

# Tsunamis: du terrain au modèle numérique

DENYS DUTYKH (LAMA)<sup>1</sup>  
CHRISTIAN BECK (LGCA)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université de Savoie  
Campus Scientifique  
73376 Le Bourget-du-Lac, France

« Fête de la Science 2009 »



# Modélisation mathématique

## Démarche d'un mathématicien appliqué

- 1 Problème physique
  - Tremblement de terre
  - Propagation des vagues
- 2 Modèle mathématique
  - simplification
  - idéalisation, etc...
- 3 Résolution numérique
  - Développement d'un algorithme
  - Mise en programme
- 4 Analyse critique des résultats



Ce processus est généralement cyclique

# Modélisation des vagues océaniques

## Exemple de modélisation

### Plusieurs facteurs physiques:

- Salinité, température, viscosité, densité de l'eau, composition chimique de l'eau, pression atmosphérique, vitesse du vent, profondeur de l'océan, vitesse de fluide
- Les facteurs les plus importants:
  - la hauteur d'eau  $H$
  - vitesse de fluide moyennée en profondeur  $\vec{u}$

### Principe physique:

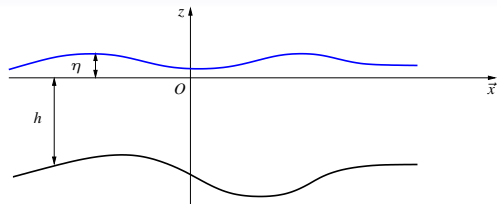
On connaît l'état initial du système et ses lois d'évolution, on peut prédire son futur



- **Modèle mathématique**

# Modèle mathématique standard

## Les équations de Saint-Venant



### Equations de Saint-Venant:

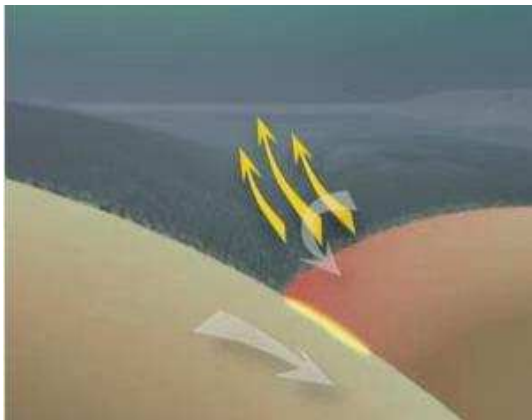
$$H_t + \nabla \cdot (H\vec{u}) = 0,$$
$$(H\vec{u})_t + \nabla \cdot (H\vec{u} \otimes \vec{u} + \frac{g}{2}H^2) = gH\nabla h.$$

$H$ : Profondeur totale de la colonne d'eau,  
 $H := h(\vec{x}, t) + \eta(\vec{x}, t)$

$\vec{u}$ : Vitesse horizontale moyennée en profondeur

# Génération des tsunamis

Animation par J. Sharpe



# Déformation statique du fond de l'océan

La solution d'Okada

<i>parameter</i>	<i>value</i>
$\delta$	$13^\circ$
$d$	40 km
$L$	150 km
$W$	80 km
$\nu$	0.27
$E$	$9.5 \times 10^9$ Pa
$U$	15 m

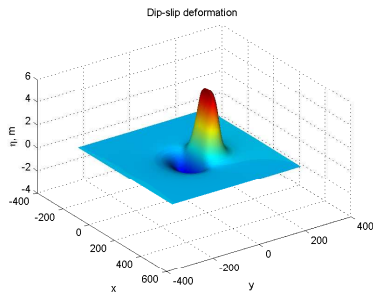


Figure: Déplacement du fond

# Application au tsunami 2004

Condition initiale pour la simulation du tsunami

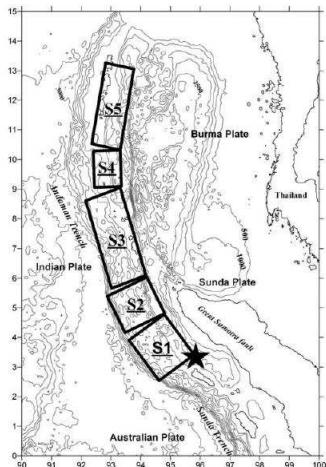


Figure: Décomposition de la faille en segments élémentaires

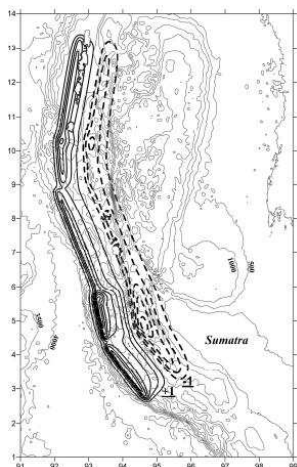
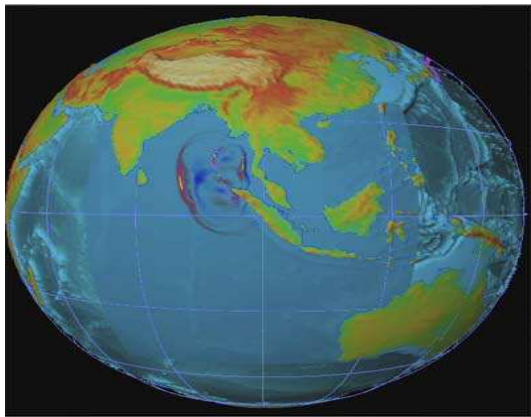


Figure: Forme initiale de la surface de l'océan

# Tsunami dans l'océan Indien 2004

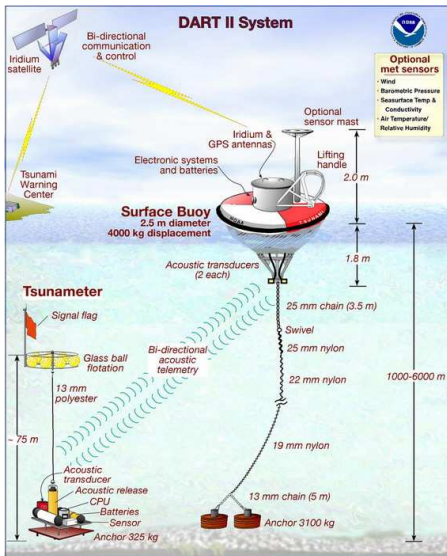
Simulation globale par V. Titov (NOAA)



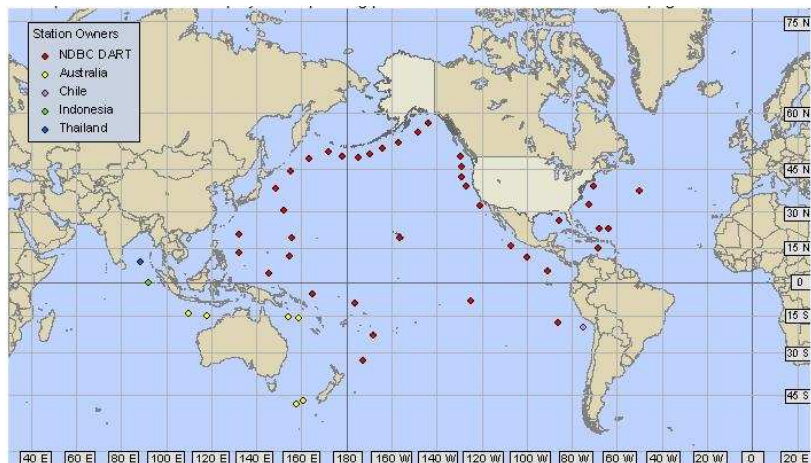


# Comment détecter et mesurer un tsunami?

## Réseau des *tsunamimètres* en Océan Pacifique



# Réseau des tsunamimètres dans les océans



# Fonctionnement d'un système d'alerte

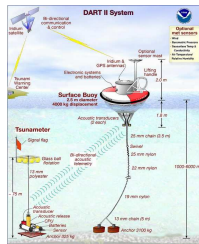
## Principes de base

### Idée:

Les ondes sismiques se propagent beaucoup plus vite qu'un tsunami

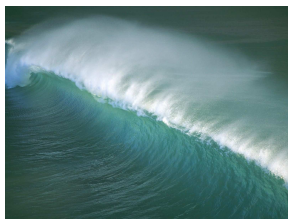
### Inversion des ondes sismiques:

- Premières estimations des paramètres sismiques de tremblement de terre quelques minutes après la rupture
- Avec ces données sismiques on peut lancer une simulation numérique de tsunami pour calculer les zones inondées
- **Comparaison** des résultats de calcul avec les mesures des tsunamimètres
- Envoie des signaux **d'alerte** aux territoires vulnérables



# Conclusions

- Dans la modélisation des tsunamis il y a encore beaucoup de questions sans réponses
- Les industriels ne cessent de poser de nouveaux problèmes aux scientifiques
- **La science a besoin de vous !**



Merci de votre attention!

<http://www.lama.univ-savoie.fr/~dutykh>