

Qu'est-ce qu'un tsunami ?

Le phénomène que nous appelons "Tsunami" est une série de vagues de période extrêmement longue se propageant à travers l'océan, générées par des mouvements du sol dus essentiellement à des séismes sous-marins.

Page 1/6 - Qu'est-ce qu'un tsunami ?

Le phénomène que nous appelons "Tsunami" (terme provenant du japonais, aujourd'hui francisé) est une série de vagues de période extrêmement longue se propageant à travers l'océan, générées par des mouvements du sol dus essentiellement à des séismes sous-marins. Les éruptions volcaniques sous-marines ou les glissements de terrain peuvent aussi créer des tsunamis.



Les tsunamis sont souvent engendrés par des séismes sous-marins. © DR

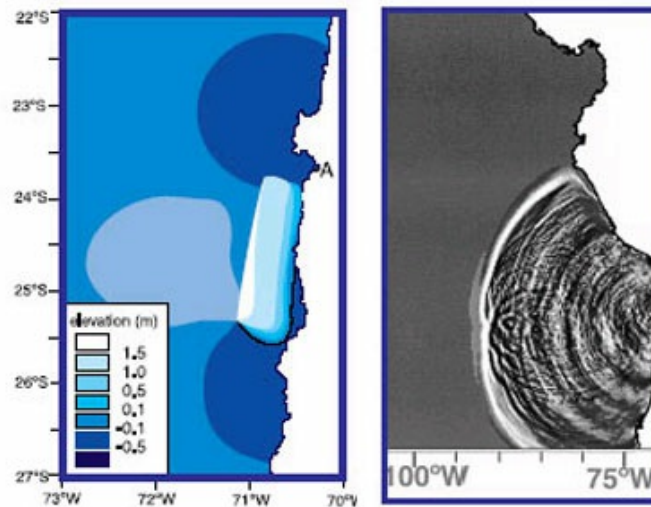
Voici une présentation complète du phénomène des tsunamis, afin de mieux le comprendre. Après une introduction sur les grandes vagues et leur surveillance, ce dossier vous expose les origines des tsunamis, leur mode de propagation et les systèmes mis en place pour les prévenir et sauver des vies.

Les tsunamis font partie des catastrophes naturelles les plus destructrices. Ces vagues pouvant atteindre une trentaine de mètres de hauteur viennent frapper les côtes avec une force que rien n'arrête. Unisciel et l'université de Lille 1 nous dévoilent, avec le programme Kézako, les secrets de la création de ce phénomène.
© Unisciel

Page 2/6 - Les grandes vagues

Le phénomène que nous appelons "Tsunami" est une série de vagues de période extrêmement longue se propageant à travers l'océan, générées par des mouvements du sol dus essentiellement à des séismes sous-marins. Les éruptions volcaniques sous-marines ou les glissements de terrain peuvent aussi créer des tsunamis.

Le terme que nous utilisons vient du mot japonais composé de deux 2 kanjis (idéogrammes) "tsu" (口) le port et "nam" (波) la vague, littéralement : "la vague du port". En japonais, on prononce "tsou" et "nami", la prononciation que nous connaissons. Ce terme est aujourd'hui francisé (d'où le pluriel "tsunamis").



Modélisation numérique du tsunami du juillet 1995 au Chili en cours de génération (initialisation de l'eau en surface). A = Antofagasta, Chili.

Les vagues de tsunami se propagent en eau profonde avec une vitesse qui peut dépasser les 800 km/heure. Leur longueur d'onde de crête à crête va de plusieurs dizaines à 60 minutes et une hauteur de vague de l'ordre de quelques centimètres à plusieurs dizaines de centimètres, si bien qu'elles sont indétectables à bord de bateaux.

Lorsqu'elles atteignent les eaux peu profondes du littoral, les vagues sont freinées, ce qui occasionne la formation d'un "mur" destructeur dont la hauteur peut atteindre plusieurs mètres. L'effet peut être amplifié lorsqu'elle pénètre dans les terres. Les plus grands tsunamis connus ont atteint une altitude supérieure à 30 mètres. Des tsunamis de 3 à 6 mètres de hauteur peuvent être extrêmement destructeurs et provoquer de nombreux morts et blessés.



Vague géante

Les tsunamis sont une menace sur les biens et sur la vie des gens qui résident en bord de côte. Par exemple, entre 1992 et 1996, environ 2000 personnes ont été tuées par des tsunamis ayant eu lieu au Nicaragua, en Indonésie, au Japon, aux Philippines et au Pérou. Les dommages matériels furent de l'ordre d'un milliard de Dollars US. Bien que 80% de tsunamis aient lieu dans le Pacifique, ils peuvent aussi sévir sur les côtes des pays situés dans d'autres régions, par exemple dans l'Océan Indien, la Mer Méditerranée ou la région des Caraïbes.

25 Etats membres participent au système d'alerte au tsunami (T.W.S. = Tsunami Warning System) dans le Pacifique, qui surveille les stations sismiques et marégraphiques réparties dans l'Océan Pacifique afin d'évaluer les potentiels tsunamigéniques des séismes et diffuser l'alerte au tsunami. Le Centre d'Alerte au Tsunami du Pacifique (P.T.W.C. = Pacific Tsunami Warning Center) est le centre opérationnel du système d'alerte au tsunami dans le Pacifique. Situé à Honolulu (Hawaï) le PTWC fournit les informations d'alerte au tsunami aux autorités nationales de Bassin Pacifique. **Quelques pays, dont la France ont mis en place des centres d'alerte nationaux ou régionaux.** Le Centre International d'Information sur les Tsunamis (I.T.I.C = International Tsunami Information Center) surveille et évalue régulièrement les performances et l'efficacité du TWS.

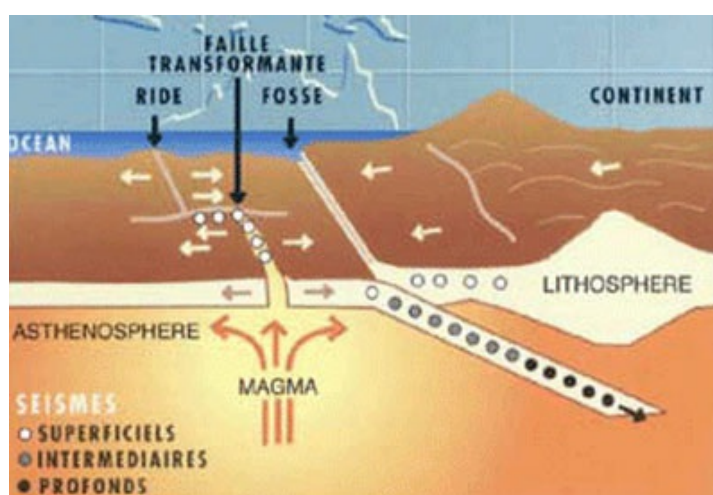
Page 3/6 - L'origine des tsunamis

Les tsunamis, dénommés parfois vagues sismiques océaniques ou incorrectement raz-de-marée sont générés principalement par des séismes, parfois par des glissements de terrains sous-marins, plus rarement par des éruptions volcaniques et exceptionnellement par l'impact d'un gros météorite dans l'océan. Les éruptions volcaniques sous-marines peuvent produire des vagues de tsunami vraiment impressionnantes. **La grande éruption du volcan Krakatoa en 1883 a généré des vagues géantes atteignant 40 mètres au-dessus du niveau de la mer, tuant des milliers de personnes et dévastant de nombreux villages côtiers.**

Toutes les régions océaniques de monde peuvent être touchées par les tsunamis, mais la probabilité de tsunami important et destructeur dans l'Océan Pacifique et ses mers voisines est beaucoup plus forte en raison de nombreux forts séismes qui se produisent le long des côtes de l'Océan Pacifique.

• A - Tectonique des plaques

La théorie de la tectonique des plaques est basée sur un modèle de la terre caractérisé par un petit nombre de plaques lithosphériques rigides, de 70 à 250 km d'épaisseur, qui flottent sur une sous-couche visqueuse appelée asthénosphère.



Localisation des séismes aux différents types de frontière de plaque.

Ces plaques, qui recouvrent la totalité de la terre et comprennent aussi bien les continents que les fonds sous-marins, sont en mouvement relatif les unes par rapport aux autres. Les vitesses de déplacement dépassent en

général plusieurs cms par an. **La région où deux plaques sont en contact est appelée "frontière de plaque" et la façon dont une plaque bouge par rapport à l'autre détermine le type de frontière** : l'expansion, lorsque les 2 plaques se rencontrent et que l'une glisse sous l'autre ; et la faille transformante, lorsque les 2 plaques glissent horizontalement. Les zones de subduction sont caractérisées par des fosses océaniques profondes. **Les îles volcaniques ou les chaînes de montagnes volcaniques associées à toutes les zones de subduction autour du Pacifique sont parfois appelées "la Ceinture de Feu du Pacifique."**

- **B - Séismes et tsunamis**

Un séisme peut être provoqué par l'activité volcanique, mais la plupart d'entre eux sont produits par des mouvements le long des zones de rupture associées aux frontières de plaque. **La plupart des grands séismes, représentant 80% de l'énergie totale des séismes, ont lieu dans les zones de subduction où une plaque océanique glisse sous une plaque continentale ou sous une autre plaque océanique plus récente.**



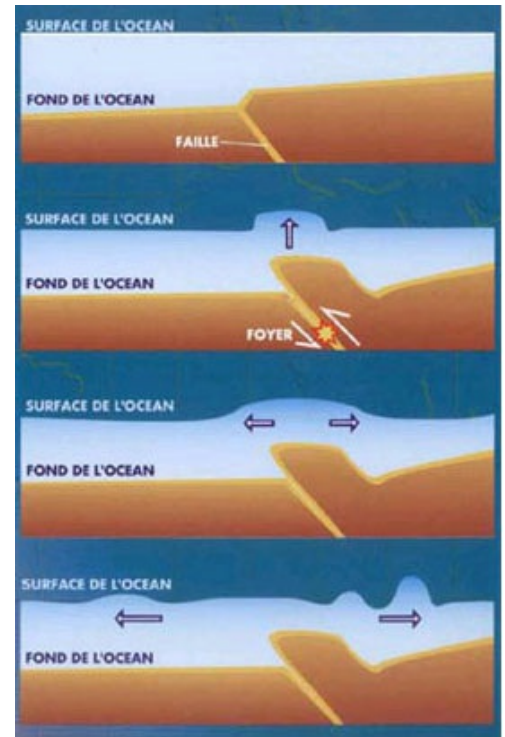
Tous les séismes ne provoquent pas de tsunami. Pour générer un tsunami, le foyer et la surface de rupture de la faille doivent être situés sous l'océan ou proche de la côte, et le séisme doit créer un mouvement vertical (pouvant atteindre plusieurs mètres) de la surface de l'eau sur une grande surface (jusqu'à 100 000 km²). Les séismes à foyer peu profond (profondeur inférieure à 70 kilomètres) situés le long des zones de subduction sont responsables de tsunamis destructeurs. L'amplitude du mouvement horizontal et vertical du fond de l'océan, la surface de rupture de la faille, l'apparition simultanée d'un effondrement sous-marin dû au séisme et l'efficacité avec laquelle l'énergie est transférée de la couche terrestre au fond de l'océan sont tous des facteurs de mécanisme de la génération des tsunamis.

- **C - Les tsunamis "Earthquake"**

Le 2 septembre 1992, les habitants de la côte du Nicaragua ont faiblement senti un tremblement de terre. Sa magnitude mb (ondes de volume) était de seulement 5.3, et son intensité, la force du tremblement sur une échelle allant de I et XII, fut en général égale à II le long de la côte, et atteignit III à quelques endroits seulement. 40 à 70 minutes après le séisme, un tsunami a atteint les côtes du Nicaragua avec des amplitudes de 4 mètres au-dessus du niveau normal de la mer à plusieurs endroits et une altitude maximale de 10,7 mètres. Les vagues ont déferlé sur les côtes en surprenant totalement les habitants, entraînant plusieurs victimes et occasionnant des dommages matériels considérables.

Ce tsunami a été généré par un "tsunami earthquake," c'est-à-dire un séisme qui produit un tsunami anormalement puissant par rapport à la magnitude du séisme.

Les "tsunami earthquake" sont caractérisés par des foyers très peu profonds, des faille de quelques mètres et des surfaces de faille plus petites en comparaison à un séisme classique. Ce sont également des séismes lents avec un glissement le long de la faille en dessous du fond sous-marin plus lent que lors d'un séisme classique. **La seule méthode pour reconnaître un "tsunami earthquake" est d'évaluer un paramètre appelé "moment sismique" grâce à l'utilisation d'ondes sismiques de très longues périodes).** Deux autres tsunamis dévastateurs et meurtriers ayant pour origine un "tsunami earthquake" ont eu lieu à Java en Indonésie (le 2 juin 1994) et au Pérou (le 21 février 1996).



Le foyer d'un séisme est la zone où la rupture commence (entre quelques kilomètres et 700 kilomètres), et où la première onde sismique naît; les foyers sont localisés dans la lithosphère.

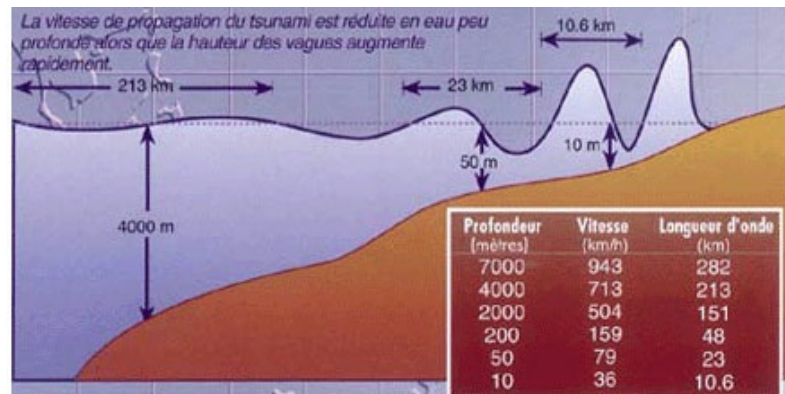
L'épicentre d'un séisme est le point de la surface terrestre directement au-dessus du foyer.

La magnitude est définie par le logarithme de l'amplitude maximum d'une des ondes sismiques (P, S, Rayleigh, ou Love) enregistrée par un sismographe.

Page 4/6 - La propagation des tsunamis

• A - Les tsunamis régionaux et les tsunamis traversant l'océan Pacifique

Le dernier plus grand tsunami qui occasionna une quantité de morts et de dégâts à travers tout le Pacifique a été engendré par un séisme situé au large de la côte chilienne en 1960. Ce tsunami a provoqué des ravages humains et matériels non seulement sur les côtes du Chili, mais également à Hawaï et plus loin encore au Japon. Le grand séisme d'Alaska en 1964 a généré des vagues de tsunami meurtrières en Alaska, en Oregon et en Californie.



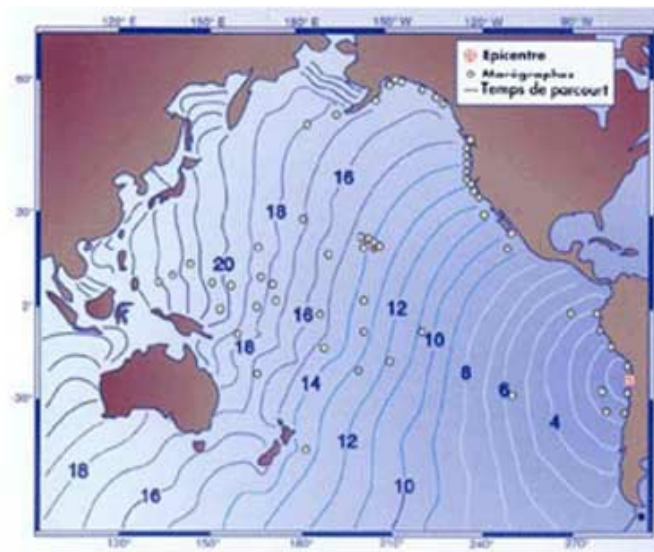
En eau profonde, un tsunami atteint en général quelques dizaines de centimètres de hauteur en surface, mais la hauteur de ses vagues augmente rapidement en eau peu profonde. L'énergie de la vague du tsunami va de la surface au fond de la mer, même dans les eaux les plus profondes. Quand le tsunami attaque le bord de mer, l'énergie de la vague est comprimée sur une distance beaucoup plus courte et sur une profondeur beaucoup plus faible, ce qui engendre des vagues meurtrières et destructives.

En juillet 1993, un tsunami généré dans la mer du Japon a tué plus de 120 personnes. Il y a eu des dégâts également en Corée et en Russie mais pas sur d'autres côtes car l'énergie du tsunami est restée confinée dans la mer du Japon. **Le tsunami de la Mer du Japon en 1993 est connu comme un "événement régional," étant donné que son impact est resté confiné dans une zone relativement restreinte.** Pour les habitants de la région nord-ouest de la côte du Japon, les vagues du tsunami sont arrivées quelques minutes après le séisme. De 1992 à 1996, des tsunamis régionaux, aux Philippines et au Pérou, tuant de nombreuses personnes. D'autres ont occasionné des dommages au Chili et au Mexique. Des dégâts ont été provoqués également loin de l'épicentre aux Iles Marquises (Polynésie française) lors du passage des tsunamis du Chili le 30 juillet 1995 et du Pérou le 21 février 1996.

Les tsunamis peuvent traverser le Pacifique d'un bout à l'autre en moins d'une journée. Cependant, les populations vivant près des côtes où un grand séisme a lieu vont voir les vagues du tsunami arriver sur leurs rivages dans les minutes qui suivent le séisme. Pour ces raisons, le tsunami est une réelle menace pour beaucoup de régions, comme l'Alaska, les Philippines, le Japon ou la côte ouest des Etats-Unis ; elles peuvent être touchées immédiatement (pour des tsunamis provenant de séismes très proches qui mettent seulement quelques minutes pour atteindre les zones côtières) ou un peu plus tard (pour des tsunamis provenant de séismes éloignés qui mettent de 3 à 22 heures pour atteindre la côte).

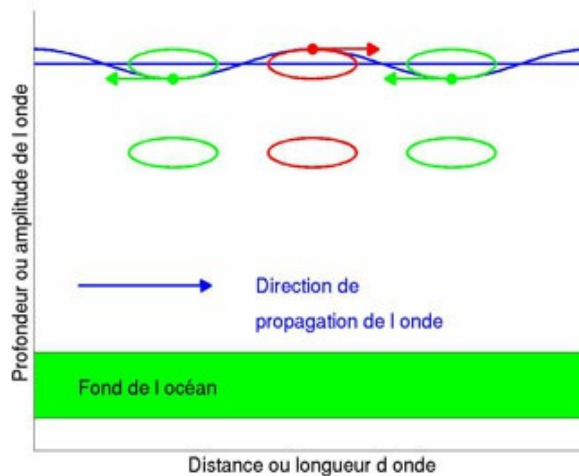
En océan profond, les tsunamis destructeurs peuvent être petits - souvent quelques centimètres à plusieurs dizaines de centimètres de haut - et ne sont jamais vus ou ressentis par les navires. Mais, lorsque le tsunami atteint le littoral en eau peu profonde, la hauteur des vagues peut augmenter rapidement. Parfois, en bord de côte les eaux se retirent vers l'océan juste avant que le tsunami ne déferle. Lorsque cela arrive, le bord de mer est parfois plus découvert que lors des plus basses marées. **Cet exceptionnel retrait de la mer doit être pris comme un avertissement des vagues de tsunami qui succéderont.**

- B - A quelle vitesse ?



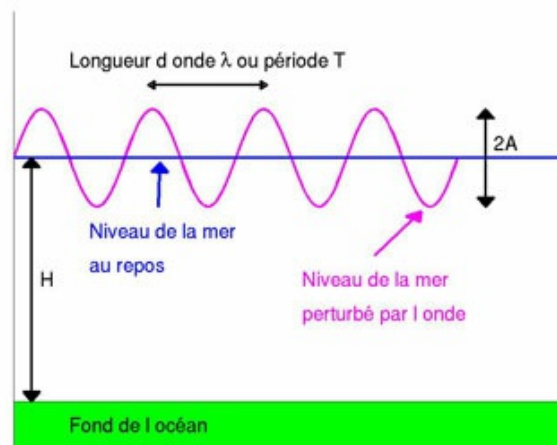
Temps de parcours d'un tsunami engendré par un séisme au large du Chili: chaque courbe représente une heure temps du parcours du tsunami.

Dans les régions où la profondeur de l'océan atteint plus de 6000 mètres, les vagues imperceptibles du tsunami peuvent se déplacer à la vitesse d'un avion, approximativement 900 km/heure. Elles peuvent parcourir la distance d'un côté à l'autre du Pacifique en moins d'un jour. **Cette grande vitesse révèle l'importance de détecter l'existence d'un tsunami dès sa génération.** Les scientifiques peuvent prévoir l'arrivée d'un tsunami en déterminant l'origine du séisme, la localisation de son épiceutre et la profondeur.



• C - Avec quelle amplitude ?

Les configurations de la côte et du littoral déterminent la hauteur et l'impact des vagues de tsunami. Les récifs, les baies, les embouchures de rivières, les reliefs sous-marins et les pentes de la plage sont autant de paramètres qui modifient le tsunami à l'approche de la côte. **La direction de provenance du tsunami a également une influence.**



Lorsque le tsunami atteint la côte et pénètre dans les terres, le niveau de l'eau peut dépasser plusieurs mètres. **Dans les cas extrêmes, le niveau de l'eau a atteint plus de 15 mètres pour des tsunamis en champ lointain et plus de 30 mètres pour des tsunamis générés en champ proche, près de l'épicentre du séisme.** La première vague n'est pas toujours la plus élevée. Lors d'un tsunami donné, il se peut que les populations qui vivent le long de certaines côtes n'observent pas de dégâts créés par les vagues alors que dans d'autres régions, des vagues dévastatrices auront déferlé avec violence. Les zones inondées peuvent s'étendre à plus de 300 mètres à l'intérieur des terres, recouvrant de vastes terrains d'eau et de débris.

- **D - Quand ?**

Etant donné que les scientifiques ne peuvent pas prévoir la date des futurs séismes, ils ne peuvent pas déterminer exactement quand un tsunami sera généré.

Cependant, en étudiant les tsunamis historiques, les scientifiques connaissent les régions où les tsunamis sont le plus souvent générés. Les mesures des altitudes atteintes par les tsunamis dans le passé sont utiles pour estimer les limites des zones inondées dans des régions spécifiques et de l'impact d'un futur tsunami sur des populations côtières.



Les recherches déjà réalisées dans ce domaine ont fait la preuve de leur efficacité dans l'analyse de la fréquence d'occurrence des tsunamis. Lors des cinq derniers siècles, il y a eu tout les cent ans 3 à 4 tsunamis

catastrophiques dans tout le Pacifique, la plupart d'entre eux générés au large des côtes chiliennes.

Page 5/6 - Sauver des vies humaines

• A - Les centres d'alerte au tsunami

Le PTWC situé à Ewa Beach, à Hawaï, est le centre d'alerte international au tsunami, phénomène naturel représentant une réelle menace sur l'ensemble du Pacifique.

C'est aussi le centre d'alerte régional d'Hawaï. L'effort international réalisé pour l'alerte aux tsunamis donna naissance à une organisation officielle en 1965 lorsque le PTWC assumait les responsabilités d'alerte internationale du système d'alerte au tsunami du Pacifique (PTWS). Le PTWS est composé de 25 pays qui sont organisés en tant que Groupe International de Coordination du système d'alerte au tsunami dans le Pacifique.



Kodiak, Alaska. Le 27 mars 1964 un tsunami a provoqué 21 morts et 30 millions de dommages sur la ville de Kodiak et ses environs.

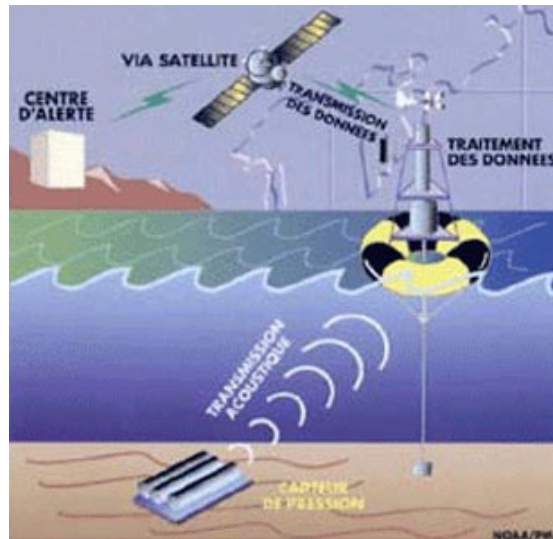
L'objectif initial du PTWS est de détecter, localiser et déterminer les caractéristiques sismiques des séismes éventuellement tsunamigéniques dans l'océan Pacifique ou ses bassins marginaux. **L'information sismique est fournie par plus de 50 stations sismiques gérées par le PTWC, les centres nationaux au régionaux d'alerte aux tsunamis et d'autres organismes internationaux.**

Si la localisation et les paramètres sismiques d'un séisme concordent avec les critères connus pour la génération d'un tsunami, une alerte au tsunami est donnée afin d'avertir de l'éventualité de l'arrivée d'un tsunami. Le message d'alerte est envoyé aux organismes chargés de l'alerte tsunami situés dans une zone atteinte en quelques heures d'arrivée calculées de la première vague à différents ports ou villages côtiers. Le message de veille est envoyé aux organismes situés dans une zone plus éloignée que le tsunami atteindra plus tard. **Il contient des heures d'arrivée supplémentaires correspondant aux ports et côtes situés dans toute cette région.**

Si un tsunami important est repéré sur l'enregistrement des marégraphes (40 stations), l'alerte au tsunami est diffusée dans l'ensemble du bassin pacifique. Les données du niveau de l'océan sont fournies par le PTWC, et les nations participant au PTWC.

Les observations, alertes et bulletins d'information tsunami sont diffusés aux services d'urgence, aux autorités locales et à la population par l'intermédiaire d'un grand nombre de moyens de communication.

• B - Le centre international d'information sur les tsunamis

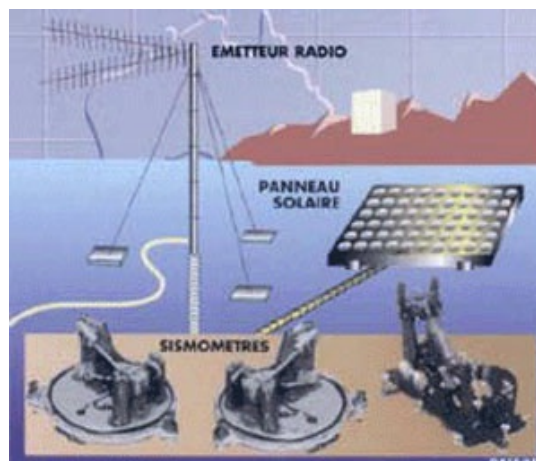


Système d'enregistrement des tsunamis en eau profonde

Le Centre International d'Information sur les Tsunamis (ITIC) financé en partie par la COI, surveille et évalue la performance et l'efficacité du PTWS. Sa mission consiste à collecter des données le plus efficacement possible, analyser ces données, estimer l'impact des tsunamis, diffuser l'alerte à tous les partenaires du TWS. L'éducation ainsi que la formation sur les tsunamis font également partie de ses missions, en partie à travers le programme annuel de visite des experts. Une mission importante de l'ITIC est de mettre à disposition les informations techniques sur les équipements nécessaires à la mise en place d'un système efficace d'alerte au tsunami.

• C - Informations sur la COI

La Commission Océanographique Inter-gouvernementale (COI) est une entité fonctionnant de manière autonome au sein de l'Organisation de l'Éducation, la Science et la Culture des Nations Unies (UNESCO), créée pour promouvoir la recherche scientifique sur la mer en y impliquant les services océanographiques avec comme objectif la connaissance des ressources et de la nature de l'océan, à travers des actions concertées de ses membres.



Station sismologique (3 composantes large bande autonomie)

Les fonctions de la COI sont entre autres : développer, conseiller et coordonner les programmes scientifiques internationaux de recherche scientifique sur la mer et les activités des services océanographiques ; promouvoir et faire des recommandations pour l'échange des données océanographiques et leur publication, ainsi que la diffusion des résultats de la recherche scientifique ; promouvoir et coordonner le développement et le transfert de la science de la mer et de ses technologies ; faire des recommandations pour renforcer l'éducation et la formation et promouvoir la recherche scientifique sur la mer et l'application de ses résultats au profit de l'humanité. 125 états membres composent la COI (au 18 juillet 1997).

La commission est composée d'une assemblée, d'un conseil exécutif, d'un secrétariat et d'entités subsidiaires. Sous l'égide de ce dernier concept, la Commission crée pour examiner et réaliser des projets spécifiques, des comités et autres entités subsidiaires, composées d'Etats membres intéressés par de tels projets. C'est le cas du Groupe International de Coordination du Système d'Alerte au Tsunami dans le Pacifique (ICG/ITSU), fondé par la COI, qui regroupe 25 états membres autour de Pacifique.

Page 6/6 - Remerciements

Le Centre International d'Information sur les Tsunamis

Le Département du Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, Etats Unis

Le Laboratoire de Géophysique du CEA, France

La Commission Océanographique Intergouvernementale (UNESCO/COI)

Les informations techniques et scientifiques ont été fournies par:

Le Centre International d'Information sur les Tsunamis

Le Laboratoire de Géophysique du CEA, France

Le Centre National de Données Géophysique (NGDC),

Le Service National de l'Océan (NOS),

Le Laboratoire de l'environnement marin du Pacifique (PMEL, Etats-Unis)

Le Service Hydrographique et Océanographique du Chili (SHOA),

L'Université d'Hawaii



FUTURA - SCIENCES.COM

Le savoir s'invite chez vous