

La protection des infrastructures contre les séismes par diffraction des ondes sismiques

Les séismes, une problématique majeure concernant les villes

Natori au Japon après le séisme de 2011



Source : Le devoir

Gaziantep en Turquie après le séisme du 6 février 2023



Source : L'ordre de Malte

Est-ce que la diffraction des ondes permettra une amélioration de la protection des infrastructures contre les séismes ?

Comment diffracter les ondes sismiques afin de protéger les infrastructures ?

I - Qu'est-ce qu'un séisme

- i) Causes d'un séisme
- ii) Les différentes ondes sismiques

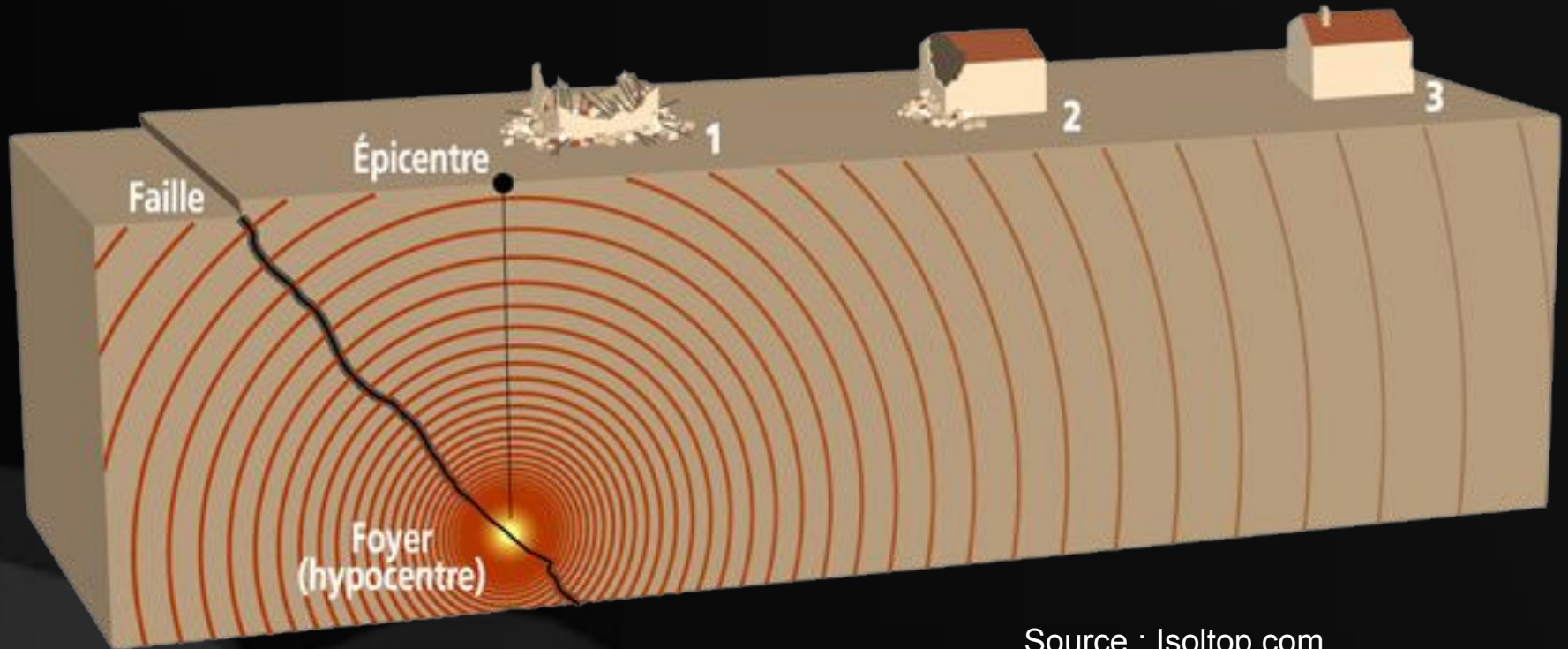
II- Diffraction des ondes sismiques

- i) Atténuation des ondes sismiques par diffraction
- ii) Maïzena
- iii) Cuve à onde
- iv) Cape d'invisibilité
- v) Projets en cours
- vi) Réseaux de trous

III - Expérience de l'aquarium à vague

- i) Objectifs de l'expérience
- ii) Réalisation
- iii) Analyse des résultats

i) Causes d'un séisme



I- Qu'est-ce qu'un séisme ?

II- Diffraction des ondes sismiques

III - Expérience de l'aquarium à vague 5/16

ii) Les différentes ondes sismiques

Ondes de volume		Ondes de surface	
Se propagent en profondeur dans la Terre et de plus rapide que les ondes de surface		Se propagent à la surface de la Terre et de plus forte amplitude que les ondes de volume	
Onde S (shear - cisaillement)	Onde P (pression)	Onde L (Love)	Onde R (Rayleigh)
Se déplacent perpendiculairement à leur direction de propagation	Se déplacent parallèlement à leur direction de propagation	Vibrent horizontalement	Vibrent avec un mouvement elliptique dans le plan vertical

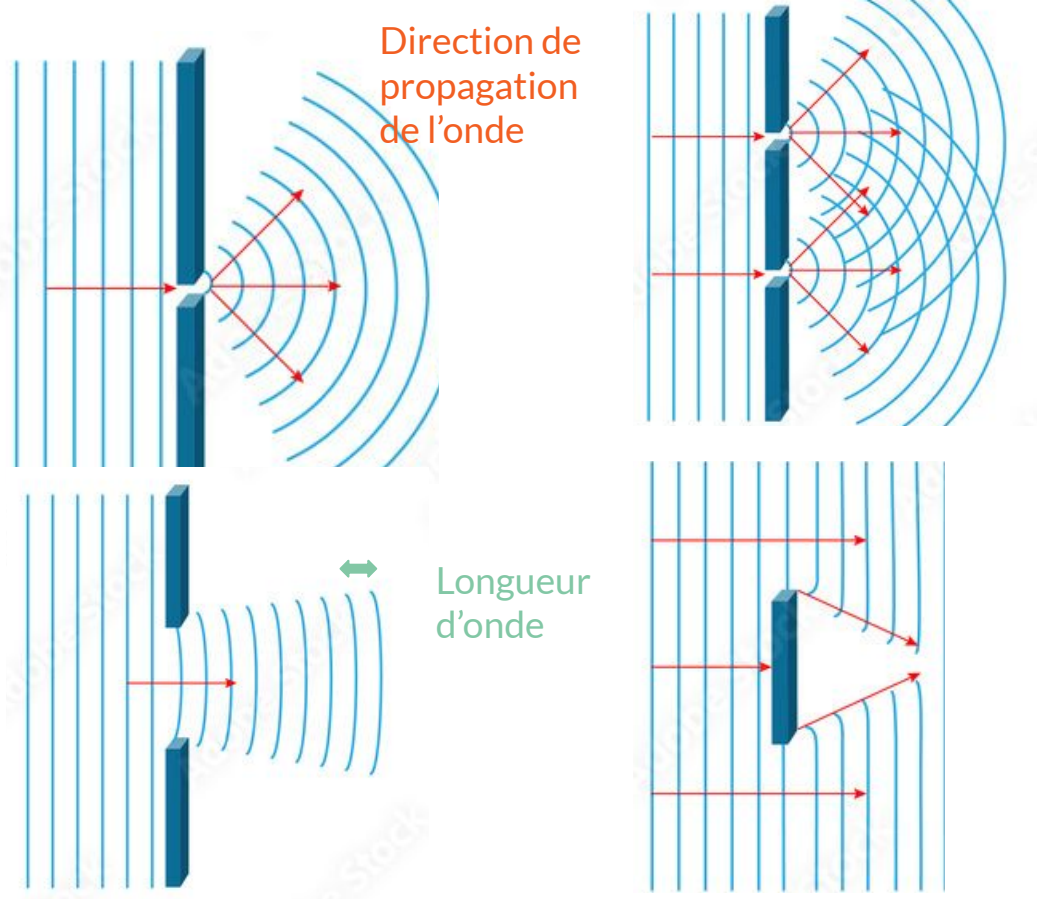
I- Qu'est-ce qu'un séisme ?

II- Diffraction des ondes sismiques

III - Expérience de l'aquarium à vague

i) Atténuation des ondes sismiques par diffraction

Longueur d'onde supérieure à la largeur de l'ouverture



Interférence d'ondes

Longueur d'onde inférieure à la largeur de l'ouverture

Longueur d'onde inférieure à la longueur de l'obstacle

Source: Science Ready

I- Qu'est-ce qu'un séisme ?

II- Diffraction des ondes sismiques

III - Expérience de l'aquarium à vague

ii) Maïzena

Zone non
atteinte
par les
ondes



I- Qu'est-ce qu'un
séisme ?

II- Diffraction des
ondes sismiques

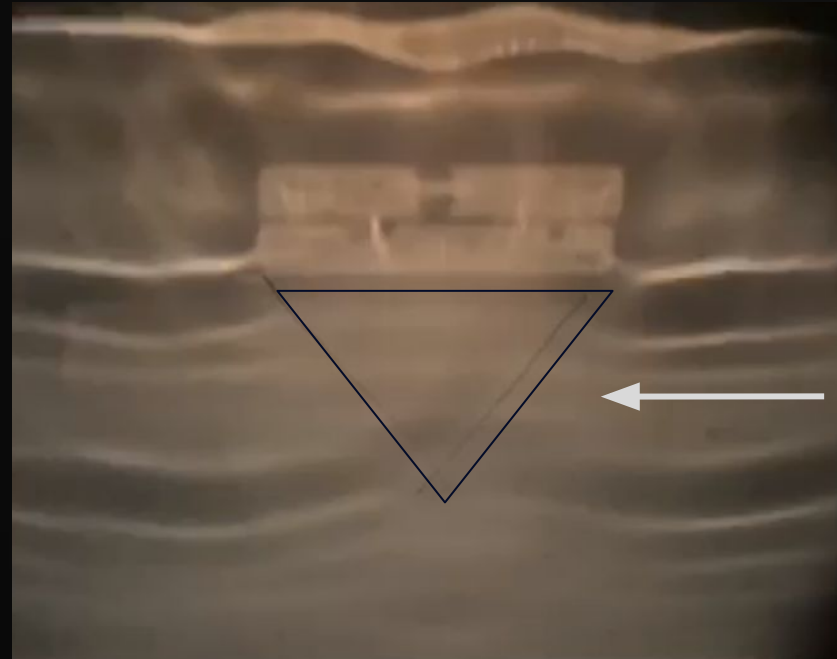
III - Expérience de
l'aquarium à vague

iii) Cuve à onde

Stroboscope :
dispositif qui
délivre des
flash
lumineux
périodiques

Générateur
d'ondes -
plan d'onde

Cuve à onde



Zone non
atteinte par
les ondes
planes

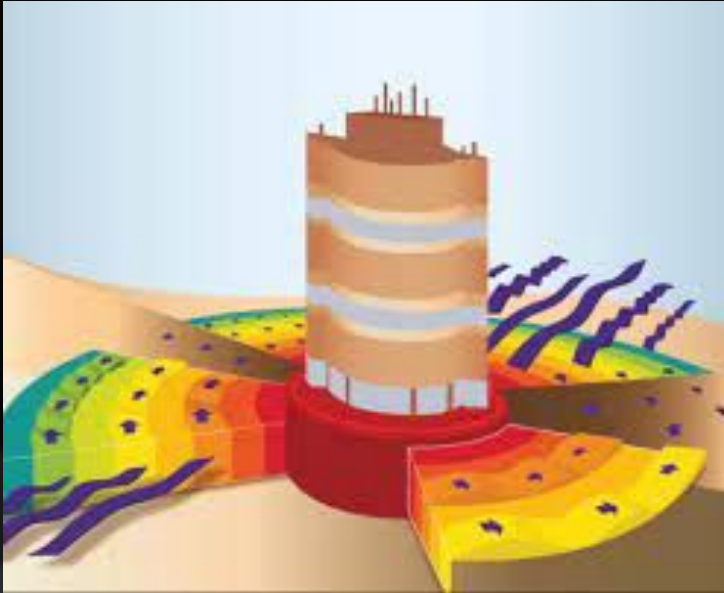
I- Qu'est-ce qu'un
séisme ?

II- Diffraction des
ondes sismiques

III - Expérience de
l'aquarium à vague

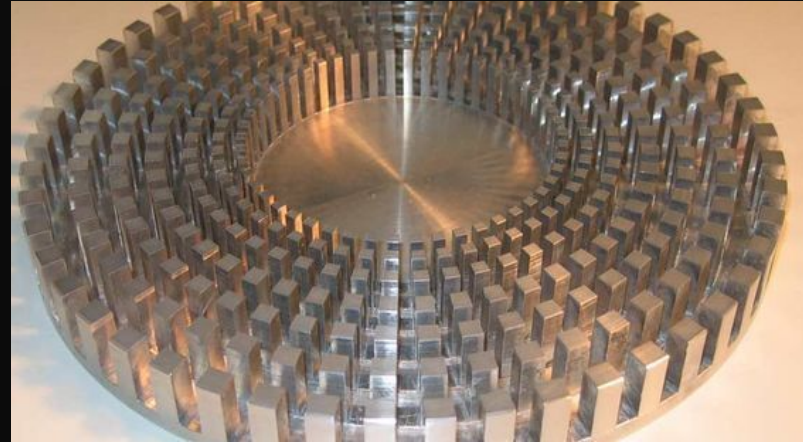
iv) Cape d'invisibilité

Principe de la cape d'invisibilité



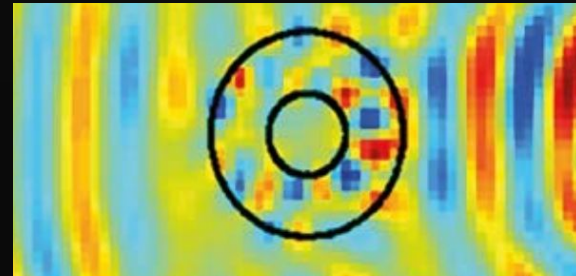
Infographie : CNRS

Prototype de cape d'invisibilité



CNRS - Institut Fresnel Photo : S. Enoch

Carte de champ expérimentale pour le champ magnétique



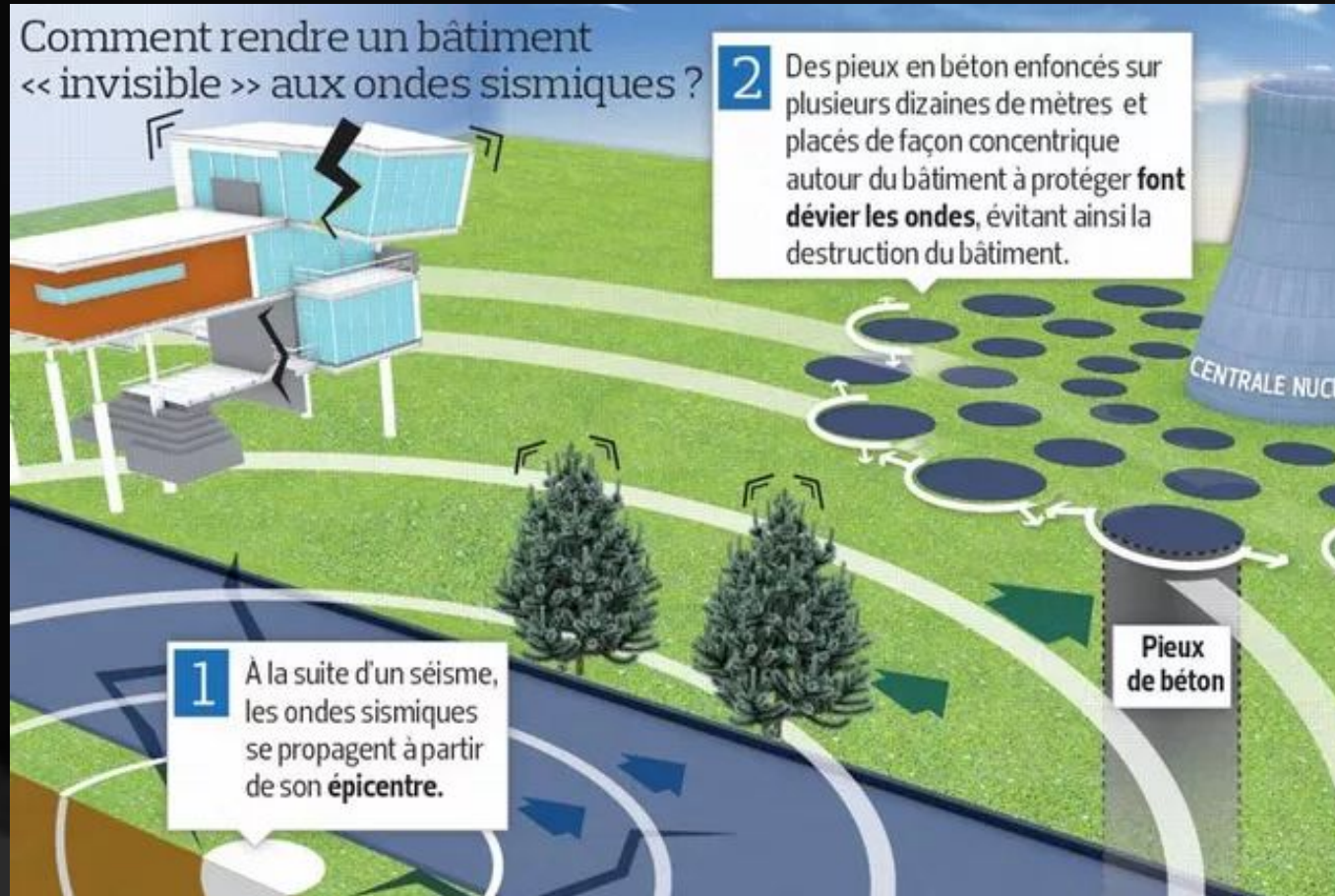
Source : R. Abdeddaim, Institut Fresnel

I- Qu'est-ce qu'un séisme ?

II- Diffraction des ondes sismiques

III - Expérience de l'aquarium à vague

v) Projets en cours



Infographie : CNRS

I- Qu'est-ce qu'un séisme ?

II- Diffraction des ondes sismiques

III - Expérience de l'aquarium à vague

vi) Réseaux de trous



Expérience de Stefan Enoch, Sébastien Guenneau et leur équipe en collaboration avec l'équipe de Stéphane Brûlé, de la Société Ménard

I- Qu'est-ce qu'un séisme ?

II- Diffraction des ondes sismiques

III - Expérience de l'aquarium à vague

i) Objectifs de l'expérience



Générateur de vagues

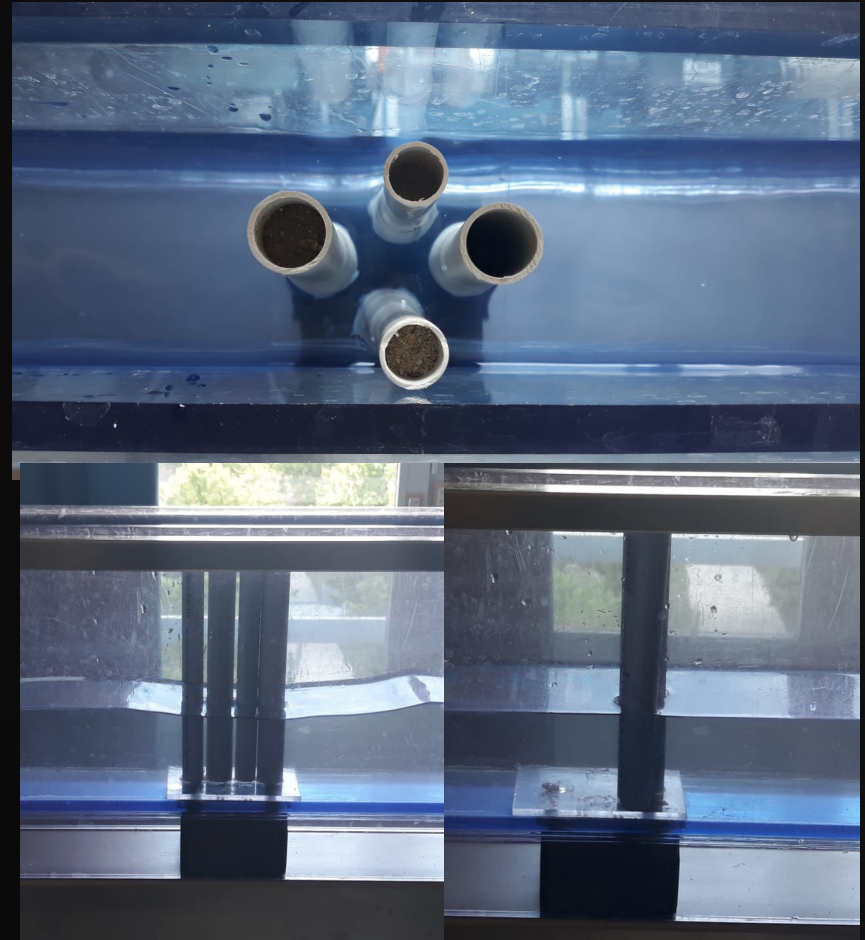
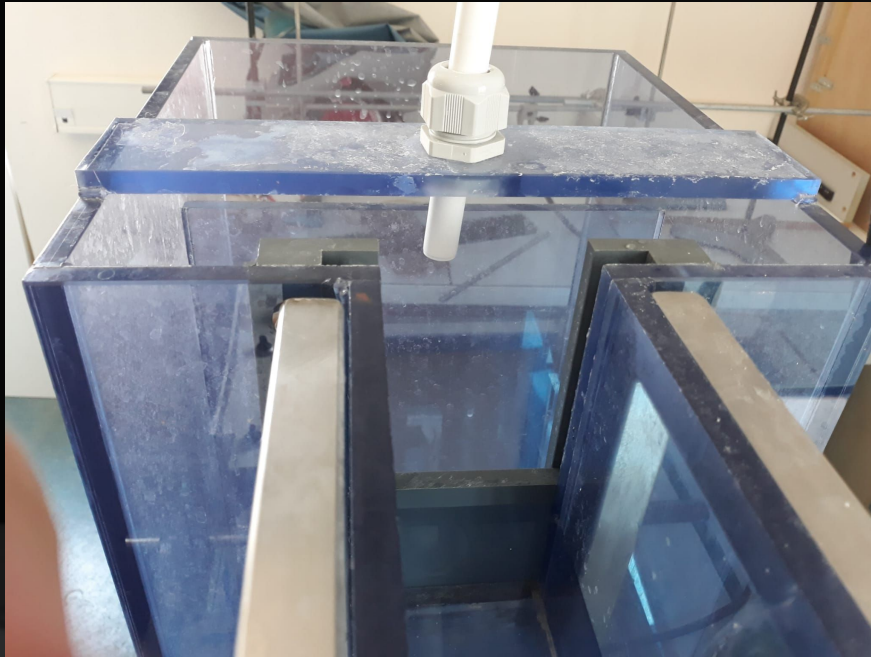
- analogie des ondes sismiques en vagues

I- Qu'est-ce qu'un séisme ?

II- Diffraction des ondes sismiques

III - Expérience de l'aquarium à vague

ii) Réalisation



I- Qu'est-ce qu'un séisme ?

II- Diffraction des ondes sismiques

III - Expérience de l'aquarium à vague

iii) Analyse des résultats

Configuration	Sans cylindres			Losange			Alignés dans le sens du courant			Alignés perpendiculairement au sens du courant		
Volume en Litre récupéré	4,2	3,9	4,5	3,2	4,1	2,7	4,5	3,9	4,2	3,3	3,7	4,1
	3,7	3,8	4,6	3,8	3,5	3,6	3,8	3,5	3,8	3,8	3,5	3,2
	4,3	3,6	4,1	2,8	3,1	3,5	4,1	3,5	4,4	3,9	3,6	3,8
	3,8	4,3	4,4	2,8	3,2	3,4	3,7	4,3	3,6	3,4	3,2	3,5
Moyenne en L	4,1			3,3			3,9			3,6		
Incertitude type A de la moyenne en L	0,1			0,1			0,1			0,2		
Pourcentage de la diminution de la quantité d'eau par rapport au cas sans cylindres :				20 %			5 %			12 %		

I- Qu'est-ce qu'un séisme ?

II- Diffraction des ondes sismiques

III - Expérience de l'aquarium à vague

Conclusion

Mise en évidence d'une zone non atteinte par les ondes après un obstacle par la cuve à onde et la maïzena

Mise en évidence de la diminution des amplitudes des ondes avec des tubes dans une certaine configuration avec l'aquarium à vague

Solution mise en oeuvre par une équipe de chercheur dans la réalité à une moindre échelle

Annexe

Incertitude-type de type A :

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$