Energy, Mines and Resources Canada
Énergie, Mines et Ressources Canada

Earth Physics Branch
Direction de la physique du globe

1 Observatory Crescent
Ottawa Canada
K1A 0Y3

1 Place de l'Observatoire
Ottawa Canada
K1A 0Y3

Rapport sur les activités de la Direction de la physique du globe durant l'année fiscale 1979-80

This document was produced by scanning the original publication.

Ce document est le produit d'une numérisation par balayage de la publication originale.

Rapport sur l'activité de la
DIRECTION DE LA PHYSIQUE DU GLOBE
durant l'année budgétaire 1979-1980.

K. WHITHAM, Directeur-général

La Direction de la physique du Globe est chargée d'assurer la disponibilité des renseignements géophysiques (données, connaissances et expertises) sur la configuration, la structure, les transformations et les processus dynamiques de la lithosphère et sur les risques associés aux phénomènes géophysiques naturels et à ceux provoqués par l'homme, tout en portant une attention particulière au territoire canadien. Cette tâche a été divisée en quatre missions principales:

- tenir à jour et augmenter les bases de données géophysiques, en mettant en oeuvre les techniques appropriées dans les domaines de la séismologie, de la géothermie, du géomagnétisme, de la gravité et de la géodynamique;
- fournir de nouveaux concepts et de meilleures explications de la structure géophysique fondamentale du Canada, en vue d'une utilisation rationnelle du sol canadien et de ses ressources;
- évaluer les risques géologiques au Canada, y compris les tremblements de terre et le pergélisol, et contribuer à l'explication des phénomènes dynamiques actuels de la terre, comme l'expansion des fonds marins, les mouvements verticaux de la croûte terrestre, la rotation et l'oscillation axiale de la terre;
- mettre à contribution les expertises et les connaissances de la Direction, pour résoudre des problèmes nationaux particuliers: ainsi, à l'heure actuelle, le groupe de la géothermie s'emploie, dans le cadre d'É.M.R. Canada, à rassembler des informations à l'échelle du pays pour l'estimation des ressources géothermiques du Canada; un autre groupe du service de la séismologie assure un vaste service de consultation auprès du ministère des Affaires extérieurs pour la détection et l'identification des explosions nucléaires souterraines; un autre groupe encore est engagé dans des études du pergélisol sur les tracés possibles du pipeline du Nord; enfin, tous les services de la Direction contribuent à l'élaboration et la mise en oeuvre d'un programme géophysique pour aider à confirmer la notion de stockage ou d'élimination des déchets radioactifs dans les formations géologiques.

Afin de réaliser ces objectifs, la direction exploite des réseaux d'observatoires séismologiques, géodynamiques et magnétiques; procède à des levés sur le terrain pour améliorer et compléter la couverture cartographique des champs magnétiques et gravimétriques, cartographier le régime géothermique du pays, y compris le pergélisol, et obtenir des données paléomagnétiques et séismologiques de certaines régions ou zones d'activité; entreprend des recherches prévisionnelles sur les phénomènes géophysiques. Comme un grand nombre des phénomènes géophysiques étudiés se retrouvent à l'échelle mondiale, la Direction participe à des échanges de données géoscientifiques avec des spécialistes dans des disciplines assimilées, collabore activement avec les Centres mondiaux de données et représente le Canada au sein du Centre international de la séismologie.

Tous les travaux mentionnés précédemment sont effectués par trois Divisions scientifiques, aidées par une Division de l'Administration qui fournit les services centraux de soutien administratif et technique, comme l'établissement des budgets, la comptabilité, la gestion des dossiers et des biens, les services des magasins, du dessin, de la photographie, des bibliothèques, de la menuiserie et de l'usinage. Les trois divisions scientifiques poursuivent leurs études dans le

cadre de cinq sous-activités: les Services de la séismologie, et des études géothermiques, du géomagnétisme, et de la gravité et de la géodynamique du Canada.

Le programme scientifique est mené à partir des bureaux de la Direction de la physique du Globe, à Ottawa, et du Centre géoscientifique du Pacifique, à l'Institut d'océanologie de la baie Patricia, près de Sidney (C.-B.). À la fin du mois de mars 1980, 19 employés de la Physique du Globe, soit environ 11 % de l'effectif de la Direction, travaillaient au C.G.P.; d'autres mutations sont prévues au cours des prochaines années, étant donné que la recherche portant sur les problèmes de l'Ouest canadien est décentralisée autant que possible. En 1979-1980, les dépenses de la D.P.G. se chiffraient à 8,04 millions de dollars; un montant supplémentaire de $507 000 a été fourni par l'O.R.D.E., l'A.P.N. et par le M.D.T. pour la recherche et le développement énergétiques. L'effectif limite de la Direction était de 170 années-personnes.

DIVISION DE LA SÉISMOLOGIE ET DES ÉTUDES GÉOTHERMIQUES

M.J. Berry, Directeur

La Division de la séismologie et des études géothermiques est chargée d'effectuer des études séismologiques et géothermiques de par le pays, grâce à l'activité de deux services. Le Service de la séismologie surveille les mouvements séismiques du sol canadien au moyen d'un certain nombre de réseaux de séismographes répartis dans tout le pays. Les données provenant des diverses stations permettent d'établir la séismicité du Canada et d'évaluer les risques séismiques, particulièrement dans les régions situées autour des centres urbains et des secteurs industriels se trouvant dans des zones exposées aux tremblements de terre. Ces données fournissent en outre de l'information concernant la structure du sol canadien et la nature du manteau et du noyau de la Terre. Des études théoriques d'envergure et des essais spéciaux sur le terrain sont entrepris en complément des relevés des observatoires séismiques. Le Service des études géothermiques effectue de la recherche sur le régime thermique du sol dans toutes les parties du Canada. Cette recherche s'oriente dans trois directions principales: l'examen de la répartition et du caractère du pergélisol, en vue de fournir l'information pertinente pour satisfaire aux besoins des industries de matières premières et aux organismes de réglementation; l'évaluation des ressources géothermiques comme source d'énergie au Canada, dans le cadre du programme de recherche, de développement et de démonstration appliqué aux ressources énergétiques renouvelables; et l'étude des processus tectoniques en vue de mieux comprendre l'évolution de la croûte terrestre et de localiser l'emplacement des ressources.

Les activités géophysiques de la Direction dans l'Ouest canadien, pour 1979-1980, ont été effectuées à partir du Centre géoscientifique du Pacifique, et sont présentées dans une section distincte.

SERVICE DE LA SÉISMOLOGIE

Surveillance des mouvements séismiques du sol

Le Service de la séismologie est chargé de l'exploitation de stations séismographiques dans tout le Canada, de la mise au point et de l'étalonnage des instruments séismographiques, du contrôle de la qualité ainsi que de la collecte et de la diffusion des données séismologiques. À la fin de la période d'étude, soit 1979-1980, les observations étaient enregistrées à 18 stations régulières et à 23 stations régionales. Pendant la période à l'étude, la station régulière de Fort St-James (C.-B.) a été fermée et remplacée par une station régionale dans un nouvel emplacement. De la même façon, la station régionale de Windsor (Ontario) a été fermée et remplacée par une station à

Effingham (Ontario). De décembre 1979 à avril 1980, une station régionale provisoire a été exploitée à Burlington (Ontario).

L'exploitation du réseau télémétrique de l'Est du Canada se fait au moyen de réseaux téléphoniques ou radiophoniques qui transmettent à Ottawa les signaux provenant des huit stations, y compris Fitzroy Harbour (Ontario), avec la collaboration de l'Hydro-Ontario, Manicouagan et Gentilly (Québec) avec la collaboration de l'Hydro-Québec, et la centrale LG2, avec la collaboration de la Société d'Énergie de la Baie James. Durant la période à l'étude, deux des stations situées près du réservoir de la centrale LG2 ont été fermées par suite du remplissage de ce réservoir, et le séismographe enfoui près de Glen Almond (Québec) a été mis en service par radiotélémétrie. Le réseau séismologique de Yellowknife a poursuivi son activité, et le matériel de transmission automatique a continué de communiquer l'information numérique sur des événements séismiques détectés à l'ordinateur d'Ottawa.

Gestion des données séismologiques

Les stations régulières communiquent annuellement des renseignements sur environ 30 000 phases P, qui sont ensuite communiqués, via Ottawa, aux centres internationaux, afin de définir les phénomènes séismiques se produisant dans le monde entier. Afin de satisfaire à la demande des établissements de recherches nationaux et internationaux pour les données provenant du réseau canadien, les relevés des séismogrammes sont microfilmés et déposés dans les fichiers des Centres mondiaux des données.

Le laboratoire du traitement des données séismiques d'Ottawa se charge des données séismologiques spéciales provenant du réseau de Yellowknife, des projets sur le terrain et des stations spéciales temporaires. Ce laboratoire sert de centre d'enregistrement pour le réseau télémétrique de l'Est du Canada, en vue de l'analyse de recherches spéciales conjuguées ainsi que de la transcription et de la communication des données demandées par des organismes extérieurs.

Le système d'enregistrement du réseau télémétrique de l'Est du Canada possède un détecteur qui se déclenche automatiquement et emmagasine des données numériques sur les mouvements séismiques détectés. Il produit des bandes relatives aux tremblements de terre locaux et éloignés, que l'on conserve dans une bibliothèque en vue d'une analyse de recherche ultérieure. Durant la période à l'étude, des améliorations au système de logiciel et de matériel ont permis d'augmenter la capacité du système à satisfaire à la demande de onze nouvelles stations, dont l'installation est prévue durant les deux prochaines années.

Études séismologiques de la dynamique de la Terre

En 1979-1980, le Service a poursuivi son étude des tremblements de terre au Canada selon trois calendriers généraux: une détermination rapide (en moins de 48 heures environ) des paramètres de l'épicentre des tremblements de terre qui peuvent intéresser ou préoccuper le grand public; la rédaction de listes préliminaires bi-mensuelles de l'activité séismique, à l'intention des organismes concernés; et la publication de catalogues annuels complets des tremblements de terre au Canada et dans les régions adjacentes. Ces études sur les phénomènes séismiques au Canada sont basées sur les enregistrements provenant de stations séismographiques et elles permettent de localiser les régions de forte activité séismique, d'évaluer les risques de tremblements de terre et de contribuer aux études géophysiques générales des forces tectoniques qui s'exercent en territoire canadien.

Le personnel du Service a répondu à plusieurs demandes des médias et du public, concernant les tremblements de terre et d'autres phénomènes. Durant la période à l'étude, quatorze séismes, petits et modérés, auraient été sentis dans l'Est du Canada, dans la région autour de Saint-Jean (Nouveau-Brunswick) et à Hamilton (Ontario). Le plus important, de l'ordre de 5 à l'échelle, à Charlevoix, dans la région de Québec, s'est produit le 19 août 1979; ses effets se sont fait sentir au Québec, au Nouveau-Brunswick et dans le Maine. Des tremblements de la même importance sont survenus dans le sud-ouest du Yukon et dans l'est des Territoires du Nord-Ouest.

Pendant quatre mois, un sismographe provisoire a été utilisé à Burlington (Ontario) pour étudier une source répétitive de tremblements signalés dans cette ville. À partir des données obtenues, les chercheurs ont pu confirmer que la source des tremblements était de petits séismes, et non pas un phénomène sonique aérien. Ces séismes pourraient être liés à la détente de fortes contraintes horizontales dans la roche près de la surface.

Des études spéciales se sont poursuivies sur les tremblements de terre importants au Canada. Dans le cadre d'une co-entreprise avec la Foothills Pipe Lines (South Yukon) Ltd., une étude d'une durée de six semaines des microséismes a été exécutée à l'automne de 1979 sur 40 km, le long de la faille Shakwak, près de l'extrémité méridionale du lac Kluane. Les résultats ont révélé que les tremblements de faible intensité se répartissaient dans une zone de fracture de 15 km de largeur, limitée au nord-est par la faille Shakwak. Une analyse des coordonnées de l'épicentre du tremblement survenu à Charlevoix, le 19 août 1979, a produit un plan de faille correspondant en tous points avec la configuration du plan de microséismes tracé par le réseau séismologique spécial qui surveille la région depuis 1977. Les résultats donnent tout lieu de croire que les contraintes dans cette région se détendent le long de failles pré-existantes à forte inclinaison, dans le Précambrien, sous le fleuve Saint-Laurent.

Le Service de la séismologie répond à de nombreuses demandes de renseignements sur le risque séismique, demandes provenant d'ingénieurs, d'organismes gouvernementaux et du public. La recherche porte actuellement sur la compilation de nouvelles cartes des zones séismiques du Canada. De nouveaux liens d'atténuation relativement aux grandes secousses séismiques ont été déduits, aux fins d'application dans tout le Canada. Des cartes en courbes de niveaux, en voie de préparation, illustreront l'accélération et la vitesse de pointe en fonction de divers degrés de risque. Les résultats de cette recherche seront, s'il y a lieu, intégrés dans de nouvelles cartes des zones séismiques pour servir à la révision du Code national du bâtiment. Le Service continue à participer au Comité national canadien sur les tremblements de terre et au comité technique de l'ACNOR pour rédiger la norme "Seismic Qualification of CANDU Nuclear Power Plants" (la certification, sur le plan séismique, des centrales nucléaires CANDU).

Études séismologiques de la structure terrestre

Le Service étudie les processus dynamiques, les matières et la structure de la Terre en territoire canadien au moyen d'un large éventail de techniques basées sur les temps d'arrivée et les amplitudes des ondes séismiques que transmettent les tremblements de terre et les secousses nucléaires éloignées, ou encore des sources séismiques artificielles, à de courtes distances. Les ondes séismiques constituent une des rares sondes directes dont disposent les géoscientifiques pour étudier les propriétés de la Terre, depuis les couches superficielles jusqu'au noyau interne.

Les études séismologiques de la région de Charlevoix dans le bas Saint-Laurent se sont poursuivies avec des recherches géophysiques très

diversifiées dans cette zone de grande activité séismique. Une explosion a été déclenchée en chacun des points de calibrage de la rive nord et de la rive sud, en juin et en septembre 1979. Une cinquième explosion, au point de calibrage de la rive nord, a servi à mesurer les signaux à proximité de la source. Des variations à long terme du temps de déplacement continuent à se produire; jusqu'ici, le maximum enregistré a été de 46 millisecondes ± 11. Deux petits tremblements de terre pourraient avoir été liés à des variations de quelque 10 millisecondes du temps de déplacement, mais aucune variation n'a été liée à la secousse du 19 août 1979, qui a mesuré 5 à l'échelle.

Dans le cadre des études géophysiques du programme commun de recherches É.A.C.L./É.M.R. concernant l'élimination géologique des déchets radioactifs, le Service entreprend des études de la variation de la vitesse de refoulement et de propagation de l'onde de cisaillement en fonction de la profondeur et de l'azimuth en des points de recherche désignés. Un essai a été fait à Chalk River, d'un poids en chute libre comme source d'ondes de cisaillement. Une énergie considérable d'onde de cisaillement a été observée jusqu'à 600 mètres plus loin, mais une grande partie de cette énergie pourrait s'être transformée en énergie de refoulement au point de rencontre avec la roche du soubassement. On exécute des études de séismique-réflexion à grand pouvoir séparateur afin de repérer et de cartographier les grandes zones de cisaillement à des profondeurs pouvant atteindre 2 km dans des batholithes granitiques.

Un consortium d'universités canadiennes et la Direction de la physique du Globe forment un groupe (COCRUST) de collaboration pour l'exécution de levés de sismique-réfraction et réflexion pour mesurer l'épaisseur de la croûte terrestre. En 1979, le groupe a élargi son étude de la limite Churchill-Supérieur en faisant trois profils de réfraction inversée sur 200 km et des levés de réflexion à profondeur égale recoupés à 1200 % sur 40 km en Saskatchewan et au Manitoba.

Le Service a terminé un levé de sismique-réfraction pour déterminer l'épaisseur de la croûte de la dorsale Lomonossov en mai 1979, dans le cadre du programme LOREX. Près du pôle nord, la dorsale se compose d'une mince couche de sédiments recouvrant une base de basalte en grande partie océanique, dont l'épaisseur maximale est d'environ 27 km. L'épaisseur de la croûte, dans les bassins adjacents, diffère considérablement d'un bassin à l'autre, même s'ils ne sont séparés que par une largeur de quelque 65 km. Le bassin Makarov a une épaisseur, jusqu'au manteau supérieur, d'environ 12 km sous la mer, tandis que, dans le bassin Fram, la croûte jusqu'au manteau supérieur semble être de 16 km d'épaisseur.

La géoscience des explosions nucléaires

Le Service est chargé des recherches fondamentale et appliquée dans les utilisations de la séismologie; en particulier, il poursuit des recherches et conseille le ministère des Affaires extérieures sur tous les sujets ayant trait au contrôle séismologique du respect d'un traité interdisant les explosions nucléaires souterraines. L'analyse d'un certain nombre de phénomènes séismiques, surtout des explosions nucléaires souterraines, s'est poursuivie, et le bulletin des phénomènes séismiques enregistrés par les installations de Yellowknife est mis à la disposition des groupes de recherche à l'étranger, dans le cadre d'études devant permettre de déceler et de localiser rapidement les secousses séismiques.

Un agent du Service continue de représenter le Canada au sein du groupe créé par le comité du désarmement, à Genève, afin d'étudier les mesures internationales de détection et d'identification des secousses séismiques.

SERVICE DES ÉTUDES GÉOTHERMIQUES

Études géothermiques du territoire canadien

En 1979-1980, les études de l'état thermique du territoire canadien ont continué de porter surtout sur des régions où se poursuivent actuellement des travaux d'exploration et d'exploitation des ressources. Parmi ces régions, on compte la plate-forme de l'Ouest et les avant-monts des Rocheuses, où l'exploitation des eaux chaudes dans les roches sédimentaires est possible, les montagnes à l'ouest, où il existe d'autres genres d'énergie géothermique, et les régions nordiques où le pergélisol constitue un risque pour la production d'hydrocarbures.

La capacité de mesurer la production de chaleur radioactive de roches a été rehaussée par l'acquisition d'équipement de remplacement, y compris un détecteur à rayons gamma, à diode, et des circuits connexes d'analyse et de comptage. Cet équipement a été installé au Centre géoscientifique du Pacifique, où un membre du Service a été muté.

L'examen des données existantes, tirées des puits de pétrole et de gaz, a révélé de grands écarts géothermiques dans la région de la plate-forme des Prairies. En plus de la multitude de données de faible qualité sur les températures tirées du diagramme des puits normaux, des données plus faibles ont été obtenues des régions productrices, et des valeurs des flux de chaleur ont été calculées. Les parties septentrionales de la Colombie-Britannique et de l'Alberta accusent un flux de chaleur beaucoup plus élevé que la plate-forme méridionale; la principale cause semble être un déplacement d'eau à grande échelle. Ces flux thermiques sont réputés avoir beaucoup changé depuis la phase tectonique laramienne.

Dans le cadre de Lorex 79, 42 observations au gradiomètre thermique ont été faites à proximité du pôle nord; 22 dans le bassin Makarov, 10 sur la dorsale Lomonossov même et 10 dans le bassin Fram. Un nouveau gradiomètre léger, de type Bullard, à affichage numérique des températures, muni de sept senseurs à thermistance répartis à 40 cm d'intervalle a permis de pénétrer jusqu'à 3 m dans les sédiments, au moyen de 45 kg de plombs, à des profondeurs sous-marines allant jusqu'à 4 200 m. Des températures de l'eau ont été prises au fond, et des profils thermiques de l'eau ont été faits au-dessus de la dorsale et dans les deux bassins adjacents. À l'aide de la technique de la sonde à aiguille, plus de 300 mesures de la conductivité thermique ont été observées dans 21 carottages par gravité.

Évaluation des ressources canadiennes en énergie géothermique

Le Service des études géothermiques coordonne les travaux de recherche et d'évaluation du gouvernement fédéral dans le domaine de l'énergie géothermique. La Direction de la physique du Globe effectue, sur le terrain et en laboratoire, des observations de paramètres thermiques, et la Commission géologique du Canada analyse les particularités volcaniques du terrain; les données ainsi obtenues servent à orienter les travaux d'identification et d'évaluation des ressources géothermiques effectués par des contractuels.

En 1979, des essais de production à la pompe, des expériences d'hydrofraction et des enregistrements de température ont été effectués dans le puits de production thermique situé sur le campus de l'Université de Regina. Les essais de production à la pompe ont révélé que la perméabilité des roches clastiques basales est plus que suffisante pour fournir le débit nécessaire pour le projet de démonstration projeté. Des échantillons de l'eau ont été prélevés pour analyse chimique, et les pressions à l'abaissement de niveau surveillées. Les expériences d'hydrofraction ont fourni des données sur la contrainte mécanique des roches près de l'interface des formations du Paléozoïque et Précambrien. D'après les observations, les températures sont légèrement inférieures aux

températures prévues, révélant un écart local plus important qu'anticipé, mais le fort volume d'eau sur place compense ce phénomène.

Au mont Meager, l'important programme a été entièrement exécuté par la British Columbia Hydro and Power Authority, financé en partie à partir des fonds prévus dans l'accord fédéral-provincial sur les ressources renouvelables. Énergie, Mines et Ressources s'est chargé de prodiguer les conseils techniques. Le projet s'est poursuivi; une température de 202°C a été observée à 365 mm de profondeur, dans des roches manifestant une activité hydrothermique. Ce résultat révèle la présence d'un régime hydrothermique d'importance et de capacité de production inconnues.

Recherche appliquée au pergélisol

Le Service des études géothermiques a continué de surveiller les températures à bon nombre des 100 puits disponibles dans la région pergélisolée du Canada. Les données accumulées seront bientôt suffisantes pour justifier leur analyse en fonction des climats antérieurs et du flux de chaleur de l'écorce terrestre; une étude d'emplacements de mines dans la région d'Ungava, au Québec, a été menée à terme, et les résultats ont été publiés. L'acquisition de données dans le Nord se poursuit, au Yukon et dans le district de Keewatin, et elle vient de débuter dans les Rocheuses; encore une fois, elle est liée à l'exploitation des ressources.

En 1979, 10 trous ont été forés hydrauliquement au lac artificiellement drainé dans le delta du MacKenzie, à des profondeurs maximales de 30 m. Ces trous, et 14 autres forés antérieurement, sont munés de câbles de température qui sont surveillés pour observer le gel des sédiments non gelés au fond du lac. L'évolution du sol qui l'accompagne, la ségrégation de la glace et les autres phénomènes qui s'y associent, sont à l'étude, en collaboration avec l'Université de la Colombie-Britannique et l'Université de Waterloo.

Dans le cadre du programme de recherche et de développement énergétiques, un certain nombre de contrats passés avec des universités dans tout le pays ont été renouvelés; ces contrats portent sur l'étude de questions liées à divers aspects de l'exploitation des hydrocarbures dans les régions pionnières. Dans l'ensemble, les projets contribuent à une meilleure connaissance des déplacements de l'eau dans le sol gelé et en voie de geler, notamment par l'étude de propriétés physiques telles que la perméabilité, la teneur en fluide, la redistribution des isotopes et les paramètres thermiques. Dans l'année qui vient de se terminer, par exemple, une technique de réflexométrie dans le temps a été élaborée afin de mesurer la teneur en eau non gelée des sols gelés. Des chercheurs, qui étudient les propriétés physiques d'hydrates de gaz, reçoivent des fonds du même programme. Il s'agit, en premier lieu, de s'assurer que l'on dispose de suffisamment de connaissances pour déterminer les possibilités d'exploitation des hydrates, de quantifier les proportions d'hydrates présents et, partant, d'évaluer les risques qu'ils représentent durant le forage et la production dans le Nord. À long terme, ces horizons pourraient accroître considérablement nos réserves de gaz.

Le groupe de travail mixte industriel-gouvernemental sur le pergélisol et les hydrates continue de contribuer à la détermination des lacunes de la recherche appliquée dans le Nord et de servir de tribune de discussion des projets d'exploitation dans le Nord, particulièrement au large des côtes.

CENTRE GÉOSCIENTIFIQUE DU PACIFIQUE
W.G. Milne, scientifique en chef

Les membres du groupe de géologie et de géophysique marines de la Commission géologique du Canada, de même que les Divisions du géomagnétisme, de la gravité et de la géodynamique, et de la Division de la séismologie et des études

géothermiques de la Direction de la physique du Globe se partagent les installations du Centre géoscientifique du Pacifique (C.G.P.) dans l'Institut des sciences océaniques, à Patricia Bay. Il existe un certain nombre de programmes exécutés en commun par les deux directions, par exemple, la cartographie des ressources et des études de la zone de faille du bassin Winona et des îles Reine-Charlotte. Le groupe des services administratifs du Centre géoscientifique du Pacifique appuie l'activité des deux directions, et les services de soutien technique des deux collaborent étroitement. L'élément de la Direction de la physique du Globe est intégré à la Division de la séismologie et des études géothermiques; un nouveau programme de recherche géothermique, au C.G.P., a débuté cette année avec l'arrivée d'un membre du personnel d'Ottawa.

SERVICE DE LA SÉISMOLOGIE

Surveillance des mouvements séismiques du sol

Le réseau télémétrique de l'Ouest canadien (R.T.O.C.) a fonctionné durant toute l'année, sauf pour une interruption en février lorsque le mode d'exploitation de l'ordinateur a été modifié de façon à y brancher des stations supplémentaires. Les installations d'enregistrement du R.T.O.C., la station régulière du C.G.P., les installations d'enregistrement des mesures de la marée, les clinomètres et les appareils d'enregistrement du champ géomagnétique se trouvent tous dans une aire ouverte où le public peut les voir à l'oeuvre. En 1979, environ 9 000 personnes ont visité l'Institut, y compris cette aire ouverte. Depuis la fin de mars, les visiteurs peuvent voir les dizaines de phénomènes enregistrés chaque jour au volcan du mont St-Helens. L'entretien du réseau d'accéléromètres de fortes secousses a été exécuté par des contractuels sur le continent, et par le personnel du C.G.P. ailleurs, y compris les installations au Yukon et dans les Territoires du Nord-Ouest.

Gestion des données séismologiques

L'information concernant les phases importantes des secousses séismiques enregistrée à la station séismologique régulière du C.G.P., aux stations régionales de Mica, dans le sud-est de la Colombie-Britannique, à Skidegate dans les îles Reine-Charlotte, à Gold River sur l'île Vancouver et aux stations du réseau télémétrique de l'Ouest canadien situées dans le Sud-Ouest de la Colombie-Britannique, a été transmise à Ottawa pour permettre la détermination de routine de leur emplacement. L'emplacement des épicentres enregistrés par le R.T.O.C. est également établi au C.G.P. à l'aide du programme Hypoellipse du USGS et communiqué dans le rapport publié tous les deux mois. Des données sur l'intensité des secousses sont rassemblées lors de tout événement d'importance. L'examen des épicentres et des mécanismes de phénomènes plus grands et plus anciens est en cours. Les données provenant du fichier sur bandes des tremblements de terre canadiens et au large de nos côtes ont été fournies à d'autres groupes de recherche ou à des sociétés oeuvrant dans les domaines de la séismicité ou de l'étude des risques de séismes.

Études séismologiques de la dynamique de la Terre

En 1979-1980, cinq tremblements de terre ont été ressentis en Colombie-Britannique, les 9, 15, 26 et 29 novembre 1979 et le 7 mars 1980. L'épicentre de ce dernier (intensité de 5,1) se trouvait au sud-ouest de Gold River; les secousses se sont fait sentir sur de fortes distances, mais il n'a causé aucun dommage sérieux.

Des renseignements et des conseils concernant les risques séismiques pour des endroits ou des ouvrages précis dans la région ont été fournis aux ingénieurs. Les méthodes d'évaluation et de présentation des données concernant les risques séismiques sont actuellement en cours de révision. Les régions où se trouvent les principales sources actives de tremblements de terre ont été identifiées, et

des cartes ont été préparées montrant les mouvements du sol prévus à partir de ces sources, accompagnés de diverses probabilités. Les révisions proposées à la méthode de rassemblement de données sur les risques séismiques viennent d'être présentées aux ingénieurs pour observations.

Études séismologiques de la structure terrestre

Le C.G.P. et le Département de géophysique et d'astronomie de l'Université de la Colombie-Britannique étudient actuellement plusieurs séries de données sur la sismique-réfraction et la sismique-réflexion au large des côtes. Une étude détaillée de l'évolution, de la structure et de la géochronologie du bassin Winona, à l'est de l'île Vancouver, est d'un intérêt particulier. En 1979, un programme, faisant appel à des stations terrestres et des séismographes placés sur le fond marin pour déterminer la microséismicité et la sismique-réfraction, a été exécuté sur l'île méridionale des îles Reine-Charlotte et à l'ouest de celle-ci. D'après les données réunies durant un programme antérieur de cartographie des ressources, la faille de transformation de Reine-Charlotte serait en réalité une zone comportant deux failles séparées par une terrasse de quelque 30 km de largeur. La microséismicité actuelle a été observée dans la faille la plus proche des îles. On cherche actuellement à établir un modèle des données de sismique-réfraction dans la zone de faille. L'étude de techniques théoriques d'analyse des données séismologiques se poursuit.

SERVICE DES ÉTUDES GÉOTHERMIQUES

En 1979, un spectromètre à rayons gamma servant à la mesure du rayonnement naturel et, par conséquent, de la production de chaleur radioactive des échantillons de roche a été envoyé d'Ottawa au C.G.P.; il est en voie de branchement sur le PDP-11 qui traite les données séismologiques transmises par le R.T.O.C.

Suite à des études géologiques et géophysiques détaillées, un trou d'essai a été foré dans la région géothermique du mont Meager en vertu d'un accord fédéral-provincial. Des températures élevées, très encourageantes, ont été obtenues (plus de 200°C à 370 m de profondeur). Des forages supplémentaires de cette source éventuelle d'énergie sont prévus. On examine d'autres régions de la Cordillère afin d'y déceler les possibilités d'exploitation d'énergie géothermique dans le cadre d'études géothermiques régionales.

SERVICE DU GÉOMAGNÉTISME

Observatoires magnétiques

L'exploitation de l'observatoire magnétique de Victoria s'est poursuivie à l'observatoire d'astrophysique fédéral-C.N.R.C. Un magnétomètre installé au C.G.P., que le public peut voir, sert à fournir des données aux sociétés d'exploitation minière et à d'autres qui effectuent des levés magnétiques.

Études géomagnétiques de la structure terrestre

L'analyse des données transmises automatiquement par les magnétomètres récemment placés sur le fond marin le long de la dorsale de Juan de Fuca est maintenant terminée. Les résultats, les premiers obtenus d'une dorsale active en eau profonde, ont considérablement réduit le champ d'étude de la température et de la répartition de la fusion dans le manteau supérieur marin. Des magnétomètres terrestres ont été déployés dans les monts volcaniques Cascade, dans le centre de l'État de Washington, en collaboration avec l'Université de Washington. Un conducteur électrique a été découvert à peu de profondeur dans la croûte; il est plus ou moins aligné sur le centre d'activité éruptive. Des mesures sont actuellement prises dans la région du mont St-Helens, en pleine activité. Un programme similaire, transversalement à la faille de la rivière Leech dans le sud de l'île Vancouver, n'a pas révélé de contrastes importants de la conductibilité électrique le long de ce système de faille maintenant inactif.

SERVICE DE LA GRAVITÉ

Cartographie de la gravité

La quantité de données réunies par le navire PARIZEAU pendant le voyage en vue de cartographier les ressources à l'ouest des îles Reine-Charlotte en 1978 est maintenant réduite, et les cartes gravimétriques et les cartes des anomalies géomagnétiques (C.G.C.) sont terminées. En 1979, le PARIZEAU a voyagé dans le détroit d'Hécate pour en cartographier les ressources. Les données obtenues durant la deuxième année d'un contrat de trois ans visant à améliorer les connaissances disponibles sur le champ de pesanteur dans la région des Rocheuses ont été contrôlées, vérifiées et acceptées.

SERVICE DE LA GÉODYNAMIQUE

Dynamique de la Terre

Les lignes de nanogravité permettant de surveiller le mouvement vertical lent du sol dans le nord de l'île Vancouver ont fait l'objet de nouveaux levés, à deux reprises, en 1979. Les anomalies gravimétriques persistent toujours. Les niveaux de l'eau dans le sol et dans le lac influent manifestement sur le champ de gravité, mais ils ne peuvent expliquer entièrement le changement; le mouvement vertical du sol ou une redistribution de la masse dans la croûte serait peut-être à l'origine de ces résultats. Des études de l'interaction entre les plaques tectoniques le long de la fosse marginale de l'Ouest du Canada se sont poursuivies, notamment par analyse des parties nord et sud de la dorsale de Juan de Fuca. Les travaux de conception et de construction d'un réseau de clinomètres hydrostatiques pour détection du basculement à long terme se poursuivent.

DIVISION DU GÉOMAGNÉTISME

P.H. Serson, directeur

La Division du géomagnétisme est chargée de fournir des données récentes sur le champ magnétique de la Terre, aux usagers oeuvrant dans de nombreux domaines, incluant la navigation, les télécommunications et l'exploration géophysique. Le Service du géomagnétisme répond à plus de 2 000 demandes de renseignements par année concernant les valeurs de la déclinaison magnétique et de la variation séculaire de la Terre, qui servent pour les cartes et les manuels publiés par d'autres organismes fédéraux, provinciaux et internationaux. Le service publie tous les cinq ans des cartes magnétiques révisées du Canada et des régions océaniques adjacentes. Il fournit en outre des données sous forme analogique et numérique, sur la variation quotidienne du champ magnétique et sur les orages magnétiques; il émet aussi des prévisions régulières pour l'activité magnétique, communiquées par la poste et par téléphone.

Le Service de géomagnétisme tient à jour le fichier central des données nécessaires pour assumer ses diverses fonctions, en réalisant des études systématiques au sol et dans les airs et en exploitant le réseau d'observatoires magnétiques canadiens. Ce réseau comprend 11 observatoires fixes qui enregistrent en permanence l'intensité et la direction du champ magnétique variable.

Le programme de recherche de la Division comprend le paléomagnétisme, l'interprétation des anomalies aéromagnétiques, l'induction électromagnétique dans la Terre, et les études sur les variations et les pulsations temporelles du géomagnétisme. Le Canada est particulièrement bien situé pour ces aspects de la recherche en géomagnétisme. Sa masse continentale renferme le pôle magnétique nord et est coupée par la zone aurorale. Il constitue la seule masse territoriale importante au monde dans laquelle il est possible d'étudier les perturbations magnétiques et les phénomènes connexes de la haute atmosphère, des régions polaires aux latitudes sub-aurorales. Dans les îles de l'Arctique et dans la Cordillère, on trouve de grandes anomalies dans l'induction électromagnétique qui indiquent des zones de grande conductivité dans la croûte ou

dans le manteau supérieur. Les antécédents géologiques canadiens, qui s'étendent de l'Archéen jusqu'à l'époque actuelle, permettent d'étudier le paléomagnétisme et l'évolution continentale depuis plus de 2 000 millions d'années.

Les autres recherches de la Division comprennent l'emploi de méthodes magnétiques et magnétotelluriques pour étudier et localiser les ressources géothermiques de l'Ouest canadien. Leur utilité, pour la prédiction des tremblements de terre, est actuellement en cours d'évaluation dans une région à grande activité séismique de la rive nord du Saint-Laurent.

SERVICE DE GÉOMAGNÉTISME

Observatoires magnétiques

Onze observatoires magnétiques étaient en service toute l'année à Mould Bay, Resolute Bay, Cambridge Bay et Baker Lake, dans l'Arctique, à Yellowknife, Churchill et Poste-de-la-Baleine, dans la zone aurorale, et à Victoria, Meanook, Ottawa et Saint-Jean (T.-N.) dans le sud du Canada. Des enregistrements permanents des variations du champ magnétique, avec contrôle partiel des niveaux absolus, ont été effectués aux stations de mesure des variations à Whiteshell (Manitoba), et à Alert, dans l'île Ellesmere.

À toutes les stations mentionnées ci-devant sauf Mould Bay et Alert, un réseau d'observatoires magnétiques automatiques (AMOS), mis au point par le Service de géomagnétisme, enregistre les composantes nord, est et verticales descendantes du champ magnétique; de plus, il enregistre également sur ruban magnétique, l'intensité totale sous forme numérique, une fois par minute. On effectue quotidiennement par téléphone, à partir d'Ottawa, des vérifications du fonctionnement des installations AMOS.

Un prototype du nouveau réseau d'observatoires magnétiques automatiques, AMOS III, a été soumis à une série complète d'essais dans le Laboratoire géomagnétique d'Ottawa. Commandé par un micro-ordinateur, il exécute divers essais des données enregistrées et garde en mémoire les messages diagnostiques, les valeurs horaires moyennes, leurs intervalles et une quantité limitée de données par minute, jusqu'à l'interrogatoire du centre de commande par téléphone.

En vertu du programme de projets de coopération avec l'industrie (COPI), un contrat a été adjugé à l'EDA Instruments Inc. pour la mise au point d'une version de production d'AMOS III pour le marché international. Un prototype commercial complet a été construit et mis à l'essai, et une description technique d'AMOS III (Vue d'ensemble du système) a été publiée. Des versions préliminaires du manuel d'installation, du manuel de fonctionnement et du manuel d'entretien ont été rédigées. Les travaux de préparation de routines diagnostiques pour les programmes logiciels n'avaient pas encore débuté, à l'échéance du contrat.

Étude magnétosphérique internationale (É.M.I.)

À titre de contribution à l'étude magnétosphérique internationale, 1976-1979, le Service de géomagnétisme a exploité, par contrat, neuf stations d'observation des variations magnétiques. Bien que l'É.M.I. ait pris fin le 31 décembre 1979, les stations continueront de transmettre des données jusqu'au 30 juin 1980 pour le programme de levés magnétiques par satellite MAGSAT. Ces stations, avec quelques observatoires magnétiques permanents, complètent un réseau en forme de croix situé dans la zone aurorale, le point d'intersection se trouvant à Churchill (Manitoba). Les stations situées sur une ligne nord-sud sont: Whiteshell, Island Lake, Gillam, Back, Fort Churchill, Eskimo Point, Rankin Inlet, Pelly Bay, Resolute et Alert. Les stations le long d'une ligne est-ouest sont: Poste-de-la-Baleine, Fort Severn, Gillam et Thompson. Toutes les stations enregistrent les trois composantes du champ magnétique sous forme numérique sur le ruban magnétique, et la plupart d'entre elles possèdent également des enregisteurs analogiques. Six de ces stations sont munies d'un système télémétrique, fourni par des organismes américains, qui transmet les données magnétiques à Boulder (Colorado) via les satellites météorologiques géostationnaires.

Levés magnétiques

Dans le cadre d'un projet permanent d'étude de la variation séculaire, 8 stations magnétiques de répétition ont été ré-exploitées par contrat, au Québec et en Ontario, durant les mois de mai et de juin. En octobre, 8 stations supplémentaires, réparties de la Nouvelle-Écosse à la Colombie-Britannique, ont été exploitées par du personnel de la Direction; c'est ainsi qu'a été entamé un nouveau calendrier d'étude de la variation séculaire tel qu'il avait été recommandé dans un rapport d'évaluation interne. Le nombre de stations de répétition du réseau national a été réduit, de 112 à 58, la période d'enregistrement est prolongée, de 3 à 4 jours, et les stations seront exploitées en automne, si possible. Sept des 16 stations exploitées en 1979 font partie d'un réseau international de soutien au sol pour le programme MAGSAT. L'exploitation de ces stations sera reprise tous les deux ans pendant les six prochaines années.

Gestion du fichier central des données géomagnétiques

Données des observatoires

Copie sur microfilm des magnétogrammes provenant des 11 observatoires magnétiques ainsi que des observatoires d'Alert et de Whiteshell a été envoyée tous les mois au Centre mondial "A" des données de Boulder (Colorado); les copies sont ensuite envoyées à tous les autres centres mondiaux des données. La compilation finale des rubans numériques de 1978 provenant de toutes les stations AMOS et les premiers rubans de 1979 provenant de la plupart des stations ont été envoyés au Centre mondial "A" des données ainsi qu'aux sociétés d'exploration géophysique qui en ont fait la demande.

Données de l'É.M.I.

Le traitement des données numériques de 1979 provenant des stations de variation du réseau Churchill était essentiellement complété, fin mars 1980.

Prévisions de l'activité géomagnétique

En tant que service offert à l'industrie d'exploration géophysique et aux sociétés exploitant des centrales électriques et des pipelines, l'observatoire magnétique d'Ottawa a continué de communiquer deux genres de prévisions du niveau de l'activité géomagnétique: une prévision de 27 jours publiée toutes les 3 semaines et distribuée par courrier à une liste de plus de 100 clients, et une prévision de 72 heures rédigée deux fois par semaine et disponible par téléphone. À titre d'expérience, un service de messages téléphoniques automatiques a été loué, et les clients ont eu accès à des prévisions de trois jours enregistrées en français et en anglais du 22 mai au 30 septembre 1979. Les réponses à un questionnaire révèlent que les clients préfèrent de beaucoup ce service aux télex et aux messages diffusés par Radio-Canada, méthodes à l'essai durant les années précédentes. L'équipement nécessaire pour offrir ce service a été acheté; il permettra de fournir des prévisions à court terme et de l'information sur l'activité magnétique réelle de mai à novembre, et de fournir des prévisions de 28 jours durant l'hiver losqu'il y a très peu d'activité d'exploration géomagnétique.

Cartes magnétiques

De récentes mesures des variations séculaires révèlent que le Canada subit toujours l'influence d'une variation séculaire de forte magnitude qui a touché une grande partie de l'hémisphère septentrional au début des années 70. La magnitude de la variation de la déclinaison magnétique a doublé dans l'Ouest du Canada. Le centre d'accroissement rapide de la composante horizontale, qui en 1975 se trouvait à quelques centaines de kilomètres au sud-est de la Nouvelle-Écosse, s'est déplacé vers le sud du Québec; il a par ailleurs faibli, passant de 100 nT par année à 80 nT. La composante verticale décline actuellement dans la plus grande partie du Canada, passant de -10 nT par année à Resolute Bay à -120 nT par année à Ottawa.

La carte de la déclinaison magnétique du Canada, période 1980,0, a été préparée pour publication. Les valeurs de déclinaison qu'elle contient ont été extraites de représentations harmoniques sphériques des composantes horizontales nord et est, au moyen d'un programme-machine élaboré à la D.P.G. à des fins de cartographie gravimétrique.

Données paléomagnétiques

La mise à jour des répertoires de données paléomagnétiques selon une nouvelle présentation destinée à simplifier la publication bilingue avance bien. Plusieurs rapports d'examen présentant des scénarios des mouvements relatifs de masses continentales importantes tels que représentés dans des mesures paléomagnétiques ont été publiés.

Études géomagnétiques de la structure terrestre

Paléomagnétisme

La recherche paléomagnétique s'est centrée sur deux régions intéressantes - les Appalaches et la Cordillère. Des études de l'aimantation de roches de l'âge Siluro-Dévonien à Terre-Neuve et au Nouveau-Brunswick nous portent à croire qu'un déplacement plutôt important du pôle magnétique par rapport aux Appalaches s'est produit durant cette période. Des enquêtes sont en cours pour en déterminer la cause, entre autres un examen de l'aimantation de roches du même âge dans le Bouclier canadien, par exemple les essaims de dykes du Paléozoïque inférieur et les intrusions alcalines du système de fracture du Saint-Laurent. L'étude devrait permettre d'établir un tableau d'évolution tectonique de la région des Appalaches. Dans la Cordillère, des enquêtes paléomagnétiques sur quatre groupes de roches de l'Ouest de la Colombie-Britannique révèlent que le bloc Stikine et le Wrangellia ont été formés beaucoup plus au sud de leurs positions actuelles par rapport au Bouclier canadien. Des rotations importantes de miniplaques semblent s'être produites lorsque ces fragments se sont joints au continent.

Induction électromagnétique dans la Terre

Dans le cadre d'une étude permanente de la variabilité dans le temps de paramètres magnétotelluriques et de son lien avec la séismicité, des champs magnétiques et électriques ont été enregistrés à trois stations situées près du centre de séismicité d'une région d'activité tectonique dans le comté de Charlevoix, sur la rive nord du Saint-Laurent. Une station supplémentaire de référence dans le Parc des Laurentides et la station près de Baie-Saint-Paul ont constamment fourni des estimations stables de l'impédance; entre temps, des variations intéressantes et manifestement importantes ont été observées durant l'année aux stations situées à proximité du Mont des Éboulements et plus loin à l'est, à Saint-Fidèle. Un tremblement de terre d'intensité 3,1 s'est produit le 23 mars 1979, à 10 km au sud-ouest de Saint-Fidèle; des variations de l'impédance, mesurées, l'ont précédé. Le 19 août 1979, une autre secousse de 5,1 d'intensité s'est produite dans le fleuve Saint-Laurent au sud-ouest de Saint-Fidèle, mais dans ce cas-ci les variations d'impédance qui l'ont précédé, à la station, ont été faibles et sont probablement négligeables. Un lien évident entre les propriétés électriques variables dans le temps de la croûte et la séismicité locale n'a pas encore été découvert dans cette région.

Un secteur limité de très faible résistivité électrique à peu de profondeur dans la croûte terrestre a été découvert près du village de Sainte-Mathilde, au Québec. En collaboration avec l'École Polytechnique de Montréal et la Commission géologique du Canada, des évaluations de la profondeur et de l'étendue aréale de la zone d'anomalie ont été faites au moyen d'observations magnétotelluriques et audio-magnétotelluriques et des mesures de la résistivité au moyen du dispositif Schlumberger à courant direct. D'après des techniques de modelage à une dimension, la partie supérieure du corps conducteur se trouve entre 250 et 1 000 m de profondeur; le corps aurait une épaisseur de quelques

kilomètres. Cette anomalie est liée à une diminution très importante du champ tellurique et à des résistivités manifestes qui s'établissent bien en-deçà d'1 ohm-mètre.

Durant l'exécution du projet LOREX en avril et en mai 1979, des stations magnétotelluriques ont été établies dans chacun des trois camps sur la banquise et elles ont été exploitées pendant six semaines. De bonnes données ont été obtenues le long des tracés de dérive au-dessus du bassin Makarov, la dorsale Lomonossov et le bassin Fram. Au-dessus de la dorsale, les données révèlent seulement une très mince couche de sédiments mous ou non consolidés, couvrant un matériau de résistivité beaucoup plus forte. Au-dessus des bassins Fram et Makarov, toutefois, ces couches de roches sédimentaires molles et conductrices ont environ 1 km d'épaisseur. Rien ne porte à croire que la dorsale contiendrait un noyau ou une lithosphère à forte conductivité.

Anomalies magnétiques de grande longueur d'onde

La Division du géomagnétisme participe à l'analyse et à l'interprétation des données transmises par le satellite MAGSAT, dans le cadre du programme d'observation des ressources de la NASA. Le satellite est maintenant en orbite, avec un apogée initial de 561 km et un périgée de 352 km. Le projet MAGSAT fournira des données pour: (1) la description exacte du principal champ magnétique de la Terre qui servira à des fins cartographiques et à l'exécution d'enquêtes sur la nature des sources de ce champ; (2) la cartographie globale des champs provoqués par des sources qui se trouvent dans la lithosphère. La connaissance de ces derniers champs nous aidera à mieux comprendre les changements à grande échelle des caractéristiques de la croûte et du manteau supérieur, et servira à la planification future d'une stratégie d'exploration des ressources. La Division du géomagnétisme intègre des données provenant de ses observatoires magnétiques et de ses stations de variation dans l'analyse des données du MAGSAT, afin de réduire les effets des champs ionosphérique et magnétosphérique. Les données transmises par le MAGSAT concernant les champs de la lithosphère seront combinées avec les données considérables obtenues au moyen du magnétomètre vecteur aéroporté au-dessus du territoire canadien, lors de la phase d'interprétation du projet.

Perturbations géomagnétiques

Les caractéristiques d'agitations magnétiques se produisant à des latitudes invariantes de plus de 79°, et le mouvement d'électro-jets ionosphériques qui y est associé, ont été étudiés. Ces agitations semblent surtout se produire pendant les mois d'hiver, durant la phase décroissante du cycle solaire. Elles sont généralement locales et observables les jours d'activité magnétique modérée. La variation diurne du phénomène témoigne de l'emplacement de la station à proximité de la limite polaire de l'ovale auroral dans le secteur de minuit au lever du soleil. D'après une étude de plusieurs phénomènes choisis, les électro-jets pourraient se produire simultanément aux limites polaire et équatoriale de l'ovale auroral.

L'analyse détaillée des données obtenues des stations au sol du réseau Churchill et d'une fusée lancée vers le sud transversalement à deux arcs auroraux lumineux a révélé la présence de courants électriques intenses en direction du nord-est à la limite polaire de l'arc boréal, et en direction du sud-est le long de la limite équatoriale de l'arc austral. De forts courants alignés sur le champ, six fois plus élevés que la densité du courant critique à la limite supérieure, se dirigeaient vers l'extérieur, au-dessus des arcs. Le champ électrique dans l'arc boréal était périodique et semblait être lié aux oscillations dans l'ovale auroral.

Une longue série de valeurs horaires des composantes magnétiques enregistrées à 12 observatoires ont été analysées au moyen de la méthode de Chapman-Miller; cette analyse permettra d'obtenir les coefficients harmoniques

solaires et lunaires. Au total, 450 années-observatoires de données, donnant presque 12 millions de valeurs horaires, ont été réparties en catégories selon divers paramètres géophysiques, et l'on cherche à interpréter ces résultats.

DIVISION DE LA GRAVITÉ ET DE LA GÉODYNAMIQUE

J.G. Tanner, Directeur

La Division de la gravité et de la géodynamique est chargée du Service de la gravité et du Service de la géodynamique au Canada. Le Service de la gravité tient à jour et accroît annuellement le fichier central national des données sur la gravité, maintient des normes nationales sur la gravité, publie des cartes et des rapports relatifs à la gravité, et fournit des renseignements dans ce domaine et sur les sujets connexes aux intéressés des secteurs public et privé, à l'échelle nationale et internationale. Le fichier central des données sert également aux études géodésiques internes et à celles qui contribuent à une meilleure compréhension des particularités géologiques locales et des structures géologiques régionales du Canada. Le Service de la géodynamique est chargé d'étudier la rotation terrestre, le mouvement des pôles et les marées terrestres, de même que d'enquêter sur la contrainte et l'inclinaison de la croûte associées aux mouvements tectoniques, aux niveaux hydrostatiques et aux prédictions des tremblements de terre.

SERVICE DE LA GRAVITÉ

Cartographie gravimétrique

En 1979, plus de 3 000 nouvelles stations gravimétriques statiques ont été installées sur terre et au large des côtes canadiennes, et des levés au large des côtes est et ouest du Canada et dans l'océan Arctique ont permis de recueillir des mesures gravimétriques dynamiques pour environ 19 000 kilomètres de lignes. Dans l'Ouest du Canada, 325 nouvelles stations gravimétriques ont été observées dans les Rocheuses, au sud de la latitude 53°N, quelque 750 à intervalle d'1 km le long de la route de Dempster et de la route Sixtymile, au Yukon, et plus de 800 stations gravimétriques ont été observées à 1 km d'intervalle entre Lethbridge (Alberta) et Osoyoos (Colombie-Britannique), le long de la route 3. Des données gravimétriques ont été enregistrées sur plus de 4 600 kilomètres de lignes dans le détroit d'Hécate, à l'est des îles Reine-Charlotte. L'intervalle était de 5 à 10 km.

Au-delà de 700 observations gravimétriques ont été exécutées près du pôle nord dans le cadre du projet portant sur la dorsale Lomonossov (LOREX 1979). Des observations gravimétriques ont été faites sur plus de 400 kilomètres de lignes au moyen d'instruments installés dans trois camps sur des îlots de glace, dérivant transversalement au-dessus de la dorsale. Plus de 250 stations supplémentaires ont été établies à intervalle de 5 km par cheminement réalisé au moyen d'un hélicoptère. Un levé sur la surface gelée de la baie d'Hudson, entre les îles Ottawa et le continent, a permis d'établir 429 nouvelles stations gravimétriques.

Dans l'Est du Canada, la collecte de données gravimétriques sur environ 14 000 kilomètres de lignes s'est achevée sur le plateau de la Nouvelle-Ecosse, à quelque 550 km au sud-est d'Halifax.

Normes gravimétriques et base de données gravimétriques

Une expérience menée en collaboration par le Canada, l'Italie et les États-Unis pour établir les fonctions de correction du calibrage d'un gravimètre a été effectuée à douze stations absolues entre Catane, en Italie, et Hammerfest, en Norvège. Certains gravimètres comportaient des erreurs de

calibrage de second ordre, statistiquement importantes; les écarts entre les valeurs absolues et les valeurs gravimétriques obtenues de gravimètres ont toufefois été, contre toute attente, assez élevés (jusqu'à 80μGal) à plusieurs endroits. La cause n'en a pas encore été établie.

La réobservation du Réseau gravimétrique national de premier ordre (quelque 60 stations et leurs satellites) a débuté au début de l'année. Le rajustement fournira des valeurs gravimétriques plus précises pour les études géodésiques et les études de la variation séculaire futures. Les travaux seront exécutés en partie par des contractuels; ils devraient aboutir vers le milieu de l'année 1980. Le service d'entretien de l'IGSN71 et du réseau latino-américain (LAGSN77) s'est poursuivi, mais à un rythme quelque peu ralenti par rapport aux années précédentes.

Quelque 400 retraits de la Base de données gravimétriques nationales ont été effectués pendant l'année, pour des usagers tant externes qu'internes. Trois nouvelles cartes gravimétriques en série ouverte ont été publiées au cours de l'année.

En collaboration avec la Commission géologique du Canada, le Service a entrepris l'étude de l'exactitude absolue du niveau de référence vertical des stations gravimétriques utilisées dans des levés antérieurs. Une comparaison des écarts entre les altitudes mesurées à l'origine et les altitudes actuelles de quelque 1 700 stations dans des régions éloignées du Québec et des Territoires du Nord-Ouest révèle l'existence d'erreurs d'élévation systématiques, pouvant aller jusqu'à 3 m à certains endroits. L'analyse de ce problème se poursuit.

Études gravimétriques de la structure de la Terre

Une carte orographique de la topographie et de la bathymétrie, en couleurs avec estompage, de la région de la plaque Juan de Fuca a été achevée. D'autres versions, de même échelle, qui ne comportent que des courbes ou des coordonnées, sont également disponibles. Un recueil similaire de données sur la séismicité, les dissolutions de plan de faille séismique et les observatoires géomagnétiques est en voie de préparation au Centre géoscientifique du Pacifique.

L'analyse de données géophysiques au large de la côte du Pacifique revèle que la migration de la dorsale Explorer vers le nord-ouest et le début du centre de dilatation des ondulations Dellwood pourrait faire partie d'une jonction triple qui a contrôlé la structure récente dans la région du bassin Winona-ondulations Tuzo Wilson pendant les 4 derniers millions d'années. La reconstruction détaillée et séquentielle des plaques suggère l'existence d'un centre de dilatation extinct près de l'extrémité de la dorsale Paul Revere et une faille de transformation de faible activité qui s'embranche vers la gauche entre ce point et la marge continentale près des îles Scott.

L'analyse des anomalies magnétiques au-dessus de la plaque Gorda, au large du Sud de l'Orégon, révèle l'existence possible d'une zone de fracture en embranchement vers la droite dans le plateau et l'arrêt de la convergence dans la région immédiatement au nord du cap Mendocino, il y a environ 1,5 million d'années.

L'interprétation des données gravimétriques relatives à la zone de faille Reine-Charlotte et au bassin Winona étaye les modèles de vitesse de propagation des ondes P qui révèlent jusqu'à 5 km de matériau sédimentaire sous chaque structure et, dans le cas de la zone de faille, suggèrent l'existence d'une mince couche d'une croûte plus ancienne entre les deux gradins qui la bordent.

Trois analyses ont été préparées dans le cadre de la série de rapports définitifs sur le projet du Service de la géodynamique à des fins de publication par l'AGU. La première, préparée en collaboration par le C.G.P., l'U.B.C. et certains organismes américains pour le deuxième groupe de travail, évalue la géodynamique de la plaque Juan de Fuca. La deuxième et la troisième ont été rédigées à la D.P.G. pour les groupes de travail 8 (marges passives) et 10 (synthèse globale et paléoreconstructions); elles portent sur la structure et l'évolution tectonique de la marge continentale polaire (GT8) et sur le fond marin de l'Arctique (GT10).

Les calculs du modèle gravimétrique initial tirés de LOREX 1979 révèlent une densité moyenne de la dorsale Lomonossov n'excédant pas environ 2,45 g/cm^3, ce qui n'est pas typique de roches de type océanique.

Une analyse de données détaillées gravimétriques et séismologiques de la croûte, le long de deux lignes dans les axes importants du bassin Sverdrup indique, entre autres, que les sédiments dans le bassin sont régionalement compensés par une antiracine du manteau et que l'épaisseur des roches cristallines de la croûte varie inversement avec celle des sédiments qui la recouvrent. Ces particularités pourraient être attribuées à une dilatation crustale qui a produit un bassin sédimentaire en voie d'affaissement, lui-même compensé isostatiquement par un soulèvement de matériau dense du manteau.

Une étude gravi-magnétique de l'anomalie positive de Sutton, près de Sherbrooke, menée en collaboration par la D.P.G. et l'Université Concordia, révèle qu'elle peut s'expliquer par la présence de jusqu'à 8 km de roches volcaniques que l'on croit être ce qui reste de la formation de l'océan Japet au point de triple jonction (dont la branche qui ne s'est pas développée est le fossé d'Ottawa).

Une série d'anomalies régionales de la gravité dans la partie est de la province Churchill, dans le Bouclier canadien, a été attribuée à l'existence d'importants blocs crustaux cernés de failles. La structure de la croûte ainsi sous-entendue se trouve à l'est de l'auge du Labrador, réputée être le site d'une ancienne zone de subduction-collision, et pourrait avoir son équivalent contemporain dans le centre des Andes au Pérou, où ont été observées des structures crustales régionales similaires et où la plaque Nazca plonge activement sous la plaque Sud-américaine à l'ouest. Par analogie, l'évolution géologique de la province Churchill pourrait être liée à la plongée sous une plaque océanique qui aurait provoqué le contact du bloc Supérieur avec le bloc Churchill.

De récents levés gravimétriques marins dans la partie est de la baie d'Hudson révèlent que la courbe des anomalies gravimétriques positives et négatives jumelées le long de la zone de plissement au cap Smith se prolonge vers le sud jusqu'aux îles Belcher. L'interprétation de cinq séries de données gravimétriques transversalement à cette zone laisse supposer que la croûte du bloc Churchill est plus épaisse et plus dense que celle du bloc Supérieur. Au nord, les roches volcaniques de la zone de plissement sont estimées avoir une épaisseur de 4 à 9 km. Au sud, les roches de la zone de plissement ont, dans l'ensemble, de 6 à 7 km d'épaisseur. L'hypothèse d'une collision entre les blocs Churchill et Supérieur durant l'ère protérozoique inférieure (Huronien) est étayée par les résultats d'une étude paléomagnétique des roches des îles Belcher qui se prêtent à une interprétation selon un modèle de deux plaques.

Les paires facilement observables d'anomalies gravimétriques positives et négatives le long des limites de la structure du Précambrien au Canada produisent des contraintes de source gravitationnelle qui pourraient contribuer à la défaillance des roches de long de zones pré-existantes de faiblesse.

Une défaillance à peu de profondeur dans la croûte est probable dans la région délimitée par l'anomalie négative tandis que des défaillances à des niveaux plus profonds pourraient se produire sous l'anomalie positive. Le long de la vallée du Saint-Laurent, qui comporte de nombreuses failles, un lien spatial assez solide entre les épicentres de séismes et les anomalies négatives à air libre adjacentes aux anomalies positives à air libre révèle que les contraintes de source gravitationnelle pourraient contribuer à la production de séismes dans cette région.

En 1977 et en 1979, des mesures gravimétriques ont été faites à plusieurs niveaux, dans deux puits foncés dans une mine d'or dans la zone de roche verte Yellowknife de l'Archéen; elles avaient pour objet de déterminer sur place les densités des roches volcaniques basiques de la formation Kam du supergroupe Yellowknife. Les densités dérivées des résultats gravimétriques, soit 2,79 g/cm^3 et 2,81 g/cm^3, sont quelque peu inférieures, dans chaque puits, aux valeurs de densité, soit 2,82 g/cm^3 et 2,93 g/cm^3, obtenues des échantillons de roches prélevés dans les stations gravimétriques souterraines. Les densités dérivées de la gravité témoignent de la forte proportion de roches cisaillées et de la présence de roches de plus faible densité dans la formation Kam, à proximité des puits. Une densité de 2,90 g/cm^3 est considérée comme étant représentative de la formation Kam.

Les résultats d'un levé gravimétrique effectué sur la surface gelée du Grand lac des Esclaves suggèrent que la zone de roche verte Yellowknife se prolonge sur quelque 12 km sous l'eau, puis tourne vers le sud-est le long du bras nord du lac et continue dans cette direction sur 60 km. Un modèle tridimensionnel de cette zone, établi à partir des anomalies de gravité, indique que les roches volcaniques ferromagnésiennes de la formation Kam ont généralement d'1 à 3 km d'épaisseur et atteignent un maximum de 7 km à l'embouchure de la baie Yellowknife. Les roches sédimentaires de la formation Burwash ont généralement une épaisseur d'1 à 3 km. La présence de roche plutonienne contenant des granodiorites sur le flanc de la zone au sud-ouest est aussi supposée.

Dans le nord de la Saskatchewan, on a observé environ 240 stations gravimétriques à intervalles de 2 km et prélevé 134 échantillons de roche pour vérifier l'application de la méthode gravimétrique à l'exploration de gîtes d'uranium. Ces levés font partie d'un programme parrainé par l'Agence pour l'énergie nucléaire et l'Agence internationale de l'énergie atomique. L'Asamera Oil and Gas Corporation Limited et la Numac Oil and Gas Company Limited ont fourni respectivement 2 500 et 1 000 stations gravimétriques déjà en place pour cette étude.

Un programme d'interprétation gravimétrique à 2 dimensions a été mis à jours par l'addition d'un ensemble de tracés qui permet à l'usager de faire le tracé de sections du terrain, de la gravité observée, calculée et résiduelle à des échelles données selon toute une gamme de combinaisons. En choisissant les échelles indiquées pour les distances horizontales et verticales, il est possible de produire des tracés qui peuvent être publiés. Le programme d'interprétation gravimétrique à 3 dimensions a été mis à jour lui aussi pour donner le tracé imprimé des valeurs avec abscisse et ordonnée et de disposer le résultat pour traçage automatique par le G.P.C.P.

Un second essai visant à déterminer la capacité de la plate-forme inertielle LaCoste et Romberg de mesurer les positions sur des surfaces solides a été effectué et les résultats sont comme suit (un sigma): élévation, 120 cm; position horizontale, 20 m; gravité, 0,03 mGal. Un troisième essai est prévu pour appliquer les résultats aux levés par hélicoptère.

Programme de stockage des déchets radioactifs

La Division a continué de coordonner les activités géophysiques du Programme de stockage des déchets radioactifs du Ministère. Un contrat principal de levés géophysiques préliminaires a été établi et administré par la Division. Les activités qui en découlent ont commencé vers la fin de l'année dans les zones de recherche de l'E.A.C.L. à Pinawa (Manitoba) et à Atikokan (Ontario). Des levés gravimétriques et séismiques plus poussés ont été effectués à Chalk River (Ontario) et l'observation de la réaction des niveaux hydrostatiques aux marées terrestres s'est poursuivie dans plusieurs trous de sondage à cet endroit. Les mesures de vélocité séismique sur le terrain ont été comparées avec les mesures prélevées sur des carottes de forage soumises à des pressions atteignant plusieurs milliers d'atmosphères pour évaluer les effets des fissures et des fractures. Ces travaux ainsi que d'autres qui s'y rattachent se poursuivent et les résultats en seront rassemblés pour donner des comptes rendus types des caractéristiques de chaque zone de recherche. Les données ainsi produites seront également considérées comme contributions à l'évaluation de la qualité et de l'intégrité de la roche dans le cadre de l'étape d'évaluation conceptuelle du programme.

SERVICE DE LA GÉODYNAMIQUE

Production et gestion des données géodynamiques

Les deux laboratoires de mouvement polaire situés près d'Ottawa (Ontario) et de Calgary (Alberta) ont continué de surveiller la rotation terrestre, le mouvement polaire et la dynamique des plaques crustales. Les observations provenant des satellites Doppler de navigation et de satellites géophysiques sont recueillies par deux stations TRANET; elles sont complètement automatisées au moyen d'un réseau de trois mini-ordinateurs qui facilite l'acquisition, la vérification et la communication, à l'heure internationale, des données automatiques au Service américain de surveillance du mouvement polaire par satellite du D.M.A.H.T.C.

Les observations astronomiques optiques sont faites au moyen d'instruments automatisés P.T.Z., les plaques photographiques sont évaluées tous les jours et les résultats sont transmis toutes les semaines au B.I.H. et tous les mois au S.I.M.P. Le rapport sommaire annuel sur les observations du temps et la latitude P.T.Z. de 1977 a été publié dans le bulletin n° 70 de la série de la géodynamique.

Un système d'interférométrie à longue base (I.L.B.) a été mis au point en collaboration avec l'Université York et des essais ont été effectués entre ARO et DRAO à l'aide du satellite de communications ANIK-B pour observer la phase d'oscillation locale relative. La technique-radio, qui fait appel à des sources extragalactiques, offre un potentiel supérieur aux méthodes astronomiques optiques et méthodes par satellite Doppler, étant donné qu'elle combine un très haut degré de précision et de sensibilité ainsi qu'une stabilité à long terme.

L'analyse et la comparaison des observations courantes et expérimentales de la rotation de la Terre et du mouvement polaire servent à améliorer les modèles de réduction des données, les normes de référence et les techniques d'observation. Toutes les observation P.T.Z. disponibles à Ottawa (1956-1978) et à Calgary (1968-1978) ont été entièrement réévaluées en un système uniforme pour analyser les paramètres et les variations du modèle de réduction des données de la rotation terrestre au cours des deux dernières décennies. Le logiciel de réduction du satellite Doppler a également été amélioré afin d'augmenter la précision des déterminations de l'orbite du satellite et de la position des pôles.

Des travaux préparatoires à une participation active aux campagnes du projet Merit en 1980 et en 1983-1984 ont été effectués et la participation possible à l'élaboration d'applications géodésiques et géodynamiques GPS a été étudiée.

Dynamique de la Terre

Les levés effectués deux fois par année par des réseaux précis de gravimétrie dans les régions séismiquement actives de Charlevoix (Québec) et de l'île Vancouver (Colombie-Britannique) se sont poursuivis en 1979. Des variations temporelles de la gravité, de l'ordre de 200-300 nm/s^2 (20-30μGal), ont été observées à Charlevoix. La comparaison de ces données gravimétriques avec les données d'inclinaison et de vitesse de déplacement des ondes séismiques a révélé certaines corrélations intéressantes. Un modèle physique préliminaire de déformation de la croûte à Charlevoix émerge peu à peu de ces études. Des variations de gravité de même ordre ont été observées dans l'île Vancouver. Ces variations peuvent être modélisées en termes de l'effet d'attraction des variations des niveaux des lacs.

Les essais d'étalonnage des gravimètres LaCoste et Romberg de modèle D se poursuivent. Leur but est d'expliquer les écarts systématiques observés de temps en temps lors de la comparaison des lectures de divers instruments.

En 1979, deux observatoires de déformation de la croûte ont été actifs à Charlevoix (Québec). Les observations de l'inclinaison, de la tension et des niveaux hydrostatiques dans les trous de sondage ont été effectuées à l'emplacement principal. L'inclinaison et les niveaux hydrostatiques dans les trous de sondage ont été également observés à un deuxième emplacement à 8 km de là. Les variations saisonnières et transitoires d'inclinaison et de tension à l'observatoire principal peuvent être expliquées par des déformations de la voûte d'observation sous l'influence des changements de température à la surface et d'inondations périodiques ou par des tensions provoquées dans les formations rocheuses locales par de fortes averses. Aucun événement transitoire qui ne pouvait être expliqué par de fortes averses (plus d'un pouce par jour) ou des périodes de fonte des neiges n'a été décelé aux deux observatoires de Charlevoix. Les tendances d'inclinaison à plus long terme observées à l'emplacement principal sont conformes aux variations de gravité décelées dans la zone et suggèrent la présence d'une déformation continuelle de la croûte. Il est trop tôt pour associer ces phénomènes à la séismicité de la région. Des compensations co-séismiques ont été observées dans l'inclinaison, la tension et les niveaux hydrostatiques lors du tremblement de terre du 19 août 1979 (M=5,1). Le sens et les amplitudes des compensations révèlent qu'elles sont dominées par les effets de distorsion de la structure rocheuse de la région.

L'Université du Nouveau-Brunswick et la Direction de la physique du Globe ont préparé la carte du mouvement vertical de la croûte au Canada. Des mesures des niveaux hydrostatiques effectuées à plus d'une centaine de stations de mesure des marées ont été combinées avec des données tirées d'un dossier de segments qui ont fait l'objet de nouveaux nivellements partout au pays. La corrélation de la surface et des données pour chacune de plusieurs régions a maintenant été faite sur une seule carte nationale.