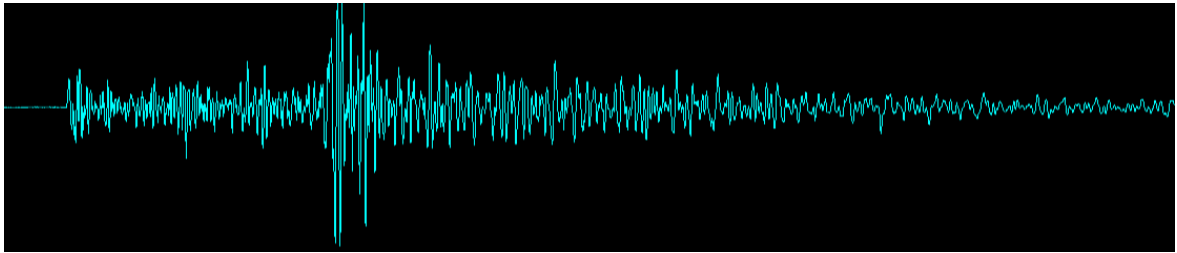


Autour du risque sismique en Guadeloupe



Jérôme CAFAFA professeur de SVT

Sidonie BOURGUIGNON professeur de Mathématiques

Collège Edmond BAMBUCK



Avec l'aimable participation de Mendy BENGOUBOU-VALERIUS,
sismologue au BRGM



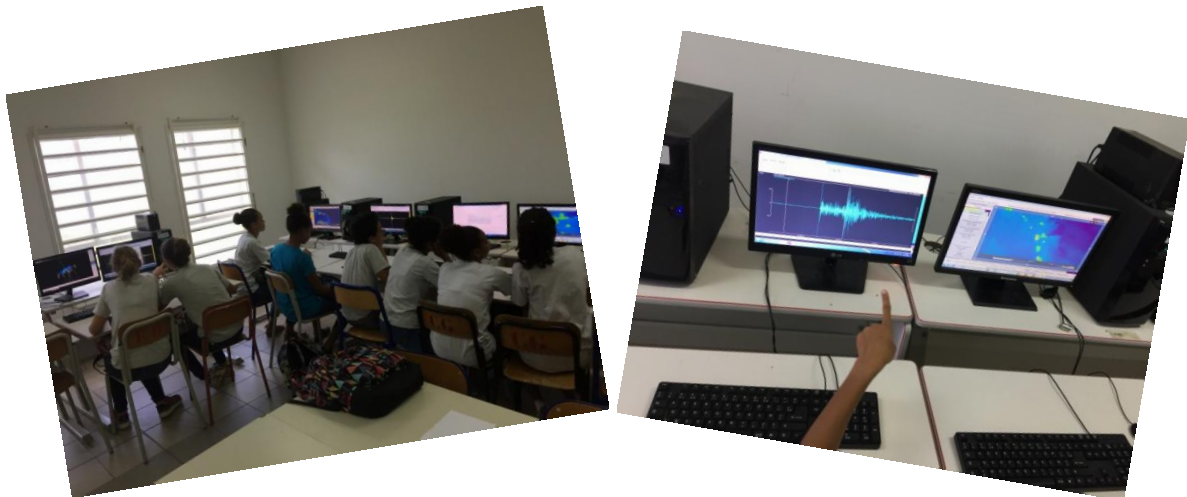
Autour du risque sismique en Guadeloupe

Introduction :

Nous avons pu constater que régulièrement, nous ressentons des petits séismes : en effet la Guadeloupe est une zone à haute sismicité. La plupart du temps, les secousses que nous ressentons sont faibles, mais que se passera-t-il en cas de fort séisme ? Il est, en tous cas, nécessaire à la population guadeloupéenne de se préparer afin de limiter le risque ...

Aussi, nous avons voulu donner du sens aux consignes de sécurité que l'on nous apprend depuis tant d'années en les reliant à des données scientifiques:

Comment utiliser les données scientifiques pour mieux nous préparer à affronter un séisme en Guadeloupe ?



Première partie : Déterminer les sources de séismes qui peuvent nous frapper.

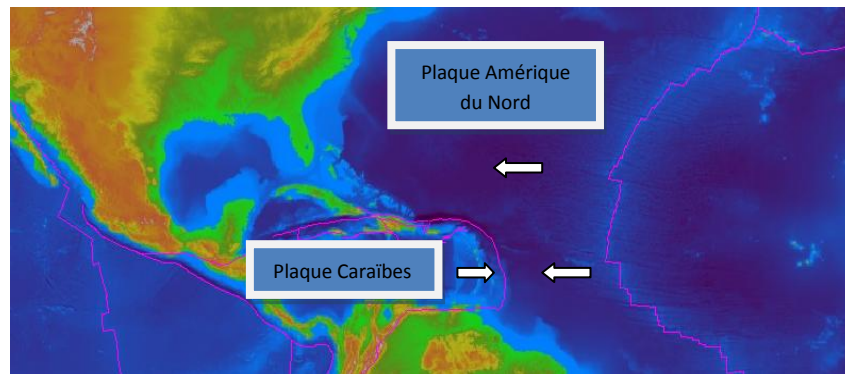
Nous avons fait des recherches sur les séismes historiques qui ont touchés les Antilles au travers de trois exemples :

- ✓ Le séisme des Saintes du 21 novembre 2004
- ✓ Le séisme de Martinique du 29 novembre 2007
- ✓ Le séisme du 8 février 1843

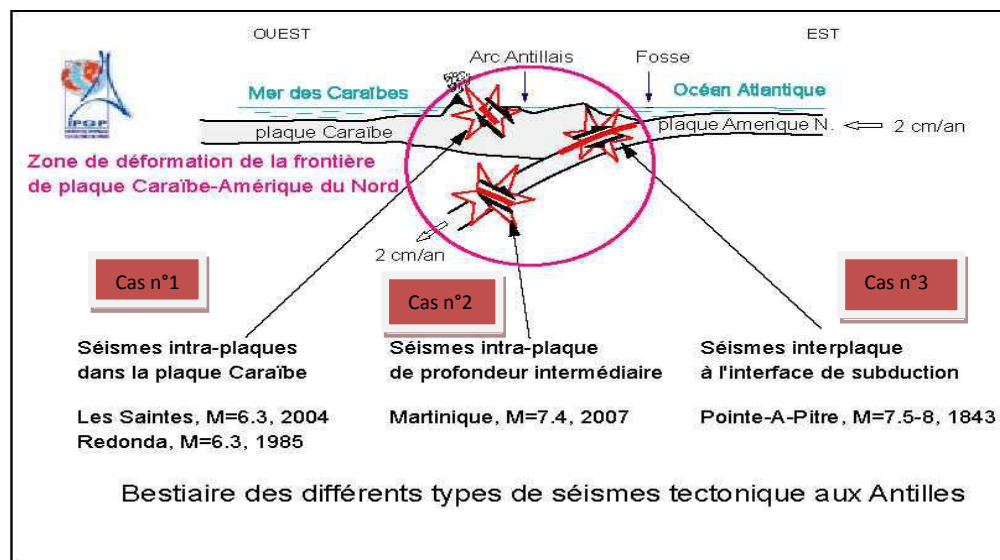
Ces trois séismes qui ont fait des dégâts correspondent aux trois grands types de séismes qui peuvent nous toucher.

Le contexte géologique :

La plaque Amérique du Nord (qui forme le fond de l'océan Atlantique) se déplace vers l'ouest, alors que notre petite plaque Caraïbe se dirige vers l'Est. Au niveau des Petites Antilles, la plaque Amérique du Nord, beaucoup plus lourde, se plie et passe sous la plaque Caraïbe. C'est ce que l'on appelle la **subduction**.



Contexte géologique



Document sur les différents types de séismes tectoniques aux Antilles de l'IPGP, modifié

Cas n°1 : La pression exercée par la plaque nord américaine met les roches de la bordure de la plaque caraïbe sous tension. Elles se cassent en formant de nombreuses failles. Chaque fois qu'une de ces failles se casse à nouveau, cela provoque un séisme intra plaque type séisme des Saintes (21/11/2004).

Cas n°2 : les roches de la plaque américaine qui se plie se cassent. Cela donne un séisme profond, type séisme de Martinique (29/11/2007).

Cas n°3 : la surface de contact entre la plaque caraïbe et la plaque nord américaine équivaut à une très grosse faille. Lorsqu'un mouvement se produit entre les deux

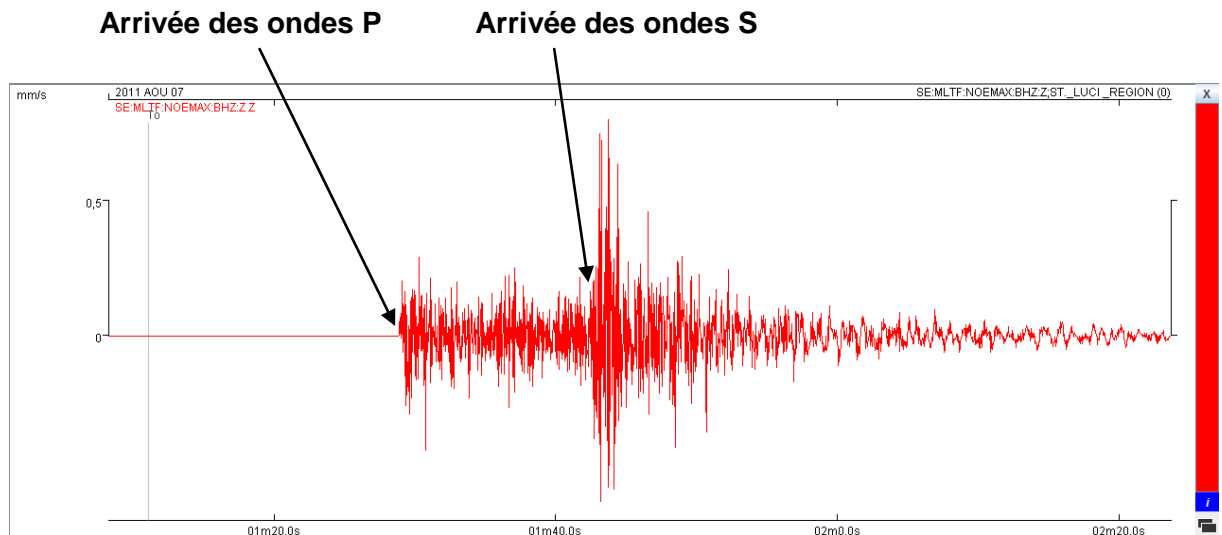
plaques, cela produit un gros séisme type 1843. (Remarque: la plaque américaine se déplace vers nous à raison de 2 cm chaque année, or cette surface de contact n'a pas bougé depuis 1843 !!!)

Deuxième partie : Sortir ou ne pas sortir ?

Alors que nous étions en salle de travail, le professeur nous a proposé de faire un exercice d'alerte mais nous avions des avis contradictoires : sortir ou se mettre sous la table ? En effet, la salle était au rez-de-chaussée, mais au fond d'un long couloir.

Afin de déterminer la bonne stratégie, il nous fallait donc savoir de combien de temps nous disposions pour réagir.

L'observation et la comparaison de nombreux enregistrements de séismes locaux (sismogrammes) nous a permis de mettre en évidence deux types d'ondes : les ondes P (qui arrivent en premier) et les ondes S.



Différents types d'ondes sur un enregistrement de séisme local

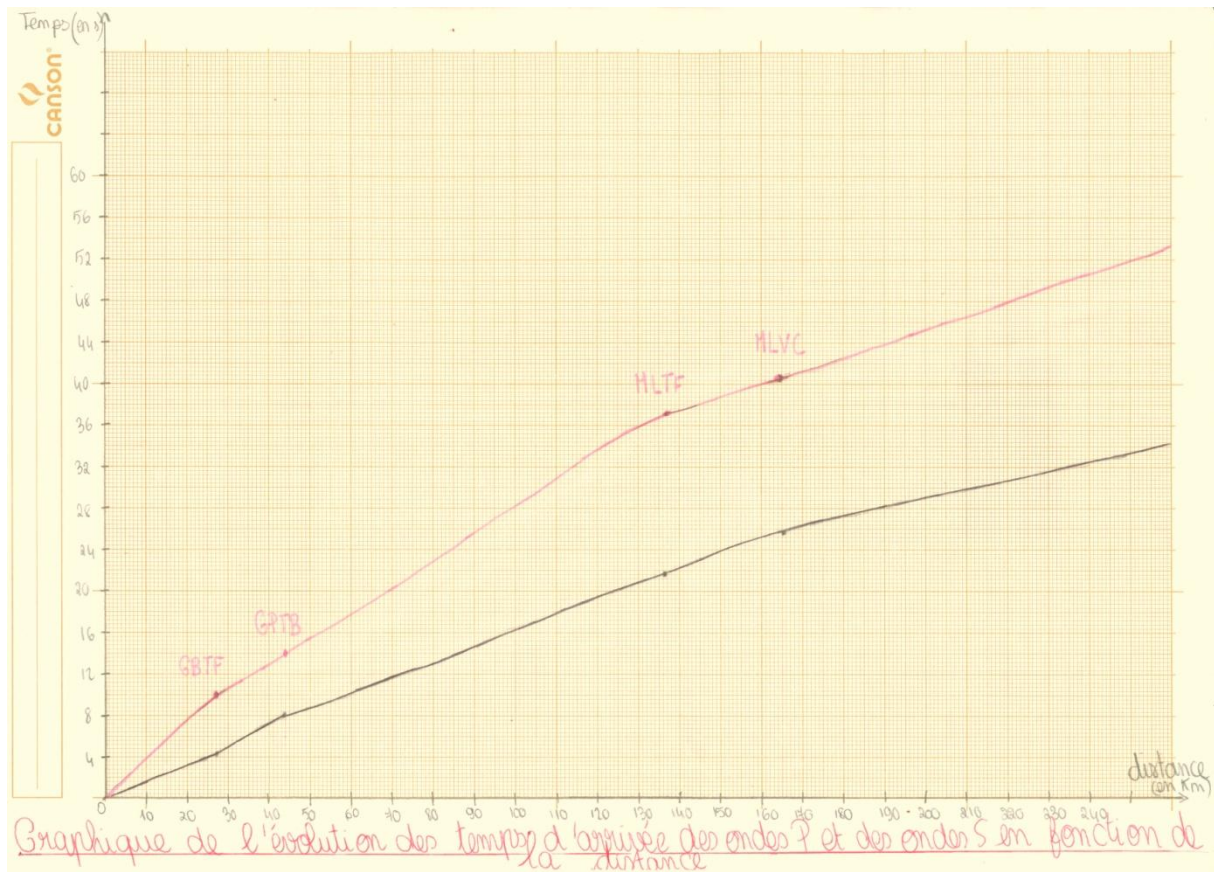
De façon générale, les bâtiments résistent assez bien aux ondes P, mais beaucoup moins bien aux ondes S : il faut donc se protéger avant qu'elles n'arrivent ! Comme il n'y a pas de signes précurseurs (tel qu'on peut le voir sur l'enregistrement ci-dessus), ce sont les ondes P qui servent d'alerte. Les ondes qui sont dangereuses pour nous sont donc les ondes S, nous avons voulu calculer le temps qui s'écoule avant que ces ondes arrivent.

Dans l'exemple ci-dessus, le temps qui s'écoule entre l'arrivée des ondes P et l'arrivée des ondes S ($T_s - T_p$) est de 13.53s, mais est-ce une généralité ?

Nous nous sommes séparés en plusieurs groupes, avec chacun une série d'enregistrements de séismes autour de la Guadeloupe et nous avons à chaque fois, calculé ce temps. Nous avons pu constater qu'il était très **variable**. Après réflexion, nous avons émis l'hypothèse qu'il devait **dépendre de la distance qui séparait le foyer du séisme de la station** ayant enregistré les

ondes. Nous avons vérifié notre hypothèse avec les enregistrements : en effet, plus le foyer est loin, plus le temps qui s'écoule entre l'arrivée des deux trains d'ondes est grand. Nous avons alors cherché un coefficient de proportionnalité : malheureusement, les résultats n'étaient pas cohérents. Cela semblait donc plus compliqué.

Nous avons alors tenté de réaliser un modèle graphique pour mieux comprendre.



Nous avons choisi un séisme peu profond, enregistré par plusieurs stations espacées, en Guadeloupe et en Martinique. Une courbe montre l'évolution des temps d'arrivée des ondes P en fonction de la distance et l'autre, les temps d'arrivée des ondes S en fonction de la distance. Ce double graphique rend compte de la vitesse des deux types d'ondes dans la plaque caraïbe.

Le séisme « attendu » le plus redouté serait un séisme de subduction type 1843, puisque le contact entre les deux plaques est bloqué et accumule de l'énergie depuis fort longtemps. De combien de temps disposerions nous donc pour nous mettre en sécurité ?

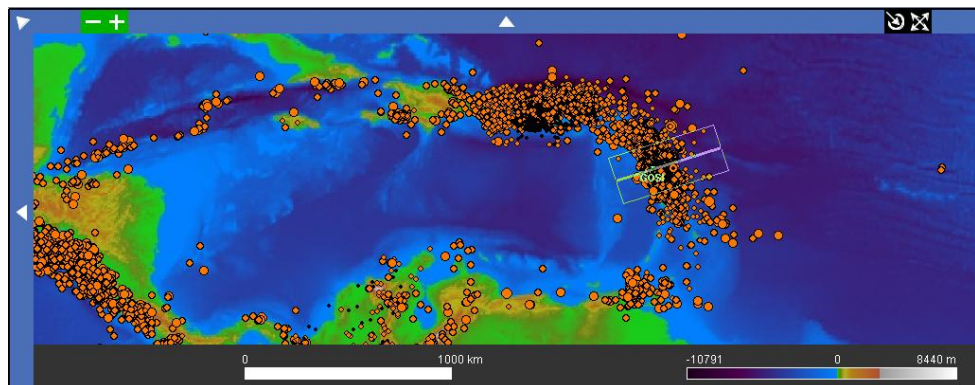
Pour une distance donnée, notre modèle graphique nous permet de calculer le temps qui s'écoulera entre l'arrivée des deux types d'ondes.

Tout d'abord, nous avons testé notre modèle en prenant au hasard, des séismes locaux, dans la banque de donnée. Nous disposons de leur localisation et donc de leur distance par rapport à chaque station. A l'aide de cette distance et de notre modèle, nous cherchions à prédire le temps qui

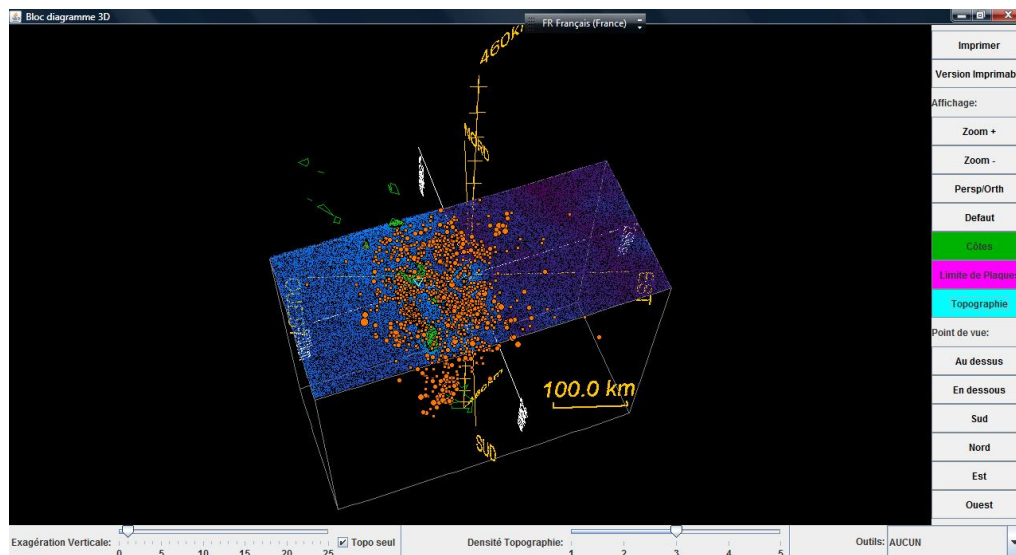
s'était écoulé entre l'arrivée des ondes P et l'arrivée des ondes S, puis de vérifier la réalité grâce aux enregistrements du séisme. Le test s'est révélé concluant : nous arrivions bien à prédire ce temps avec une marge d'erreur assez faible.

- **Evaluation de la distance qui nous sépare de la zone de subduction.**

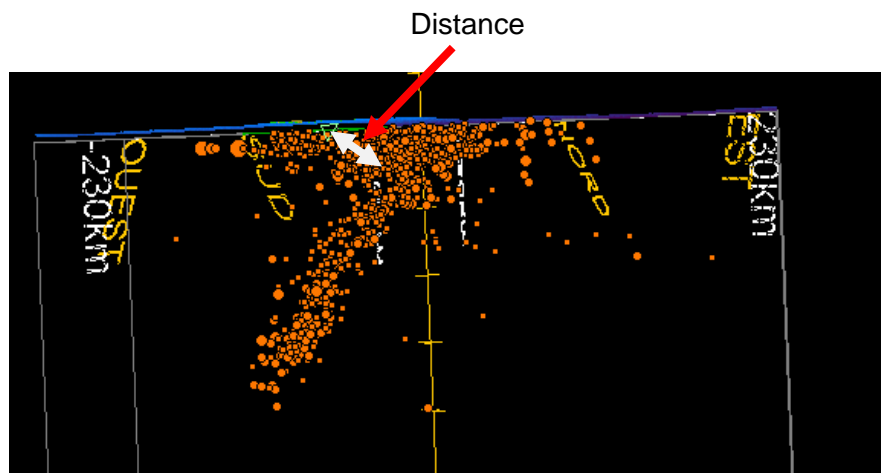
Afin de localiser les deux plaques, nous avons utilisé la localisation des séismes qui s'y sont produits depuis 10 ans. Ils nous permettent de « visualiser » la subduction en 3D.



Carte de la sismicité sur 10 ans et coupe perpendiculaire à l'arc antillais, passant par notre collège



Bloc diagramme 3D de la localisation des séismes proches de la Guadeloupe



Evaluation de la distance entre notre collège et le contact entre les deux plaques

➤ **Evaluation du temps que nous aurions pour réagir**

En se plaçant le plus dans l'axe de la subduction, nous avons évalué la distance minimale entre notre collège et la subduction, puis fait le même travail pour d'autres endroits en Guadeloupe. Ensuite, avec notre modèle graphique nous avons évalué le temps que nous aurions pour réagir, en cas de rupture de ce point le plus proche.

	Distance par rapport à la subduction	Temps pour réagir (Ts-Tp)
Collège du Gosier	51.34 km	6.5s
Collège de Pointe Noire	72.97 km	9.6s
Saint François	29.73 km	4.8s

Distance par rapport à la subduction et différence de temps d'arrivée des deux trains d'ondes

On constate que suivant l'endroit où on se trouve en Guadeloupe, nous n'aurons pas le même temps pour réagir.

➤ **Mesure de nos temps réels de réaction.**

Nous avons réalisé les parades préconisées et mesuré le temps que nous mettions pour les réaliser :

- ✓ Se mettre sous les tables : 3 secondes
- ✓ Sortir tous de la salle : 5.25 secondes
- ✓ Nous avons voulu savoir si en étant à l'étage, il était quand même possible d'atteindre la cours dans les temps :



On constate clairement sur la photo prise à 6.5s que nous sommes tout juste sortis de la salle et nous nous trouvons alors sur la coursive, partie très fragile du bâtiment qui risque le plus l'effondrement.

Nous avons vu que les personnes situées sur la côte sous le vent comme à Pointe Noire, avaient plus de temps. Nous avons voulu savoir si eux, auraient le temps :



En 9.6s, nous étions toujours sur la coursive, sans même avoir pu atteindre l'escalier, lui aussi très fragile !

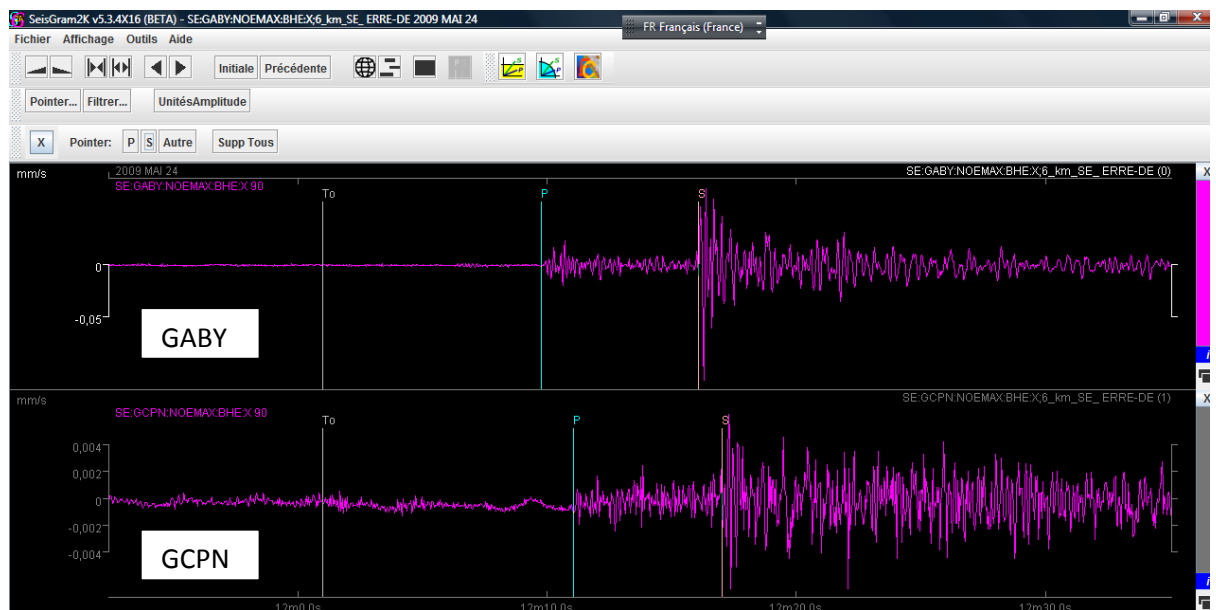
Conclusion : Au rez-de-chaussée, on peut sortir, à condition de le faire rapidement. A l'étage, il ne faut surtout pas car lors de l'arrivée des ondes les plus dangereuses, on se trouve alors aux pires endroits où se trouver, coursives ou escaliers, qui sont les parties les plus fragiles des bâtiments.

Troisième partie : Certains plus chanceux que d'autres !

Nous avons donc vu que les habitants de l'Est de la Guadeloupe étaient plus proches de la zone de subduction, alors que les habitants de l'Ouest, plus chanceux disposeraient de plus de temps pour réagir.

Au cours de nos recherches sur les enregistrements, nous avons découvert une étrange anomalie...

Le 24/05/2009 à 2h12min01s a eu lieu un séisme aux environs des Saintes. Il a été enregistré par plusieurs stations, notamment par la station GABY, du collège Abymes Bourg et la station GCPN du collège Courbaril de Pointe Noire. L'épicentre étant plus proche de Pointe Noire, les ondes auraient dû y être enregistrées avant.



Enregistrements du séisme du 24/05/2009 par deux stations

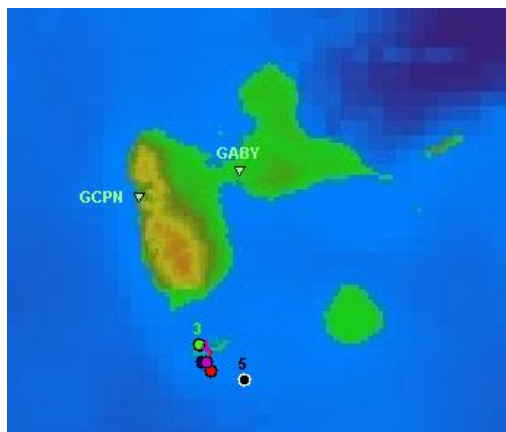
On constate clairement que les ondes P comme les ondes S sont d'abord arrivées à GABY puis à GCPN, ce qui n'est pas normal.

Plusieurs hypothèses s'offraient alors à nous pour expliquer cette anomalie :

- ✓ Problème technique d'une des stations (l'heure n'est pas bonne).
- ✓ Quelque chose perturbe la vitesse des ondes sur le trajet.

Pour trancher, nous avons cherché des séismes qui avaient eu lieu dans la même zone, mais à des dates éloignées.

Séisme n° (sur la carte ci- dessous)	Date	Heure	Profondeur	Vitesse des ondes pour arriver à GABY	Vitesse des ondes pour arriver à GCPN
1	8/12/2010	5h21min44s	13 km	6.67 km/s	5.005 km/s
2	24/05/2009	2h12min01s	12 km	6.68 km/s	4.93 km/s
3	17/06/2008	23h30min05s	2 km	6.03 km/s	4.95 km/s
4	14/04/2008	7h21min47s	4 km	6.25 km/s	5.32 km/s
5	18/04/2007	19h04min58s	14 km	6.45 km/s	5.60 km/s

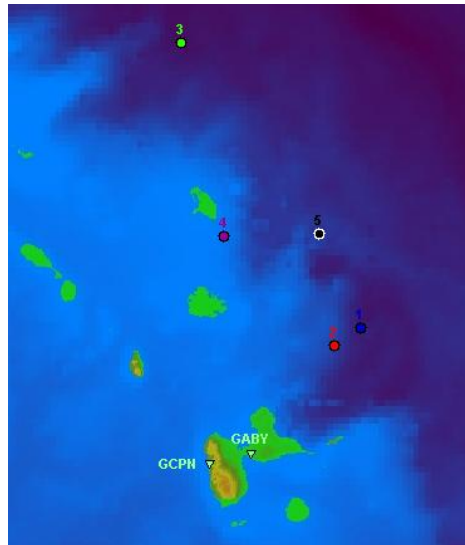


Localisation des séismes sélectionnés

On constate que les ondes arrivent toujours moins vite à la station GCPN.

Dans un deuxième temps, nous avons fait le même travail avec des séismes situés au Nord de la Guadeloupe.

Séisme n° (sur la carte ci-dessous)	Date	Heure	Profondeur	Vitesse des ondes pour arriver à GABY	Vitesse des ondes pour arriver à GCPN
1	25/01/2011	04h30min20s	4 km	5.80 km/s	5.84 km/s
2	24/12/2010	02h21min03s	9 km	5.86 km/s	5.71 km/s
3	18/04/2009	08h49min07s	13 km	6.67 km/s	6.86 km/s
4	07/04/2009	08h05min44s	5 km	6.08 km/s	5.99 km/s
5	22/03/2009	12h01min19s	10 km	5.88 km/s	5.84 km/s



Carte des séismes sélectionnés pour la 2eme phase

On constate que les différences de vitesses ne sont plus du tout significatives.

Les dates éloignées et les deux phases excluent l'hypothèse du problème technique. La comparaison des résultats montre qu'il y a bien quelque chose qui ralentit les ondes entre les Saintes et Pointe Noire : nous supposons qu'il s'agit de la Soufrière !

Conclusion : Les habitants de la côte sous le vent bénéficient donc de plus de temps pour réaliser leur parade puisqu'ils se trouvent plus loin de la zone de subduction. De plus, si la rupture a lieu au sud, les ondes seront ralenties par la Soufrière et ils auront encore plus de temps.

Quatrième partie : le quizz

Afin de mieux sensibiliser nos camarades, nous avons réalisé un « serious game » sur les consignes de sécurité. Il s'agit d'un quizz, sous la forme d'un programme réalisé avec le logiciel Scratch. Parmi des scènes de situations photographiées dans notre établissement, nous avons rédigé 20 questions à choix multiples. Après chaque réponse, le « joueur » est félicité pour sa bonne réponse, ou une réponse en image lui permet de comprendre son erreur. A la fin du quizz, la personne obtient son résultat.



Le quizz

Ce qu'il reste à faire :

- ✓ Nous devons rencontrer Mme Mendy BENGOUBOU-VALERIUS, sismologue au BRGM, afin de lui présenter notre projet et lui poser quelques questions, notamment sur notre hypothèse de la Soufrière ralentissant les ondes.
- ✓ Nous voudrions modéliser une expérience sur « la cap d'invisibilité » dites des trous parasismiques.

Conclusion générale:

La Guadeloupe est une zone où le risque sismique est important. Le risque est plus élevé à l'Est qu'à l'Ouest de la Guadeloupe. Afin de nous protéger au mieux, il nous faut bien comprendre le sens des consignes de sécurité. Au rez-de-chaussée, on peut sortir, mais lorsqu'on est à l'étage, nous avons démontré qu'on n'en avait pas le temps. Il vaut donc mieux se protéger là où on est.

Nous voudrions faire passer notre quizz à un maximum de personnes de notre établissement, afin de mieux les sensibiliser. Tous les élèves de 4^e l'ont passé lors d'une opération baptisée « sismo challenge 4^e ». Ceux qui ont eu le meilleur score ont gagné un prix. Quelques professeurs se sont également prêtés au jeu. Nous préparons le sismo challenge des autres niveaux.