

# RESSOURCES EN GÉOLOGIE CARIBÉENNE : LES APPORTS DE L'OUTIL GPS POUR L'ÉTUDE DES SÉISMES ET FAILLES MAJEURES DE RÉPUBLIQUE DOMINICAINE

Yves Mazabraud, Thomas Forissier

► **To cite this version:**

Yves Mazabraud, Thomas Forissier. RESSOURCES EN GÉOLOGIE CARIBÉENNE : LES AP-  
PORTS DE L'OUTIL GPS POUR L'ÉTUDE DES SÉISMES ET FAILLES MAJEURES DE  
RÉPUBLIQUE DOMINICAINE. Contextes et Didactiques, 2007, Recherches et ressources en édu-  
cation et formation, 1. <hal-01537725>

**HAL Id: hal-01537725**

**<https://hal.univ-antilles.fr/hal-01537725>**

Submitted on 12 Jun 2017

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## « RESSOURCES EN GÉOLOGIE CARIBÉENNE: LES APPORTS DE L'OUTIL GPS POUR L'ÉTUDE DES SÉISMES ET FAILLES MAJEURES DE RÉPUBLIQUE DOMINICAINE »

Yves MAZABRAUD (1,2) & Thomas FORISSIER (1,3)

(1) CRREF, IUFM de Guadeloupe

(2) LPAT/GEOL, EA 4098, Université des Antilles et de la Guyane

(3) UMR STEF, ENS Cachan

Contact : mazab@iufm.univ-ag.fr

**RÉSUMÉ :** Cet article présente comment l'utilisation d'un outil moderne, le GPS (Global Positioning System) peut apporter des éléments significatifs dans la connaissance des failles actives et de leur cycle sismique. Nous nous intéressons ici à la frontière de plaque Nord-Caraïbe, en République Dominicaine, et présentons des quantifications de vitesses de déplacement obtenues grâce à l'instrumentation de la zone depuis 1994 par un groupe de chercheurs français, états-uniens et dominicains. Les résultats sont ensuite discutés en termes d'aléas sismologiques des failles majeures.

**MOTS-CLÉS :** Géologie caribéenne, GPS, frontière de plaque, faille majeure, aléa sismologique.

**TITLE :** Highlight on Caribbean Geology: GPS as a powerful tool to study major faults and their seismic potential in the Dominican Republic.

**ABSTRACT :** This paper aims to demonstrate that the use of a modern tool, the GPS (Global Positioning System), can significantly improve our understanding of active faults and their seismic cycle. We focus on the North-Caribbean plate boundary, specifically in the Dominican Republic, and present some quantifications of velocities that result from measurements that have been made possible by the instrumentation of the area by a consortium of researchers from France, the USA and the Dominican Republic, since 1994. Then, we discuss the velocities in terms of seismic potential of the regional major faults.

**KEY-WORDS :** Caribbean geology, GPS, plate boundary, major fault, seismic potential.

### Introduction

La frontière de plaque Caraïbe-Amérique du Nord est une zone sismogène large de 100 à 250 km. Elle est caractérisée par le coulisage vers l'est de la plaque tectonique des caraïbes par rapport à l'Amérique du Nord sur près de 2000 Km, le long de la bordure nord de la mer des Caraïbes (figure 1). La frontière de plaque est particulièrement large à la longitude d'Hispaniola où elle est constituée par un réseau de failles actives qui accommodent le mouvement de coulisage et la convergence des deux plaques. Le long de la frontière orientale de la plaque Caraïbe, la lithosphère océanique Atlantique passe en subduction sous l'arc des Petites Antilles. La subduction frontale sous les Petites Antilles passe progressivement à de la subduction oblique à la longitude de Puerto Rico et des Iles Vierges. Puis, à l'ouest de Puerto Rico, et en particulier au niveau d'Hispaniola, la frontière de plaque est principalement décrochante.

Parmi les différentes disciplines des Sciences de la Terre, la géodésie spatiale permet d'étudier les failles actives et surtout de quantifier le déplacement des plaques. A cette fin, le GPS (*Global Positioning System*) a la possibilité de mesurer la position de réseaux denses sur de large zones. Il constitue ainsi un outil particulièrement bien adapté pour la mesure de déformations crustales aux frontières de plaques grâce à sa grande précision (2-3 mm horizontalement sur des distances de plusieurs centaines de kilomètres). Pour obtenir une telle précision, des marqueurs sont implantés dans la roche, puis on mesure leur position géographique en latitude, longitude et altitude au moyen de récepteur GPS

permettant de décrypter les différentes phases du signal émis par les satellites. En répétant la mesure des centaines de fois pendant 24 ou 48 heures, la précision obtenue est suffisante pour des applications scientifiques. Un dispositif expérimental est présenté sur la figure 2.

Les données fournies par l'installation, en 1994, et la mesure (en 1994, 1995, 1996, 1997) d'un réseau GPS en République Dominicaine, et sa densification en 1999, ont permis de calculer un champ de vitesses prenant en compte les résultats fournis par la deuxième époque de mesure des nouveaux sites en 2001 (Calais et al., 2002).

Les vitesses de déplacement (figure 3) des sites à Puerto Rico et à l'extrême sud-ouest de la République Dominicaine (Hispaniola) présentent une très bonne corrélation avec les prédictions du modèle cinématique global de De Mets et al. (2000) qui modélise des vitesses en supposant la plaque Caraïbe rigide, soit un déplacement d'environ 20mm/an vers l'est-nord-est (par rapport à l'Amérique du Nord). Ces sites sont donc considérés comme faisant partie de l'intérieur stable de la plaque Caraïbe. Les sites de la zone centrale d'Hispaniola, situés entre la faille septentrionale et la faille Enriquillo-Plantain Garden, présentent des vecteurs vitesse dont l'orientation diffère entre l'est et l'ouest de l'île. A l'est, les vecteurs vitesse observés sont orientés plus au sud que les prédictions des modèles qui supposent la plaque caraïbe rigide, tandis qu'à l'ouest de l'île les vecteurs vitesse observés sont toujours orientés plus au nord que les prédictions obtenues par modélisation. Cette différence de comportement vis à vis des prédictions nous amène à penser que la partie centrale d'Hispaniola se déforme. Cette déformation n'est accommodée par aucune structure active connue. Elle est donc vraisemblablement à relier à une rotation des contraintes visant à conserver un angle relativement constant entre les vecteurs déplacement et la frontière de plaque, accommodée par une déformation diffuse au sein de la partie centrale d'Hispaniola. Il est aussi possible que cette déformation soit accommodée par la réactivation de la zone de suture d'âge Crétacé qui traverse l'île d'Hispaniola selon une direction nord-ouest sud-est et constitue une discontinuité mécanique de la lithosphère. Les contraintes à l'origine de ce changement d'orientation des vitesses GPS seraient à rechercher dans la différence de friction entre la lithosphère caraïbe et la lithosphère nord américaine, entre l'Ouest et le Centre et l'Est d'Hispaniola. Cette différence de friction étant induite par le passage en subduction de la plate-forme carbonatée des Bahamas (figure 4) qui, de concert avec la collision au sud de l'île avec la ride de Beata, semble fortement influencer les déformations internes d'Hispaniola.

Par ailleurs, outre les directions, l'ensemble des sites à Hispaniola présente une nette décroissance des vitesses du sud vers le nord de l'île, de  $19,3 \pm 1,7$ mm/an au sud à  $5,5 \pm 1,7$ mm/an au nord. Ce gradient spatial, perpendiculaire à l'orientation de la frontière de plaque pourrait être expliqué soit : (1) par une accumulation de déformation élastique sur des failles bloquées à Hispaniola, soit : (2) par une déformation non élastique répartie sur l'ensemble de la frontière de plaque au niveau d'Hispaniola. Les sites du nord d'Hispaniola mettent en évidence un fort gradient de déformation au niveau de la faille Septentrionale (figure 3) en accord avec un modèle d'accumulation de déformation élastique sur une faille bloquée, privilégiant la première hypothèse. En effet, si les points situés au Nord, proche de la faille, accumulent un « retard », celui-ci sera rattrapé plus tard lors d'une rupture sismique sur la faille. Suite à l'obtention d'un champ de vitesses, la manière dont la déformation se

répartit sur les différentes failles peut être quantifiée par la modélisation numérique. Ces quantifications peuvent être comparées aux connaissances obtenues sur le cycle sismique des failles par paléosismologie (en étudiant la déformation des couches géologiques les plus récentes afin de dater les dernières ruptures sismiques ayant atteint la surface).

Le dernier séisme majeur associé à la faille Septentrionale s'est produit il y a 770 à 960 ans selon les estimations (Prentice et al., 2003). De plus, un séisme majeur se produit statistiquement tous les 800 à 1200 ans sur cette dernière. Ceci suggère que la faille septentrionale est actuellement dans la fin de son cycle sismique, c'est à dire proche de l'état de rupture. La zone bloquée qui correspond à la faille accumule de la déformation élastique à un taux de  $12,8 \pm 2,5$  mm/an, ce qui implique un déficit de glissement de 7,9 à 14,7 mètres depuis le dernier tremblement de Terre (Calais et al., 2002). En se référant à la loi d'échelle sismique qui relie glissement et magnitude (Wells et Coppersmith, 1994), si l'intégralité de ce déficit était rattrapé en un seul séisme celui-ci pourrait alors avoir une magnitude de 7,7 à 7,9. Or, la taille et la géométrie de la Faille Septentrionale (Mann et al., 1998) fait d'elle une structure capable de générer de tels événements. La faille Septentrionale constitue donc une source potentielle importante de séisme majeur dans cette zone à haute densité de population (environ 16,5 millions d'habitants). Pour autant, la déformation étant distribuée sur toute la frontière de plaque, le potentiel sismogénique d'autres failles telles que la faille d'Enriquillo, qui traverse le sud d'Hispaniola passant quelques kilomètres au sud de Port au Prince ne doit pas être négligé et doit faire l'objet d'études spécifiques.

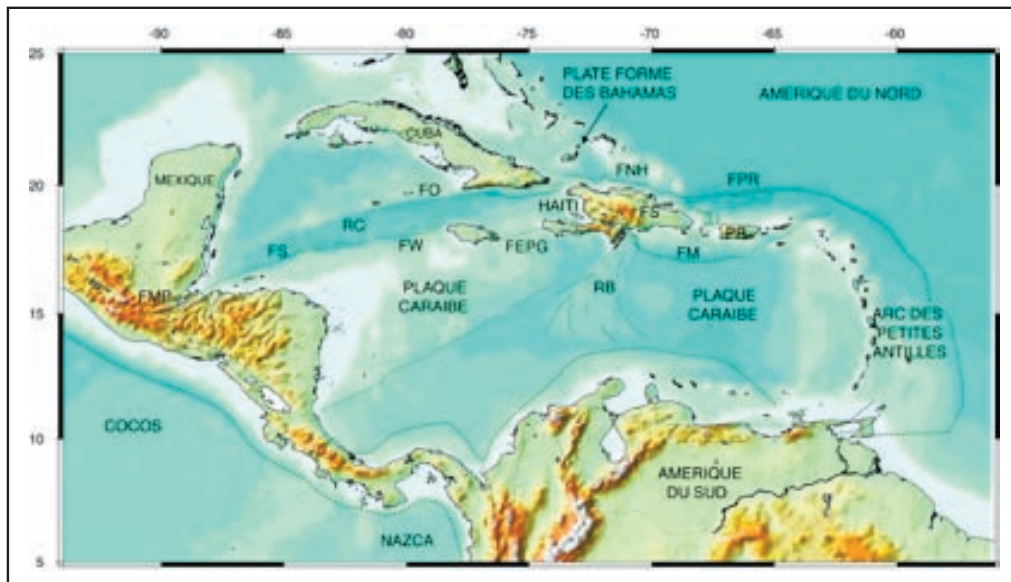


Figure 1 :

Situation géodynamique de la plaque Caraïbe.

PR: Puerto Rico, FM: fosse Muertos, RB: ride de Beata, FEPG: faille Enriquillo Plantain Garden, FW: faille Walton, RC: ride Cayman, FS: faille Swan, FMP: faille de Polochic Motagua, FO: faille Oriente, FNH: faille Nord Hispaniola, FS: faille Septentrionale, FPR: fosse de Puerto Rico

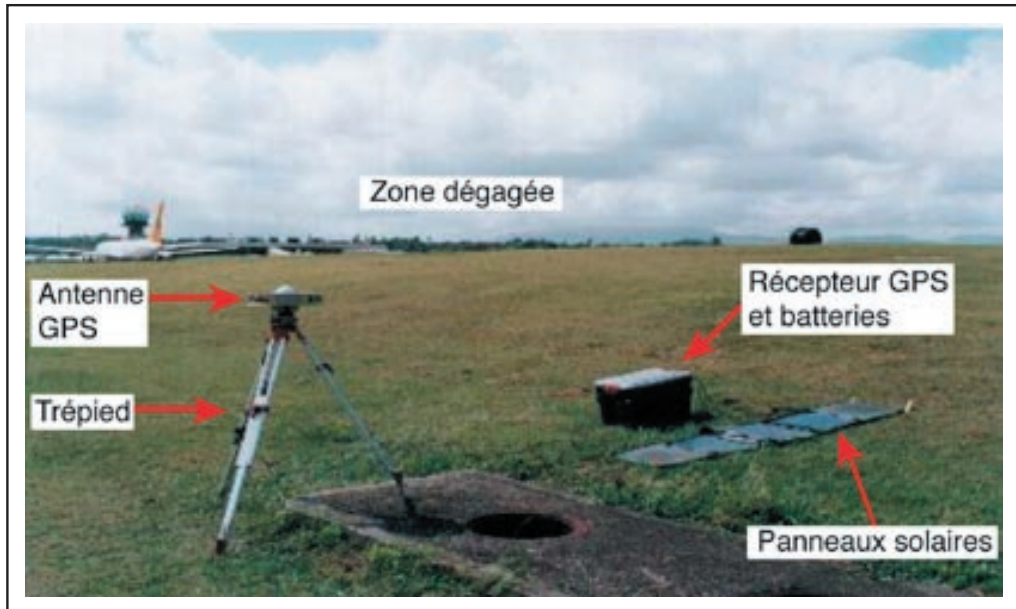


Figure 2 :  
Dispositif d'acquisition GPS à l'aéroport de la Reunion, République Dominicaine. Campagne CANAPE.

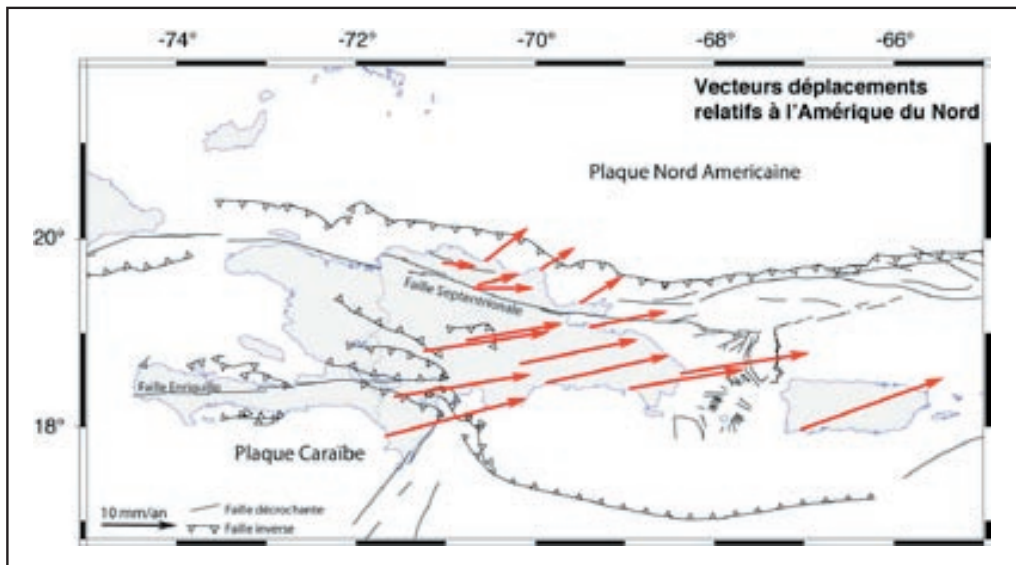


Figure 3 :  
Vecteurs GPS. La longueur des vecteurs est proportionnelle à l'intensité du déplacement en mm/an. Mouvements relatifs par rapport à l'Amérique du Nord supposée fixe. Modifié d'après Calais et al., 2002.



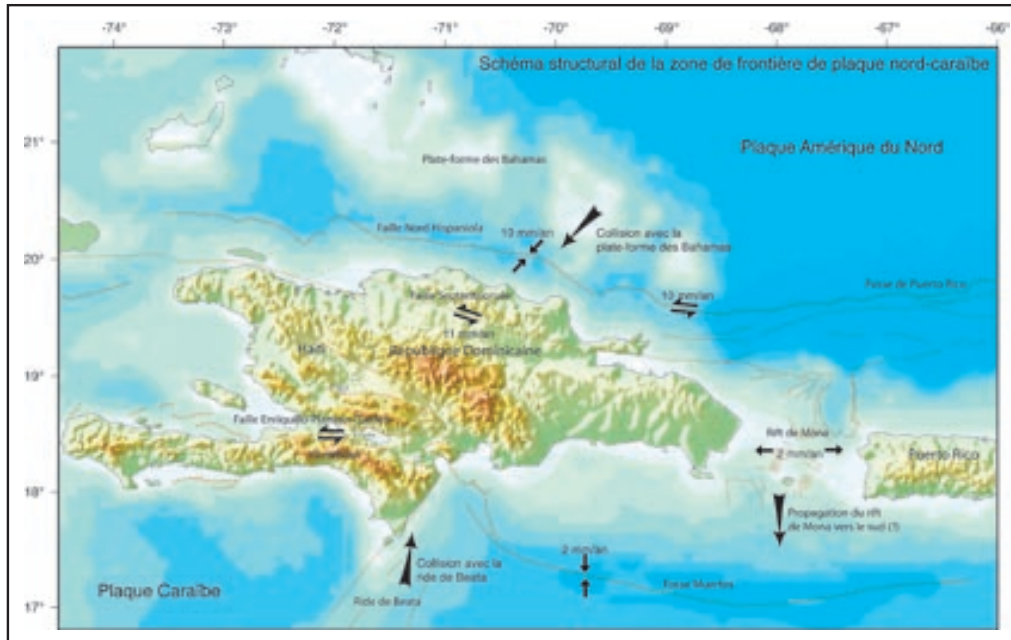


Figure 4 :  
Schéma structural. Modifié d'après Mazabraud, 2001.

### Bibliographie

- Calais, E., Mazabraud, Y., Mercier de Lépinay, B., Mann, P., Mattioli, G. and Jansma, P., (2002). Strain partitioning and fault slip rates in the northeastern Caribbean from GPS measurements. *Geophysical Research Letters*, 29(18), 1856, doi:10.1029/2002GL015397.
- De Mets, C., P. Jasma, G. Mattioli, T. Dixon, F. Farina, R. Bilham, E. Calais, P. Mann, (2000). GPS geodetic constraints on Caribbean-North America plate motion, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 437-440.
- Mann, P., C. S. Prentice, G. Burr, L. R. Pena, and F. W. Taylor, (1998). Tectonic geomorphology and paleoseismology of the Septentrional fault system, Dominican Republic, in *Active Strike-slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone*, edited by J. F. Dolan and P. Mann, Geological Society of America Special Paper 326, Geological Society of America, Boulder, Colorado, p. 63-123.
- Mazabraud, Y., (2001). Mécanismes de la déformation active au passage subduction-décrochement le long de la frontière de plaques nord Caraïbe : géodésie GPS et modélisation numérique. DEA "Géodynamique de la Lithosphère, des marges océaniques au chaînes de montagnes", Université de Nice – Sophia Antipolis.
- Prentice, C. S., P. Mann, L. Pena, and G. Burr, (2003). Slip rate and earthquake recurrence along the central Septentrional fault, North American Caribbean plate boundary, Dominican Republic, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 108, No. B3, 2149.
- Wells, L. D., and K. J. Coppersmith, (1994). New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84, 974–1002.