ÉTUDE DE CAS 2

ANALYSE DYNAMIQUE DES FAILLES DE LA RÉGION DE PERCÉ

A remettre au plus tard le 23 mars 2010
Travail évalué : 10% de la note finale

Les notions et apprentissages suivants seront abordés dans ce laboratoire :

- Effectuer des études statistiques de données d'orientation de failles mégascopiques conjuguées à différents sites ponctuels dans une région donnée.
- À partir des études statistiques à chaque site, effectuer l'analyse cinématique du système faillé en associant les données synthétiques des failles secondaires à chaque site à une faille majeure cartographiée sur le terrain.
- À partir de l'étude statistique des données de failles conjuguées relevées sur le terrain, effectuer l'analyse dynamique du système faillé en déterminant l'orientation des contraintes locales responsables du développement du couloir de déformation.
- À l'aide des résultats de l'analyse et l'interprétation structurale proposer un modèle d'évolution tectonique régional en discutant de l'orientation des failles mégascopiques, à quelle structure majeure ces failles sont reliées, aux contraintes locales responsables du développement des failles aux trois sites, du régime de déformation régional en décrochement, des deux systèmes de failles régionaux (E-W et NW-SE) et de leur chronologie relative.

LES FAILLES DE DECROCHEMENT

Les zones de failles de décrochement correspondent à des couloirs de déformation au sein desquels se développent plusieurs éléments structuraux secondaires (fractures de cisaillement et d'extension, failles de décrochement dites de Riedel, failles inverses et normales, plis et clivage). L'orientation des éléments structuraux est conditionnée par l'orientation du couloir de déformation (Y) qui à son tour est déterminée par l'orientation des contraintes principales régionales. L'étude statistique de données structurales (éléments des failles conjuguées) recueillies au sein d'un couloir faillé permet d'effectuer l'analyse géométrique du système faillé et de retrouver l'orientation des contraintes principales régionales et celle des familles de failles principales et secondaires.

LES COULOIRS DE FAILLES

L'étude d'une faille ne se résout pas uniquement par l'observation de la surface faillée principale mais par l'observation de tous les éléments structuraux contenus au sein du couloir de déformation situé aux abords de la faille. Plusieurs éléments structuraux se développent de façon contemporaine à la zone de faille et fournissent des indices permettant de mieux caractériser la zone de faille. Ces éléments se divisent en trois groupes (figure 1), soit :

- les tectoglyphes sur la surface de faille,
- les brèches et cataclases contenues entre les épontes de la faille et

- les crochons (plis d'entrainement ou sigmoïdes), fractures secondaires (ou annexes) et foliations qui se développent dans le volume rocheux déformé situé de part et d'autre de la faille.

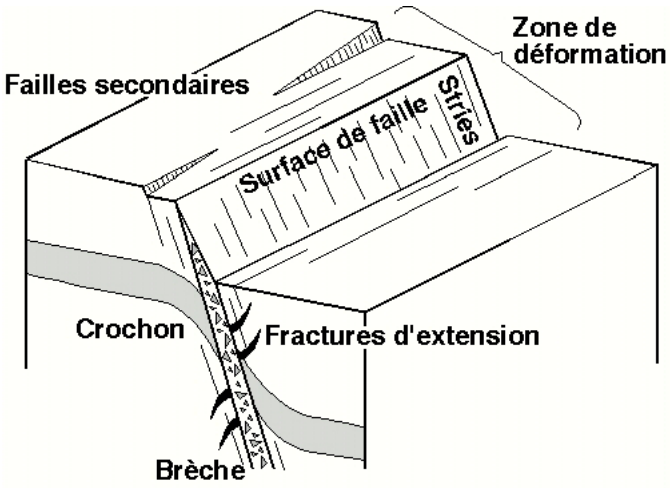


Figure 1. Anatomie d'une zone de faille.

Une faille et ses zones bordières font généralement partie d'un corridor de déformation beaucoup plus vaste qui contient de nombreux plans de rupture. Ce corridor de déformation possède une dimension allant de l'ordre du mètre jusqu'à quelques kilomètres de largeur et est souvent fonction de l'importance du déplacement relatif des compartiments de part et d'autre. À l'intérieur de la zone de faille, le réseau de fractures est constitué de familles distinctes dont la densité et la valeur du glissement croissent depuis les bords de la zone jusqu'à la partie centrale où se situe la faille proprement dite.

Pour une zone de faille en décrochement, le réseau de fractures et/ou de failles secondaires développé à l'intérieur de la zone de faille sera caractérisé par des failles conjuguées (R et R') symétriques par rapport à σ_1, faisant un angle voisin de 60° et disposées en échelon. Ces fractures ou failles conjuguées répondent à la théorie de Coulomb, qui pour des conditions P-T favorisant une déformation cassante prévoit que les failles se développent généralement en deux familles conjuguées dont l'orientation est dictée par l'orientation des contraintes principales (σ_1, σ_2, σ_3), et où la contrainte σ_1 est la bissectrice de l'angle aigu formé par deux failles conjuguées (figure 2).

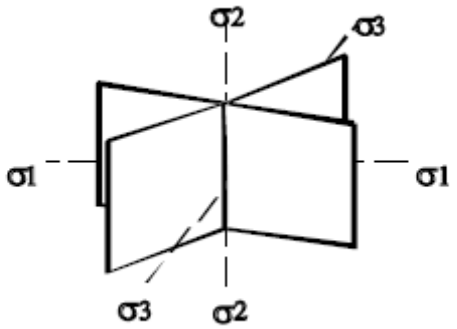


Figure 2. Relation entre l'orientation des contraintes et la géométrie des failles conjuguées de décrochement.

Pour un système de faille en décrochement, les failles principales (Y) se caractérisent sur le terrain par des corridors de déformation comportant de nombreuses failles conjuguées mégascopiques, dont les R, R', P ainsi que des failles inverses et des failles normales. Toutes ces failles découperont éventuellement la zone de faille en un réseau de blocs losangiques (figure 3). Dans un tel système décrochant et dont la faille principale (Y) est dextre, des failles secondaires dextre (R), dites synthétiques, se développeront à un angle de 15-25° par rapport au plan de faille principale (Y) et des failles secondaires senestres (R'), dites antithétiques, se développeront à un angle de 75-80° par rapport au plan de faille principale (Y). Les failles R et R' se développeront dès les premiers instants de la déformation et seront suivis du développement de failles P, disposées symétriquement par rapport aux R, à environ 10° de la faille principale.

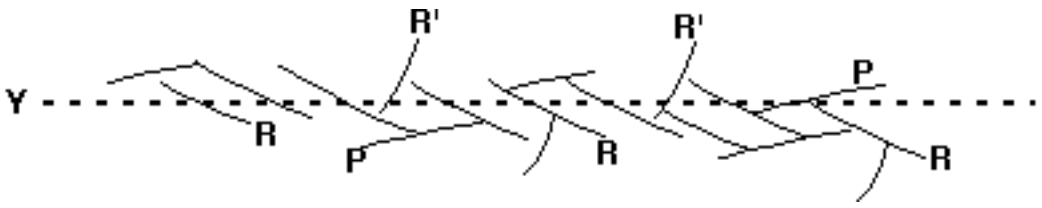


Figure 3. Réseau de failles secondaires pour un système décrochant dextre.

La nature et l'orientation des éléments structuraux reliés aux zones de failles de décrochement sont compatibles avec une déformation par cisaillement simple et se conforment au modèle de tectonique coulissante « *wrench tectonics* » de Wilcox et al. (1973). Ce modèle prévoit l'orientation de tous les éléments structuraux qui se développent dans un tel système, soit les plis, le clivage et les failles secondaires. Pour une contrainte principale maximale (σ_1) orientée horizontalement et dans le quadrant NW, il se développera un plan de cisaillement dextre à 45° de σ_1 régionalement souligné par les failles de décrochement dextre orientées E-W (Y) (figure 4). Le modèle de tectonique coulissante de Wilcox prévoit le développement de :

- failles secondaires synthétiques (R) faisant un angle de 15-25° avec la faille principale et des failles secondaires antithétiques (R') faisant un angle de 75-85° avec la faille principale,

- failles secondaires inverses, plis et clivage orientés NE-SW, soit perpendiculaire à la contrainte principale σ_1, et

- failles secondaires normales et des fractures d'extension orientées SE, parallèlement à la contrainte principale maximale σ_1 (Y).

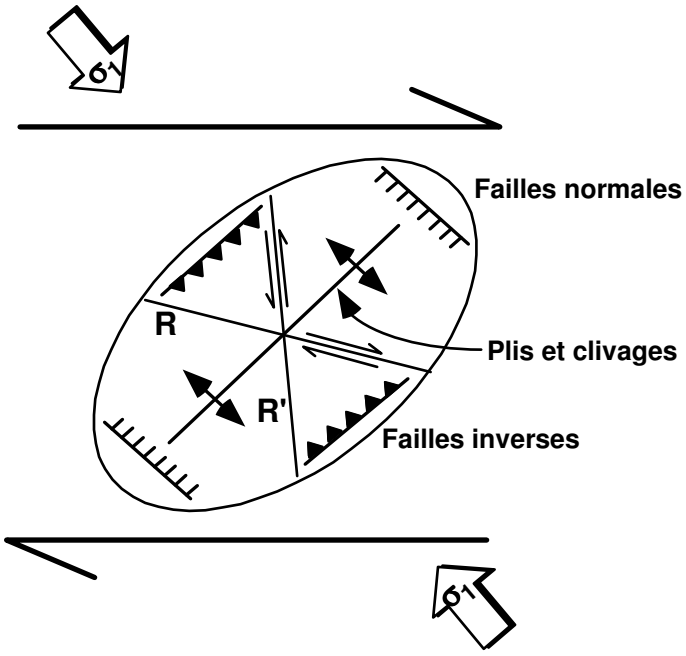


Figure 4. Orientation des éléments structuraux pour une déformation induite par cisaillement simple le long d'une faille principale décrochante dextre orientée E-W.

ÉTUDE RÉGIONALE DE TERRAIN FAILLE: LA RÉGION DE PERCÉ

CONTEXTE GEOLOGIQUE

Les roches de la région de Percé appartiennent à la province géologique des Appalaches. L'âge des roches dans ce secteur s'étend du Cambrien au Carbonifère. Les éléments structuraux qui affectent les roches de la région se sont développées au Dévonien moyen soit lors de l'orogenèse Acadienne.

La région de Percé se situe au point de rencontre de deux systèmes majeurs de failles de décrochement dextre acadiennes: un système E-W et un système NW-SE (voir Carte Géologique I). La faille de Grande Rivière (GRF), faille principale du système E-W, affecte la partie nord de la région de Percé. La faille du Troisième Lac (TLF), faille principale du système NW-SE, se prolonge sous la couverture de roches carbonifères dans la partie nord-ouest de la région de Percé et longe les strates cambro-ordoviciennes. Ces deux zones de failles principales découpent les séquences stratigraphiques en plusieurs panneaux et blocs structuraux à l'intérieur desquels les lits ont été redressés, fracturés et cisaillés. Les relations cartographiques dans la région de Percé ont permis d'établir une chronologie entre les deux systèmes de failles. En effet, les failles du système NW-SE recoupent celles du système E-W.

Dans la région de Percé, les failles principales de Troisième Lac et de Grande Rivière se caractérisent sur le terrain par des corridors de déformation comportant de nombreuses failles conjuguées mégascopiques. La nature et l'orientation des éléments structuraux tels que les failles secondaires dextres et senestres, les failles inverses, le clivage et les plis régionaux reliés aux zones de failles sont compatibles avec une déformation par cisaillement simple et se conforment au modèle de tectonique coulissante de Wilcox *et al.* (1973). Les zones faillées se caractérisent par la présence de nombreuses failles secondaires mégascopiques inverses, normales, et de décrochement dextre et senestres dont les orientations ont été soigneusement relevées sur le terrain (Kirkwood, 1989). Ces levés structuraux détaillés et les observations de terrain permettent de caractériser la géométrie et la cinématique des différentes familles de failles. L'analyse statistique des données structurales recueillies sur le terrain permettra ainsi de dégager des orientations préférentielles de ces familles de failles et de proposer une interprétation dynamique cohérente pour leur développement.

REFERENCES

Kirkwood, D. 1989. Géologie structurale de la région de Percé. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, ET 87-17, 42 p + 2 cartes.

Wilcox, R.E., P. Harding et D.R. Seely. 1973. Basic wrench tectonics. AAPG Bulletin, 57(1): 74-96.

EXERCICE

L'évolution structurale de la région de Percé a été élucidée à l'aide de l'analyse structurale des failles conjuguées mégascopiques. L'orientation des failles et des axes de sigmoïdes (appelés aussi plis d'entrainement ou crochons) a été relevée systématiquement sur le terrain. Les données structurales ont été prélevées le long de la côte et le long des ruisseaux. Ces données proviennent de trois sites distincts du sud de la région de Percé, soit le Mont Joli en face du Rocher Percé, le ruisseau Murphy dans la partie centrale de la région et la rivière du Portage à l'extrémité nord-ouest de la région (voir localisation des sites sur les carte géologiques II et III).

1. Dans un premier temps, vous devez effectuer une analyse statistique de l'orientation des failles aux trois sites en projetant les données sur des projections stéréographiques. Faites des diagrammes d'isocontours de densité des pôles des plans de faille. Vous est-il possible de distinguer des tendances générales pour l'orientation des différentes familles? Tracez le grand cercle moyen des principales familles à chaque site. Les failles sont-elles orientées différemment d'un site à l'autre?

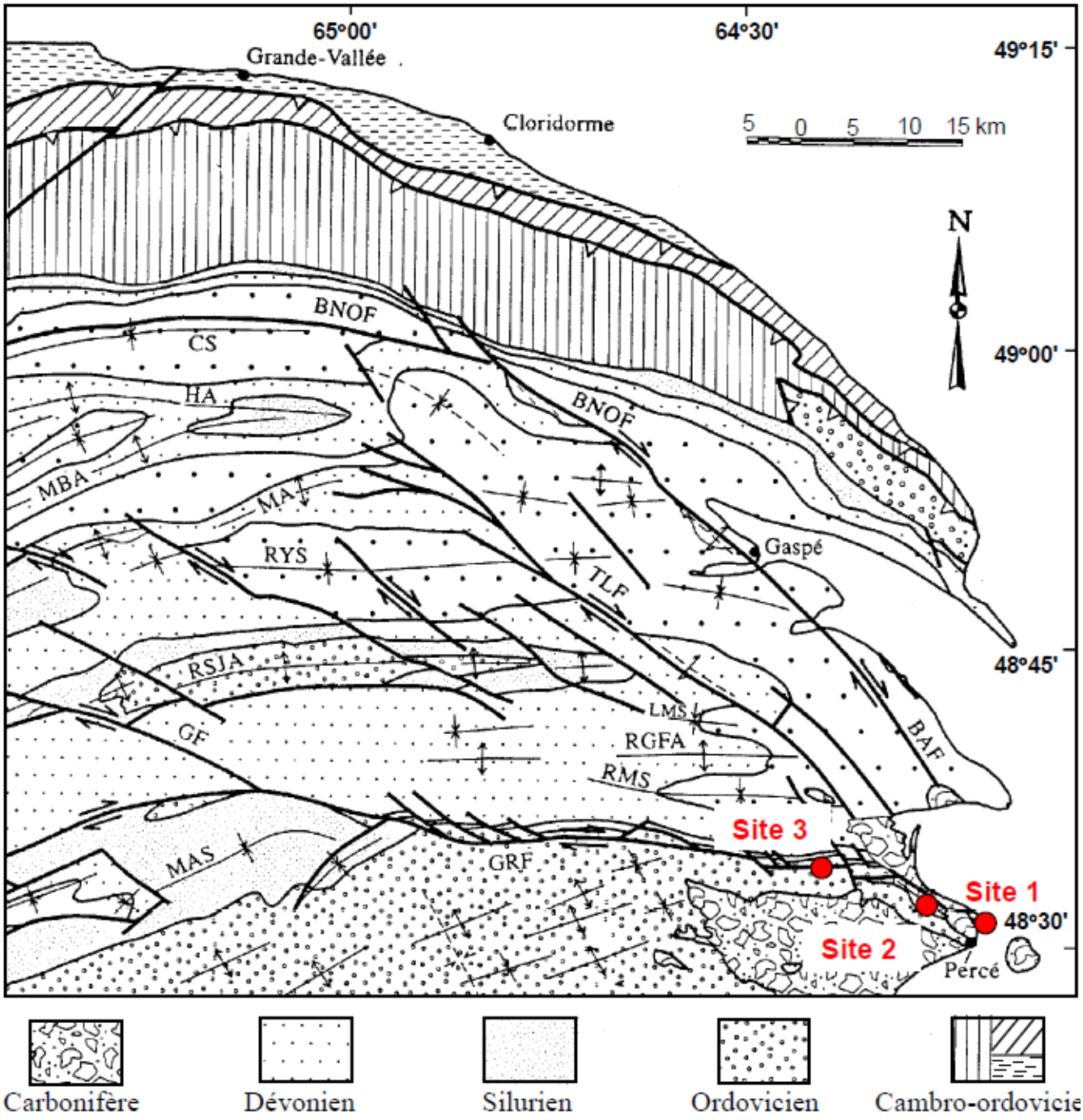
2. À l'aide des projections stéréographiques, effectuez l'analyse dynamique des systèmes de failles conjuguées aux trois sites (orientation des contraintes principales dans l'espace). Quelle est l'orientation de la contrainte principale maximale à chaque site? La contrainte σ_1 accuse-t-elle une orientation semblable pour les trois sites? Expliquer.

3. Faites le lien avec la géologie de la région de Percé. Pouvez-vous associer une structure locale (faille majeure cartographiée sur le terrain) à l'état de contrainte local que vous avez déterminé à chaque site?

4. Proposer un modèle pour le développement des structures cassantes pour chacun des sites. Inspirez-vous du modèle de tectonique coulissante. N'oubliez pas que les failles majeures de cette région (GRF et TLF) sont des failles de décrochements dextres. Décrivez brièvement l'histoire tectonique de la région en discutant du développement des failles mégascopiques aux trois sites.

CARTE GÉOLOGIQUE I

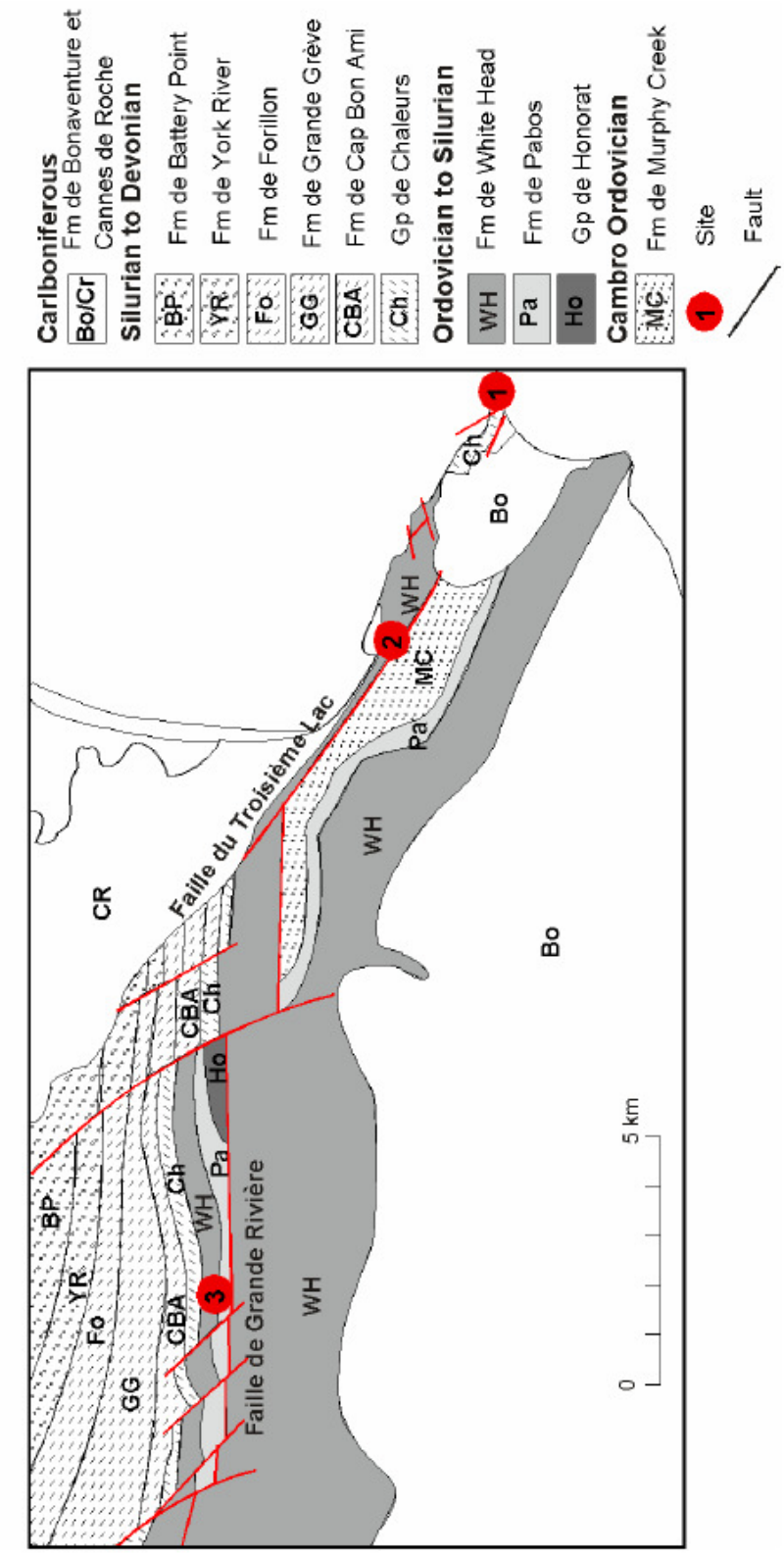
Secteur nord-est de la péninsule gaspésienne.



Structuralement, la région de Percé se situe au point de rencontre entre la faille de Grande Rivière (GRF) du système E-W et la faille du Troisième Lac (TLF) du système NW-SE.

CARTE GÉOLOGIQUE II

Carte géologique de la région de Percé



CARTE GÉOLOGIQUE III

Détail de la carte géologique de la région de Percé

