_indien1.html

L'encyclopédie gratuite et coopérative WikiPedia donne de nombreux articles sur la catastrophe (textes et illustrations libres de droits)

- <http://fr.wikipedia.org/wiki/S%C3%A9isme> (séisme)

- http://fr.wikipedia.org/wiki/Tremblement_de_terre_du_26_d%C3%A9cembre_2004

- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Tsunami> (tsunami)

