

# **Atelier Bilatéral sur les Technologies des Régions Froides**

---

**Organisé dans le cadre du  
Programme franco-canadien de  
coopération en sciences et technologie**

**Paris, France  
28 et 29 mars, 1989**

**Parrainé par Affaires extérieures Canada**

LIBRARY E / BIBLIOTHEQUE A E



3 5036 20072627 4

Storage

CA1 EA444 89C57 EXF

Cold regions technology : a  
bilateral workshop

43260487



60984 81800

# **Atelier Bilatéral sur les Technologies des Régions Froides**

**Organisé dans le cadre du Programme franco-canadien  
de coopération en sciences et technologie**

**Paris, France  
28 et 29 mars, 1989**

**Parrainé par Affaires extérieures Canada**

## **Programme: Les technologies des régions froides**

**SEANCE 1: 9h00 Mardi, le 28 mars 1989**  
**"MOYENS DE RECHERCHE"**

### **Mots de bienvenue des gouvernements**

**Paul Beaulieu**

Conseiller en sciences et en technologie, Ministère des Affaires  
Extérieures du Canada

**Jean Allely**

Sous-Directeur des Opérations Géographiques, Ministère des  
Affaires Etrangères

### **Remarques des co-présidents de l'atelier**

**Peter Adams**

Président, Université Technique de Nouvelle-Ecosse

**Michel Huther**

Directeur R&D, Bureau Veritas et Secrétaire de DIPOL

### **Débouchés concernant le pétrole et le gaz dans le Nord Canadien**

**Ian Doig**

Analyste en questions énergétiques, Calgary

### **Le passé et l'avenir de l'Antarctique**

**Michel Engler**

Directeur, Expéditions Polaires Françaises

### **Le génie dans les régions froides et moyens de recherche au Canada**

**Jack Clark**

Directeur, Centre for Cold Ocean Resources Engineering

**Ted Rudback**

Directeur Exécutif du Centre de développement des transports,  
Transports Canada

### **Le génie dans les régions froides et moyens de recherche en France**

**G. Huard**

Vice-Président, Bouygues Offshore et Président de DIPOL

**Michel Huther**

Directeur R&D, Bureau Veritas et Secrétaire de DIPOL

### **DEJEUNER**

**SEANCE 2: 14h00 Mardi, le 28 mars 1989**  
**"STRUCTURES ET ENVIRONNEMENT"**

### **Remarques des co-présidents de la séance**

**François Tavenas**

Doyen, Faculté des sciences et du génie, Université Laval

**Mme M. Brachet**

Secrétaire Exécutif, Ministère de la Recherche et de la Technologie

# **Programme: Les technologies des régions froides**

## **Interaction icebergs-fond marin dans l'Antarctique**

**Jean-François Regrettier**

Ingenieur de recherche, Bureau Veritas

**Michel Engler**

Directeur, Expéditions Polaires Françaises

**Dat Duthinh**

Chef de groupe, génie des glaces, C-CORE

## **Interaction glaces-structures**

**Stephen Jones**

Chef, Laboratoire des navires arctiques, Institut de dynamique marine

**Paul Duval**

Directeur de Recherche, Laboratoire de Glaciologie et

Géophysique de l'Environnement

## **Modélisation de glaces et de sols gelés dans les centrifugeuses**

**Don Shields**

Professeur de génie civil, Université du Manitoba

**Jean-François Corte**

Chef de la Division Géotechnique Mécanique des Chaussées,

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

## **Comportement des sols gelés**

**Roger Franck**

Chef de la Section Fondation, LCPC

**Don Shields**

Professeur de génie civil, Université du Manitoba

## **Comportement des conduites enterrées**

**Peter Williams**

Directeur, Laboratoires de sciences géotechniques, Université Carleton

**Michel Frémond**

Chef du Service Mathématiques, Laboratoire Central des Ponts  
et Chaussées

**J.P. Lautridou**

Directeur de Recherche, Centre de Géomorphologie, CNRS

## **RECEPTION**

Sous les auspices de l'Ambassade du Canada à Paris

**SEANCE 3: 9h00 Mercredi, le 29 mars 1989**

**"PROPRIETES REQUISES DES MATERIAUX"**

## **Remarques des co-présidents de la séance**

**Bill Roggensack**

Coordonnateur technique, C-FER

**Alain de Bon**

Ingenieur en chef, Recherche-Développement, SOLLAC

# **Programme: Les technologies des régions froides**

## **Transfert thermiques dans les régions froides**

**Laurel Goodrich**

Agent supérieur de recherche, Section de géotechnique, Institut de recherche en construction, CNRC

**Anne-Marie Cames-Pinteau**

Chercheur, Laboratoire d'Aérothermique, CNRS

**Jaime Aguirre-Puente**

Chef du Congélation-Sublimation, Laboratoire d'Aérothermique, CNRS

## **Propriétés requises des aciers utilisés dans l'Arctique**

**A. Bignonnet**

Ingénieur de Recherche, IRSID

**Bill Tyson**

Coordonnateur, Programme des laboratoires de la technologie des métaux, CANMET

## **Protection des chaussées dans les régions froides**

**Anthony Beaty**

Professeur de génie civil, Royal Military College

**Michel Engler**

Directeur, Expéditions Polaires Françaises

## **Plate-formes flottantes en béton pour la côte est du Canada**

**C. Valenchon**

Chef de Projets ingénieries, Bouygues Offshore

**C. Putot, B. Molin**

Chefs de Projets, Institut Français du Pétrole

**D. Duthinh**

Chef de groupe, génie des glaces, C-CORE

## **REUNION DU COMITE DIRECTEUR**

### **DEJEUNER**

**SEANCE 4: 14h00 Mercredi, le 29 mars 1989**

**"EXIGENCES DE CODE POUR NAVIRES/STRUCTURES"**

### **Remarques des co-présidents de la séance**

**Jack Clark**

Directeur, C-CORE

**G. Huard**

Vice-Président, Bouygues Offshore

### **Code de l'Association canadienne de normalisation pour les structures marines**

**Peter Adams**

Président, TUNS

### **Règles Veritas pour les structures marines et les navires**

**D. Béghin**

Directeur Constructions Neuves, Bureau Veritas

**P. Besse**

Adjoint au Directeur, Technologie Océanique, Bureau Veritas

# **Programme: Les technologies des régions froides**

**SEANCE 5: 15h00 Mercredi, le 29 mars 1989**  
**"ORIENTATIONS FUTURES DES PROGRAMMES DE RECHERCHE CONJOINTS"**

## **Remarques des co-présidents de la séance**

**Peter Adams**

Président, TUNS

**Michel Huther**

Directeur Recherche et Développement, Bureau Veritas

## **Evaluation des programmes existants**

**Maurice Dusseault**

Professeur de sciences de la terre, Université de Waterloo

## **Thème de discussion: orientations futures**

Les températures d'utilisation des aciers et des composites

Les matériaux composites en construction navale

Les structures composites acier/béton

La distribution de la grosseur des floes dans le secteur français des mers du Sud

Les vagues dues au vent et les émissions acoustiques associées

Les propriétés des sols riches en glace

Fissuration des roches soumises à des cycles de gel

(et autres)

## **Commentaires finals**

**Peter Adams**

Président, TUNS

**Michel Huther**

Directeur, R&D, Bureau Veritas

## **Clôture**

## Introduction à l'atelier

### Introduction: "Les technologies des régions froides"

**Peter Adams**

Président, Université Technique de Nouvelle-Ecosse

**Michel Huther**

Directeur Recherche et Développement, Bureau Veritas

Les régions froides ont toujours fasciné les aventuriers et les explorateurs. A mesure que les progrès technologiques permettaient aux habitants des régions tempérées d'améliorer et, dans certains cas, d'adoucir leurs conditions de vie, les régions froides du monde exerçaient une attraction grandissante. Les opérations et aménagements qui sont courants dans les régions plus chaudes nécessitent la mise en oeuvre de toutes les connaissances et ressources disponibles dans les espaces froids et isolés des régions de l'Arctique et de l'Antarctique.

Les pays qui ont l'expérience des environnements froids ont acquis des connaissances et une organisation qui pourraient avoir des applications intéressantes dans d'autres régions froides. Les projets d'exploitation de ressources naturelles prévus dans l'Arctique soviétique et les travaux d'exploration permanents dans l'Antarctique offriront des débouchés intéressants au développement continu. Les mêmes talents et compétences nécessaires au succès des activités menées dans les régions polaires pourront aussi servir dans d'autres milieux caractérisés par l'isolement ou par des conditions environnementales extrêmes. Les problèmes de communication et les pressions élevées qui caractérisent les travaux sous-marins ou encore l'éloignement et les températures extrêmes de l'espace offrent des débouchés à l'utilisation des technologies actuelles par les pays concernés.

La France est depuis longtemps un chef de file dans le secteur maritime. L'exploration sous-marine, la construction navale et la construction de sous-marins modernes ne sont que quelques-uns des secteurs d'activité où l'industrie française s'est taillée une place de premier plan. La France joue également un rôle de chef de file dans le programme spatial européen. Ses connaissances en aéronautique ont trouvé des applications dans de nombreux projets spatiaux.

Le Canada, pour sa part, exploite l'Arctique depuis longtemps. L'environnement de la Mer de Beaufort, par exemple, est caractérisé par la présence de formations glaciaires massives qui créent des pressions plusieurs milliers de fois supérieures à celles qui prévalent dans des conditions de construction normales. En outre, les températures de ces régions sont habituellement bien inférieures à celles des régions habitées et les matériaux doivent pouvoir résister à des températures allant jusqu'à -50° C. Dans de telles conditions, l'acier peut se comporter exactement comme du verre et les activités les plus simples exigent la sagesse de Salomon et la patience de Job.

Il est donc logique que le Canada et la France participent ensemble à un atelier sur la technologie des régions froides. L'étude des perspectives de

développement dans l'Arctique et dans l'Antarctique donnera une idée des projets qui pourraient voir le jour au cours de la prochaine décennie; l'examen des capacités de recherche des deux pays permettra de mettre l'accent sur le "fossé technologique" qu'il reste à combler et une étude des projets de coopération actuels fournira une base de coopération pour les futurs programmes.

### Commission mixte scientifique France/Canada

L'atelier bilatéral sur les technologies des régions froides est une initiative de la Commission mixte scientifique France/Canada (CMS), créée en 1973 par les gouvernements canadien et français dans le cadre d'un accord bilatéral sur la science et la technologie. La Commission a pour mandat de promouvoir, par des projets conjoints ou des missions d'exploration, des activités susceptibles de conduire à des progrès scientifiques et technologiques avantageux pour l'industrie et pour l'économie. Le ministère canadien des Affaires extérieures et le ministère français des Affaires étrangères assurent la coordination générale des programmes approuvés par la CMS. Les membres de la Commission mixte se réunissent tous les deux ans pour assurer la supervision et l'orientation de l'accord bilatéral.

Depuis dix ans, la CMS a créé une vaste gamme de projets visant à promouvoir la recherche conjointe dans des secteurs d'activité précis, notamment l'espace et l'océanologie, la biotechnologie, la technologie de l'information, les matériaux nouveaux et les technologies des régions froides. Des programmes d'échange, des subventions post-doctorat, des accords interuniversitaires, des accords concernant les organismes intergouvernementaux et diverses autres activités ont été conçus pour favoriser la coopération dans ces secteurs d'activité. D'après le compte-rendu de la septième séance de la CMS (Paris, mai 1988), "les projets préparés pour la Commission mixte et soumis à l'évaluation des spécialistes français et canadiens témoignent de la vitalité d'un système de coopération scientifique en constante expansion."

Ce système de coopération comprend entre autres la technologie des régions froides, que la CMS a récemment reconnue comme une priorité possible. Les projets conjoints de recherche concernant les régions froides qu'a examinés la Commission à sa réunion de 1988 sont divisés en trois catégories: les opérations en cours, les nouvelles opérations et les opérations en perspective.

Les opérations en cours comportent actuellement trois grandes initiatives: l'interaction glace/structures, qui porte principalement sur les brise-glace et les plateformes en régions polaires; la simulation expérimentale et la création de modèles théoriques appliqués au processus de congélation et au gel-dégel des sols; et le transfert de chaleur dans les régions froides. Les nouveaux projets de recherche comprennent: l'évaluation des effets des icebergs sur le fond marin; l'étude de la protection de la chaussée en région

## Introduction à l'atelier

froide; et le génie des sols gelés et de la glace. Les activités projetées comprennent notamment: la corrosion des métaux en milieu arctique; la mise au point d'une centrifugeuse à tambour pour l'étude de la glace; et, enfin, l'atelier sur les technologies des régions froides.

### L'atelier

L'atelier sur les technologies des régions froides, d'une durée de deux jours, comportera quatre séances principales dont chacune sera consacrée à un aspect technologique particulier.

La séance 1, **Capacités de recherche**, définira le cadre de l'atelier en exposant aux participants la vaste gamme des activités de recherche en cours tant au Canada qu'en France. La séance 2, **Structures et environnement**, permettra aux participants de voir un exemple de recherche en génie et la méthodologie connexe qui sont essentielles à l'application des résultats des travaux analytiques et des travaux en laboratoire à petite échelle aux projets actuels. La séance 3, **Propriétés requises des matériaux**, portera sur le comportement des sols gelés, des aciers et des chaussées bitumineuses. On abordera également la méthodologie permettant de déterminer les effets des changements thermiques sur les masses qui composent le sol. La séance 4, **Codes requis pour les navires et les structures**, résultats de travaux de recherche sur les navires et les structures marines, traitera des codes exigés et comparera les méthodes utilisées au Canada et en France. La séance 5, **Orientations futures des programmes de recherche conjoints**, dernière séance de l'atelier, consistera en une évaluation des projets actuels et comportera une discussion de groupe visant à définir l'orientation des futurs programmes de recherche conjoints Canada/France. Outre les cinq séances principales, des orateurs choisis aborderont diverses possibilités de développement dans les régions Arctique et Antarctique.

L'atelier a été organisé par un comité mixte de direction composé de représentants du Canada et de la France. Le comité de direction a pour mandat d'évaluer les projets actuels, d'écouter très attentivement les commentaires des experts présents, d'évaluer les idées concernant les projets nouveaux et la valeur de ces projets à la lumière des besoins et débouchés technologiques nouveaux et, enfin, de recommander une ligne de conduite avantageuse aux deux organismes gouvernementaux qui parrainent l'atelier.

Les représentants canadiens au comité mixte de direction sont:

- Peter Adams (Coprésident), Université Technique de Nouvelle-Ecosse;
- Jack Clark, Centre for Cold Ocean Resources Engineering;
- Paul Dufour, Affaires extérieures Canada;
- Bill Roggensack, Centre for Frontier Engineering Research; et
- François Tavenas, Faculté des sciences et du génie, Université Laval.

## Les technologies des régions froides

Les membres français du comité mixte de direction sont:

- Michel Huther (Coprésident) Bureau Veritas;
- Mme. M. Brachet, Ministère de la Recherche et de la Technologie;
- M. Engler, Expéditions Polaires Françaises;
- M.J. Nougier, Ambassade de France au Canada; et
- M.G. Huard, Bouygues Offshore

### Les organisateurs de l'atelier

Le Centre for Frontier Engineering Research (C-FER) est un institut de recherche sans but lucratif actuellement situé sur le campus de l'Université de l'Alberta à Edmonton (Alberta). Créé en 1983 avec l'aide financière du Devonian Group of Charitable Foundations, du gouvernement de l'Alberta et de l'entreprise privée, l'Institut a pour mandat de faire de la recherche sur l'exploitation sûre et économique des ressources pétrolières du Canada dans les régions pionnières. La recherche effectuée par le Centre porte principalement sur deux aspects: les structures marines et les systèmes tubulaires de fond.

Le Groupement français pour le développement des industries polaires (DIPOL) est un consortium de l'industrie, d'organismes de recherche et d'organismes publics français créée en 1987 pour coordonner les efforts de mise en valeur des régions polaires dans cinq domaines particuliers: les environnements polaires; les sols et les roches dans les environnements polaires; l'interaction glaces-structures; les matériaux pour les régions froides; et les modèles de structures; les matériaux pour les régions froides. Le but de DIPOL est d'améliorer la coordination des travaux de recherche, d'organiser l'échange d'information scientifique et technique sur la R-D effectuée et de préparer de futures initiatives de recherche conjointe à l'échelle nationale et internationale.

### Remerciements

L'atelier bilatéral sur les technologies des régions froides est parrainé par le ministère des Affaires extérieures du Canada. Organisé par C-FER et par DIPOL, l'atelier a été approuvé par la Commission mixte scientifique France/Canada. Ont également accordé leur aide, le ministère français des Affaires étrangères, le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada et les institutions auxquelles appartiennent les participants de l'atelier.

## Séance 1

### Séance 1: "Moyens de recherche"

#### "Déclarations préliminaires: Les technologies des régions froides"

**Jean Allely**

Sous-Directeur des Opérations Géographiques, Ministère des Affaires  
Etrangères

**Paul Beaulieu**

Conseiller en sciences et en technologie, Ministère des Affaires Extérieures  
du Canada

**Orateur:** Jean Allely est sous-directeur des opérations géographiques du  
Ministère des Affaires Etrangères.

**Orateur:** M. Paul Beaulieu a plusieurs années d'expérience en relations  
scientifiques internationales. En sa qualité de conseiller en sciences et en  
technologie auprès de l'ambassade canadienne à Paris, sa tâche consiste à  
faciliter et accroître les transferts technologiques entre les entreprises  
françaises et canadiennes; promouvoir la coopération scientifique propice  
au développement économique des deux pays; et recueillir des  
renseignements sur les programmes scientifiques et les tendances de la  
recherche et du développement auprès des ministères et des centres de  
recherche en France.

#### Co-présidents de séance

**Peter Adams**

Président, Université Technique de Nouvelle-Ecosse

**Michel Huther,**

Directeur Recherche et Développement, Bureau Veritas

**Président de séance:** M. Peter Adams est un ingénieur des structures de  
réputation internationale et il détient un doctorat en génie civil de l'Université  
Lehigh. Il a enseigné à la Faculté de génie civil de l'Université de l'Alberta  
de 1960 à 1968 et a occupé le poste de doyen de la Faculté de génie de 1976  
jusqu'à sa nomination comme président fondateur du Centre for Frontier  
Engineering Research en 1984. M. Adams est membre de plusieurs  
organismes nationaux et internationaux chargés de l'élaboration de normes  
concernant les structures d'acier. Il a quitté le C-FER en janvier 1989 pour  
devenir président de l'Université Technique de Nouvelle-Ecosse à Halifax.

**Président de séance:** Suite à ses études, Michel Huther a passé deux ans à  
la marine nationale en tant que responsable d'une équipe de mesures des  
couvements des navires de mer et d'études d'explosions aériennes et sous-  
marines. Il est entré au Bureau Veritas en 1965 et a été chargé du  
développement des Règlements Classification et des problèmes de calculs  
des structures FEM et sloshing. En 1976, il a été nommé chef du Département  
Recherche et Développement de la Branche Marine, pour travailler sur des

programmes informatiques, calculs de structures, hydrodynamique, sécurité et fiabilité.

En 1985, il a été nommé coordinateur des activités Recherche et Développement de la Branche Marine et en 1988, directeur du C.R.D. chargé des activités suivantes: fiabilité des structures, matériaux composites, dynamique transitoire et non linéaire, contrôle et surveillance des structures, procédures de contrôle et systèmes experts.

**Résumé de séance:** La première séance permettra aux participants de prendre connaissance de la vaste gamme des travaux de recherche en cours. Des installations et programmes uniques y seront décrits. La séance, en plus de la conférence sur les possibilités d'exploitation dans l'Arctique et dans l'Antarctique, devrait fournir aux participants un aperçu des facteurs propres aux régions froides.

### "Débouchés concernant le pétrole et le gaz dans le Nord canadien"

Ian Doig

Analyste en questions énergétiques, Calgary

**L'auteur:** Diplômé de l'Université Dalhousie à Halifax, M. Ian Doig collabore directement avec l'industrie pétrolière canadienne depuis plus de 30 ans et il entretient des rapports étroits avec les responsables des politiques énergétiques canadiens et américains, tant au niveau fédéral qu'avec ceux des provinces ou des Etats. Depuis 20 ans, M. Doig suit de près l'évolution des projets pétroliers canadiens d'envergure mondiale tant sur la côte est que dans la Mer de Beaufort et dans le Delta du Mackenzie et il a signé et publié plusieurs rapports sur l'évolution de ces projets et leur potentiel. En plus d'une connaissance approfondie de l'industrie pétrolière canadienne, M. Doig a effectué des études des projets pétroliers tant en Mer du nord qu'en Australie. M. Doig a donné des conférences au Canada, aux Etats-Unis et en Europe et il a conseillé de nombreuses industries canadiennes sur leurs rapports avec le gouvernement. M. Doig a fréquemment comparu en tant que spécialiste des questions énergétiques devant des organismes gouvernementaux canadiens et américains.

**Résumé:** Située à l'embouchure du troisième réseau hydrographique en importance d'Amérique du Nord, la région de la Mer de Beaufort/Delta du Mackenzie dans le Nord canadien se retrouve encore une fois à un moment important dans son histoire. Depuis les débuts de l'exploration pétrolière et gazière au commencement des années 1960, la région a constamment connu des hauts et des bas. Elle se trouve actuellement dans un creux de vague, mais son importance stratégique est sur le point de reprendre encore une fois toute son importance. En raison du déséquilibre actuel de l'offre et de la demande de pétrole léger et brut en Amérique du Nord et suite à l'entrée en vigueur de l'Accord de libre échange Canada-Etats-Unis, les

grandes sociétés pétrolières, comptant sur des approvisionnements politiquement sûrs pour la fin des années 1990 et le début du 21<sup>e</sup> siècle, renouvellent leurs bases de données sur le Nord canadien. Une demande actuellement à l'étude concernant l'exportation des réserves de gaz naturel du Delta du Mackenzie ainsi qu'un projet pétrolier dans la Mer de Beaufort, qui aura besoin d'un autre coup de pouce pour parvenir à l'étape de l'exploitation, devraient permettre une amélioration de la situation. Il y a aussi le projet de refuge national de la faune arctique. Tout dépendant de la ligne de conduite adoptée par les Etats-Unis, des projets conjoints Canada-Etats-Unis d'exploration, de développement et de transport verront le jour au cours de la prochaine décennie.

M. Doig fait un rapide survol du passé, commente les politiques actuelles et expose ses vues sur l'avenir de l'industrie du pétrole et du gaz dans le Nord canadien.

### **"Le passé et l'avenir de l'Antarctique"**

**Michel Engler**

Directeur, Expéditions Polaires Françaises

**L'auteur:** Ingénieur diplômé de l'E.N.S.C. de Toulouse, M. Engler a travaillé pendant 10 ans pour des sociétés privées (Solétanche, Colas, Comex) comme spécialiste en mécanique des soles et géotechnique. Depuis 1985, il est responsable du programme d'Ingénierie polaire du territoire des Terres Australes et Antarctiques Françaises et chef du projet piste de Terre Adélie. De plus, depuis 1988, il est Directeur des Expéditions Polaires Françaises.

**Résumé:** L'Antarctique est le seul continent où l'on effectue essentiellement de la recherche scientifique, les principaux domaines d'étude étant la géophysique, la glaciologie, la géologie et la biologie. Les plus récents efforts en matière de recherche scientifique débouchent actuellement sur des réalisations technologiques importantes. Les administrateurs des programmes nationaux sur l'Antarctique doivent maintenant mettre sur pied des projets d'étude et de recherche en technologie de l'ingénieur et en sciences appliquées, notamment lorsque ces aspects entrent en jeu dans les opérations dans l'Antarctique et leur logistique. Dans le sillage d'un nouveau traité sur l'Antarctique, de nouvelles possibilités s'offriront aux exploitants privés pour qu'ils s'engagent davantage dans la mise en valeur de la région pionnière qu'est l'Antarctique. Cependant, le développement industriel offshore de l'Antarctique sera probablement limité, rendant avantageuse une collaboration nord/sud entre la science et l'industrie.

### **"Le génie dans les régions froides et les moyens de recherche au Canada"**

**Jack Clark**

Directeur, Centre for Cold Ocean Resources Engineering

**Ted Rudback**

Directeur exécutif du Centre de développement des transports,  
Transports Canada

**L'auteur:** M. Jack Clark est l'un des plus éminents ingénieurs en géotechnique au Canada. Après avoir travaillé pendant de nombreuses années chez R.M. Hardy & Associates et Golder Associates, il a obtenu en 1984 le poste de directeur du Centre for Cold Ocean Resources Engineering à l'Université Memorial de Terre-Neuve. M. Clark collabore depuis de nombreuses années avec le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) et le Conseil national de recherches (CNR). Membre de l'Institut canadien des ingénieurs (ICI) et de la Société canadienne des ingénieurs civils, M. Clark a reçu en 1983 le prix Legget de la Société canadienne de géotechnique pour ses réalisations et sa contribution dans le domaine du génie géotechnique au Canada. En 1987, l'Institut canadien des ingénieurs lui a décerné la médaille Julien Smith en reconnaissance de sa contribution exceptionnelle au développement du Canada.

**L'auteur:** M. Ted Rudback est directeur exécutif du Centre de développement des transports (CDT) de Transports Canada. Ingénieur en électricité, M. Rudback s'est occupé pendant plusieurs années, en tant qu'ingénieur conseil, de la conception de systèmes d'installations de radio, de télévision, audio et de communications. Il a ensuite décidé d'appliquer les connaissances qu'il avait acquises dans le domaine des communications et de l'électronique aux transports, en qualité d'ingénieur en développement chargé de la gestion du trafic maritime auprès de l'Administration de la Voie maritime du Saint-Laurent. En 1974, M. Rudback s'est joint au Centre de développement des transports à titre d'agent de projet; il est devenu chef de division en 1977 et directeur exécutif en 1983. M. Rudback est responsable de la planification, de la mise en oeuvre et de la gestion du Programme central de recherche et de développement de Transports Canada.

**Résumé:** On traitera du développement des technologies des régions froides au Canada et notamment des installations et ressources disponibles pour la recherche, la conception et la construction. Bien que la mise en place de projets dans les régions du Nord au cours des quarante ou cinquante dernières années sera abordée, on mettra surtout l'accent sur les progrès accomplis par la recherche et le génie au cours des deux dernières décennies pour répondre aux besoins de production et de transport du pétrole et du gaz dans l'Arctique. L'application de ces travaux dans l'océan Arctique et dans les océans froids de la côte sera également décrit. Ces activités ont permis au Canada de se doter d'une infrastructure considérable en ressources

humaines nécessaire à la conception du génie en recherche et à son implantation. On traitera de ces activités et des installations de recherche et des laboratoires de génie consacrés à la recherche et à la conception pour les régions froides, dont se sont dotés les entreprises privées, les universités et le gouvernement.

On traitera également de l'important programme de recherche et de développement en mer Arctique qui a fait du Canada un chef de file dans de nombreux secteurs de la technologie marine arctique, et une attention particulière sera accordée au Programme de recherche et de développement de Transports Canada. Il sera également question des projections établies à partir de modèles mathématiques et des résultats d'essais réalisés sur des modèles à l'échelle de réservoirs de glace qui sont systématiquement vérifiés dans le cadre d'un programme de cueillette de données à grande échelle. On traitera également des projets d'instrumentation établis pour mesurer les pressions exercées par la glace sur la coque des navires; d'une procédure d'instrumentation, de modèles mathématiques, de tests à partir de modèles à l'échelle et de la cueillette de données à grande échelle appliquées au train de propulsion et au servomoteur de barre des navires. Les moyens de recherche et de développement du Canada, dont sont équipés le n.m. Arctic et la dernière catégorie de brise-glace de la Garde côtière canadienne seront décrits.

On examinera le rôle des entreprises-conseils en génie et en architecture navals, des opérateurs maritimes, des chantiers navals canadiens et des milieux universitaires dans le développement de la technologie marine arctique au Canada.

### "Le génie dans les régions froides et les moyens de recherche en France"

G. Huard

Vice-Président, Bouygues Offshore et Président de DIPOL

Michel Huther

Directeur Recherche et Développement, Bureau Veritas et  
Secrétaire de DIPOL

L'auteur: G. Huard est Vice-Président Engineering et recherche et développement de Bouygues Offshore, Paris. Il a travaillé pour Safetec, Bureau Veritas et Alshom-Chantiers de l'Atlantique avant de rejoindre Bouygues Offshore en 1981. M. Huard est Président de DIPOL, groupe pour le Développement des Industries POLaires, membre du Comité Technique du Bureau Veritas, de l'A.T.M.A., I.A.B.S.E. et C.E.P. & M.

L'auteur: Voir la sections précédentes pour le résumé de M. Huther.

Résumé: Pendant nombre d'années, divers laboratoires de recherche et sociétés industrielles ont étudié les problèmes qui se posent dans les régions froides et des techniques pour les résoudre. La création de DIPOL,

consortium français pour le développement d'industries dans les régions polaires, a facilité la coordination des efforts de recherche sur les régions froides. Douze projets de collaboration sont en cours; tant théoriques qu'expérimentaux, ils entrent dans une de cinq grandes catégories: analyse des sites; interaction glaces-structures; matériaux; navires; et modèles de structures (terrestres et marins).

La recherche en analyse des sites porte sur les conditions atmosphériques, la distribution des icebergs, le comportement des icebergs en cours de collision, le modelage et la migration des milieux plastiques, et la structure d'un brise-lames artificiel. Dans le domaine des matériaux, on décrit la corrélation entre les températures extérieures et intérieures des aciers et des matériaux composites, ainsi que des expériences sur le comportement à long terme du béton et des matériaux composites exposés au dur environnement de l'Antarctique. Dans le domaine de la recherche sur les navires, on décrit les travaux de mise au point d'un grand brise-lames. Les travaux sur les modèles de structures sont aussi passés en revue, notamment trois projets dont deux sur les structures à embase-poids en béton conçues pour être utilisées dans les mers englacées et un sur un bâtiment de production flottant en béton utilisable dans des eaux infestées de glaces.

## Séance 2

### Séance 2: "Structures et environnement"

#### Co-présidents de la séance:

**François Tavenas**

Doyen, Faculté des sciences et du génie, Université Laval

**Mme M. Brachet**

Secrétaire Exécutif, Ministère de la Recherche et de la Technologie

**Président de la séance:** François Tavenas est un ingénieur civil qui s'est joint à l'Université Laval comme professeur au département de génie civil en 1970. Depuis 1985 il a été doyen de la faculté des sciences et du génie. Les recherches de M. Tavenas ont porté sur les problèmes associés au comportement des argiles plastiques, la mesure des propriétés de l'argile, la conception de remblais sur les argiles plastiques, la stabilité des pentes et la conception de fondations sur pilotis. M. Tavenas est président de groupe et membre du Comité sur les programmes de base du CRSNG, le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada.

**Présidente de la séance:** Mme M. Brachet, Ingénieur de l'École Spéciale des Travaux Publics, est entrée au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées en 1959. Elle occupait le poste de Directeur Technique lorsqu'elle a quitté le L.C.P.C. pour le Ministère de la Recherche. Elle occupe actuellement le poste de Secrétaire Exécutif de l'action prioritaire Génie Civil du Ministère de la Recherche.

**Résumé de la séance:** L'une des principales difficultés que soulèvent la planification et la conception de grands projets de génie civil dans les régions froides et isolées est le manque de renseignements techniques concernant l'incidence de l'environnement sur les ouvrages et les navires. Un grand nombre des projets recommandés par la CMS ont comme objet une amélioration des descriptions en termes d'études techniques. Les communications de la 2<sup>ème</sup> séance fourniront aux participants un échantillon de certaines des recherches en génie et des méthodes associées qui sont essentielles pour étendre aux projets réels les résultats de travaux de laboratoire ou d'analyses effectués à plus petite échelle.

#### "Interaction Icebergs-fond marin dans l'Antarctique"

**Dat Duthinh**

Chef de groupe, génie des glaces, C-CORE

**Michel Engler**

Directeur Expéditions Polaires Françaises

**Jean-François Regrettier**

Ingénieur de Recherche, Bureau Veritas

**L'auteur:** M. Dat Duthinh est le chef du Ice Engineering Group au C-CORE de l'Université Memorial de Terre-Neuve. Après avoir obtenu un PhD en

génie de l'université Cornell, M. Duthin a travaillé en génie des installations au large et dans l'Arctique pour l'Exxon Production Research et pour Petro-Canada avant de se joindre au C-CORE. Il s'est particulièrement intéressé aux recherches sur l'interaction glace-structures. Plus récemment il a dirigé des programmes de recherche visant à établir des critères de conception reliés à l'impact d'icebergs sur une structure à embase-poids ainsi qu'à l'impact de fragments d'icebergs et de glace de mer sur un bâtiment de production flottant.

**L'auteur:** Voir la séance 1 pour résumé de M. Michel Engler.

**L'auteur:** M. Jean-François Regrettier est ingénieur en recherche au Centre de recherche et développement du Bureau Veritas. Spécialisé en géophysique appliquée et en génie géotechnique, il a travaillé pendant plusieurs années pour le Territoire des terres australes et antarctiques français (TAAF) sur le comportement des brise-lames et des remblais, le soutènement des voies de roulement, les températures de l'acier et des matériaux composites dans les régions froides et la glace de mer. Depuis qu'il s'est joint au Bureau Veritas en 1988, il s'est surtout penché sur la température de service de l'acier et des matériaux composites et la distribution des température de service à l'intérieur des remblais en milieu polaire.

**Résumé:** Le Programme scientifique en coopération France/Canada sur l'interaction icebergs-fond marin dans l'Antarctique est examiné. L'objectif de la recherche consiste à mesurer des collisions d'icebergs avec le fond marin rocheux afin d'obtenir aux grandes échelles un aperçu de la résistance de la glace. Les collisions se produisent naturellement sous l'influence des vagues ou lorsque des icebergs dérivent ou bien sont remorqués dans des eaux moins profondes. Les formes des icebergs sont déterminées par l'obtention de profils au sonar, par photographie aérienne stéréoscopique et par photographie sous l'eau. Les déplacements des icebergs sont enregistrés au moyen d'un détecteur de mouvement suivant 5 axes et les forces de remorquage sont mesurées à l'aide d'un maillon de jonction instrumenté. De plus une tentative de mesure de l'aire de contact est effectuée au moyen d'une grille métallique déformable.

### "Interaction glaces-structures"

**Stephen Jones**

Chef, Laboratoire des navires arctiques, Institut de dynamique marine

**Paul Duval**

Directeur de Recherche, Laboratoire de Glaciologie et Géophysique  
de l'Environnement, CNRS

**L'auteur:** M. Stephen Jones est chef du laboratoire des navires arctiques à l'Institut de dynamique marine de St. John's (Terre-Neuve). Après son PhD

en physique à l'Université de Birmingham (1967), il est venu au Canada et il est entré à la Direction générale des eaux intérieures d'Environnement Canada, où il a fait des recherches sur les glaces dans le cadre de plusieurs projets. Bien que ces recherches aient surtout porté sur les propriétés mécaniques des glaces, il a aussi travaillé sur leurs propriétés électriques. En 1984, M. Jones est entré au Conseil national de recherches du Canada, au poste qu'il occupe actuellement. Il était responsable de l'installation du nouveau bassin de glace (inauguré en 1985) et il est maintenant en charge de son exploitation et des recherches qu'on y fait.

**L'auteur:** M. Paul Duval est Directeur de Recherche au laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement (LGGE) du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Après avoir obtenu un baccalauréat en sciences physiques et un doctorat en science des matériaux de l'Université de Grenoble, le Dr. Duval a enseigné à cette université pour trois ans avant de combler le poste de chercheur au CNRS dans le LGGE en 1969. Les recherches de M. Duval ont porté sur les processus de contrôle de régimes dans le fluage des glaces polycristallins, les processus de recristallisation de la glace composant les glaciers polaires; l'analyse des ruptures glaciaires, et l'analyse des effets de la glace sur les installations dans les régions côtières.

**Résumé:** On décrit brièvement plusieurs projets actuellement en cours au Conseil national de recherches du Canada. Certains sont faits en collaboration avec des chercheurs français, d'autres sont des projets conjoints, entrepris avec des organismes canadiens comme Transports Canada ou l'Université Memorial de Terre-Neuve.

A l'Institut de dynamique marine on fait des essais mécaniques sur des glaces artificielles et sur des glaces naturelles; des études connexes sont effectuées à Ottawa, à l'Institut de recherche en construction du CNRC. On fait des expériences sur les effets des glaces, au laboratoire et sur le terrain, et l'on étudie la modélisation des interactions entre les glaces et les structures, en se basant sur des essais effectués sur des navires et des structures, dans le bassin de l'Institut. Enfin, la dynamique des interactions glaces-structures a fait l'objet d'expériences sur de petites structures dans des glaces d'eau douce, au bassin de glace du CNRC à Ottawa.

### "Modélisation de glaces et de sols gelés dans des centrifugeuses"

**Donald Shields**

Professeur de génie civil, Université du Manitoba

**Jean-François Corte**

Chef de la Division Géotechnique Mécanique des Chaussées,  
Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

**L'auteur:** M. Donald Shields, ingénieur en génie civil, diplômé de l'Université

du Manitoba, du Imperial College et de l'Université de Manchester, est professeur de génie civil à l'Université du Manitoba. Il a travaillé 12 ans comme ingénieur-conseil et est maintenant enseignant depuis 17 ans (9 ans à l'Université d'Ottawa et 8 ans à l'Université du Manitoba). Les recherches actuelles de M. Shields portent sur la mesure in situ des propriétés des sols gelés et des glaces, sur la capacité latérale des pieux dans des sols gelés, sur la capacité portante des fondations en terrain incliné et sur la mesure in situ des contraintes dans les toits de mines. M. Shields a fait partie du comité des structures offshore de l'Association des routes et des transports du Canada. Il est ancien président de la Société canadienne de géotechnique et "fellow" de l'Institut canadien des ingénieurs.

**L'auteur:** M. Jean-François Corte, ingénieur, dirige actuellement la division de la géotechnique et des chaussées du laboratoire central des Ponts et Chaussées. Diplômé de l'Ecole Polytechnique, il a aussi un MSc de l'Université de Californie (Berkeley). Il a donné des cours de mécanique des sols à l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées, à l'Ecole normale supérieure de Cachan et à l'Université de Nantes. Il est secrétaire du comité technique sur les essais centrifuges de la Société internationale de mécanique des sols et des travaux de fondation. Il est membre de l'Association française du génie parasismique et de la Société française de mécanique des sols.

**Résumé:** On décrit des machines d'essais utilisées pour des études de centrifugation en génie civil, en particulier la machine à panier du Laboratoire central des Ponts et Chaussées (Nantes et Paris), et le tambour centrifuge de l'Université de Cambridge. Les centrifugeuses présentent de grands avantages, car les forces de gravité sont correctes, même si on travaille sur un modèle réduit de structure. On indique que l'on pourrait construire un modèle d'île mars d'Amoco, en Alaska, et que les études que l'on pourrait faire seraient des plus utiles. On discute du fait que les centrifugeuses ne peuvent pas accélérer le taux de déformation et on envisage diverses possibilités.

On estime que le comportement des glaces à court terme, notamment leur résistance, se prête mieux aux études par des méthodes centrifuges que les déformations à long terme propres à ce matériau évolutif. On décrit des exemples et on examine leurs avantages. Peu de centrifugeuses sont prévues pour travailler aux basses températures; on en donne les raisons et on propose des solutions. On examine les possibilités futures de recherche sur les glaces à l'aide de centrifugeuses.

## Séance 2

### **"Le comportement des sols gelés"**

**Roger Franck**

Chef de la Section Fondation, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

**Donald Shields**

Professeur de génie civil, Université du Manitoba

**L'auteur:** M. Roger Franck est le chef de la section des fondations du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC). Ingénieur civil, il est chargé de la recherche théorique et expérimentale sur les fondations et des essais in situ; des études de projets de fondations actuels et d'une gamme de projets de recherche présentement en cours en collaboration avec le Canada, le Brésil, la Chine, la Grèce, l'Italie, le R.-U. et les E.-U. Avant d'occuper son poste actuel au LCPC, il était professeur agrégé en mécanique des sols et en technique des fondations à l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées, à Paris.

**L'auteur:** Voir présentation précédente pour le résumé de M. D. Shields.

**Résumé:** Le comportement du sol gelé présente un intérêt sur le plan technique étant donné: 1) la présence de sol gelé naturel sur une grande partie du globe, et 2) la possibilité de geler artificiellement le sol pour permettre l'excavation dans un sol qui autrement serait instable. On décrit les effets exercés sur une vaste gamme de structures et sur leur construction par le sol gelé en permanence (pergélisol) et le sol gelé sur une base saisonnière. On explique pourquoi on fait geler le sol avant d'effectuer divers travaux techniques et on décrit la méthode adoptée à cette fin. On donne également des exemples.

On traite des propriétés connues du sol gelé et on analyse les conséquences de l'état de gel/dégel dans les sols. Les connaissances relatives au sol gelé et au processus de gel/dégel sont avancées, mais il reste encore beaucoup de questions sans réponses en ce qui concerne le comportement des sols gelés. On en donne une description et on propose des orientations futures en matière de R et D.

### **"Comportement des conduites enterrées"**

**Peter Williams**

Directeur, Laboratoires de sciences géotechniques, Université Carleton

**Michel Frémond**

Chef du Service Mathématiques, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

**J.P. Lauridou**

Directeur de Recherche, Centre de Géomorphologie, CNRS

**L'auteur:** Après avoir étudié la géographie à Cambridge et à Stockholm, le professeur Williams a passé 12 ans comme chercheur au Conseil national de recherches du Canada avant de se joindre à l'université Carleton en 1969. Depuis 1978, il dirige les laboratoires de sciences géotechniques de Carleton;

depuis 1982, il est aussi à la tête de l'équipe canadienne qui participe au Projet Canada-France sur l'engel du sol et les pipelines. Il a agi à titre de conseiller en géotechnique auprès du Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales, il a enseigné dans de nombreuses universités et dans de nombreux centres de recherches puis, en 1988, il a accepté la présidence du comité organisateur de la conférence sur la mise en valeur des hydrocarbures en milieu nordique.

**L'auteur:** M. Michel Frémond, Docteur ès Sciences, Ingénieur Civil de Mines est Chef du Service de Mathématiques au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. Ses travaux portent sur la Mécanique des Milieux Continus en génie civil, en particulier sur le Gel des Sols. Il a enseigné à l'Ecole Polytechnique et dans de nombreuses universités françaises et étrangères, en particulier à l'Université Carleton à Ottawa et à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. M. Frémond est membre du Comité National de la Recherche. Il est Lauréat du Concours Général et Lauréat de l'Académie des Sciences (Prix Pierson-Perrin).

**L'auteur:** M. J.P. Lautridou est spécialiste des effets des temps froids (anciens et récents) sur les terrains, et porte une attention particulière aux crevasses et fissures des rochers résultant des cycles de températures froides. Il est présentement Directeur du Centre de Géomorphologie du CNRS à Caen, où une installation expérimentale pour essais sur les sols gelés a été établie.

**Résumé:** L'auteur décrit une étude conjointe Canada-France des effets du soulèvement dû au gel autour d'un pipeline froid. L'expérience a été conçue pour permettre d'examiner scientifiquement le comportement fondamental des sols soumis à l'action du gel autour d'un pipeline. Les conditions expérimentales contrôlées s'appuient sur des études à l'action du gel; ces études ont été effectuées à l'Université Carleton et à l'Ecole Polytechnique.

L'auteur décrit un tronçon de conduite enterrée dans un labo à environnement contrôlé en Normandie (France). Les installations intérieures permettent de maintenir et d'observer avec beaucoup de précision certains paramètres expérimentaux relatifs à l'humidité et à la température du sol. Sont aussi examinées des expériences axées sur le comportement thermodynamique des sols soumis à l'action du gel. On s'est servi tant d'instruments classiques que d'instruments spécialement conçus pour enregistrer le soulèvement primaire et secondaire dû au gel. L'auteur décrit les résultats de la différence de comportement à l'intérieur de chacun des deux types de sols. L'expérience constitue une intéressante illustration du problème de soulèvement dû au gel; plus importante encore est toutefois l'explication donnée au sujet du comportement très particulier du gélisol en tant que matériau.

## Séance 3

### Séance 3: "Propriétés requises des matériaux"

#### Co-présidents de la séance

**Bill Roggensack**

Coordonnateur technique, C-FER

**Alain Le Bon**

Ingénieur en chef, Recherche-Développement, SOLLAC

**Président de la séance:** M. Bill Roggensack est coordonnateur technique au Centre for Frontier Engineering Research. Diplômé en génie civil de l'Université de l'Alberta (BSc 1970; PhD 1977), M. Roggensack a plus de 15 ans d'expérience comme expert-conseil pour les régions pionnières, se spécialisant en génie de l'Arctique et en géotechnique. Avant de se joindre au C-FER en 1987, il a travaillé pendant 12 ans chez EBA Engineering Consultants comme directeur de projet pour une variété de projets de mise en valeur des ressources des régions pionnières terrestres et marines, au Canada, en Alaska et ailleurs dans le monde. Il est actuellement membre du Sous-comité de génie géotechnique maritime du Conseil national de recherches.

**Président de la séance:** Alain Le Bon a travaillé pendant plusieurs années au IRSID en tant que chercheur métallurgiste, effectuant des recherches sur les déformations de matériaux causées par la chaleur, le laminage à chaud et à froid, les procédures de soudage, et la fatigue des métaux. M. Le Bon est présentement membre de SOLLAC, Direction de Recherche-Développement, et chargé des problèmes de métallurgie des installations.

**Résumé de séance:** Des matériaux qui ont un comportement satisfaisant dans un environnement tempéré peuvent n'être pas du tout adaptés aux régions froides. Il y a deux raisons à cela. Premièrement, le comportement des matériaux peut varier selon la température; de façon générale, les matériaux sont plus forts mais moins ductiles à mesure que baisse la température. Deuxièmement, l'environnement froid, ou plus précisément les écarts marqués de température peuvent créer dans la structure des tensions qui dépassent la capacité de résistance du matériau. Les documents de la deuxième séance examinent le comportement des sols gelés, des aciers et des chaussées bitumineuses. Ils résument également la méthodologie utilisée pour évaluer les effets des fluctuations thermiques sur les masses de sol.

### **"Transfert thermique dans les régions froides"**

**Anne-Marie Cames-Pinteaux**

Chercheur, Laboratoire d'Aérothermique, CNRS

**Jaime Aguirre-Puente**

Chef du Congélation-Sublimation, Laboratoire d'Aérothermique, CNRS

**Laurel Goodrich**

Agent supérieur de recherche, Section de géotechnique, Institut de recherche en construction, CNRC

**L'auteur:** Mme. Anne-Marie Cames-Pinteaux est Docteur ès Sciences (Paris 6), habilitée à diriger les recherches et Maître de conférence à l'Université de Reims. Elle enseigne les Mathématiques et l'Informatique à l'I.U.T. et la Thermique à la Faculté des Sciences. Mme. Cames-Pinteaux est également enseignant-chercheur au C.N.R.S. dans le groupe 'Congélation-Sublimation' du Laboratoire d'Aérothermique. Elle travaille en particulier sur les modélisations des problèmes de changement de phase en régime, stationnaire ou instationnaire.

**L'auteur:** M. Jaime Aguirre-Puente, Ingénieur Civil, Docteur-Ingénieur et Docteur ès Sciences, est actuellement Directeur de Recherche au Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) et responsable du Groupe 'Congélation-Sublimation' au Laboratoire d'Aérothermique au C.N.R.S. (Meudon). Depuis 1963, il poursuit des recherches sur le transfert de chaleur et de masse, avec changement de phase, dans les milieux dispersés. Ces recherches trouvent application dans le génie civil, l'ingénierie polaire, et le génie agro-alimentaire. Il est Président de l'Association Française du Pergélisol et membre du Conseil de l'International Permafrost Association.

**L'auteur:** M. Laurel Goodrich est agent supérieur de recherche à la Section de géotechnique de l'Institut de recherche en construction du CNRC. M. Goodrich a obtenu son PhD à l'Université McGill et a travaillé au CNRC pendant les 24 dernières années. Il a participé activement à la mise au point et à l'application de techniques de modélisation numérique des processus thermiques associés aux changements de phase. Ses travaux ont porté sur les techniques de modélisation du régime thermique du sol, des problèmes associés au gel du sol et de la performance thermique des structures installées sur le pergélisol. Plus récemment, il a démontré l'efficacité de l'utilisation de la technologie de la pompe de chaleur couplée au sol pour stabiliser les fondations sur le pergélisol. Il dirige actuellement deux projets de démonstration à l'échelle réelle de la stabilisation des fondations de dalles sur le sol, en cours dans le nord du Canada, l'un dans la zone continue de pergélisol et l'autre dans la zone où le pergélisol est discontinu.

**Résumé:** Le programme actuel de recherche conjointe entre le Laboratoire d'Aérothermique du CNRS, Meudon et l'Institut de recherche en

### Séance 3

construction du CNRC, Ottawa consiste en deux projets de courte durée dont le premier a pour objectif la mise au point d'un programme sur ordinateur pour les transferts thermiques instationnaires bi-dimensionnels, tandis que le deuxième concerne les mesures de propriétés thermiques des argiles à très basse température.

Le programme d'ordinateur est basé sur une méthode numérique qui offre certains avantages pour le calcul des problèmes avec interfaces mobiles, en particulier ceux avec changement de phase. Cette méthode qui, jusqu'ici, n'avait été exploitée que dans les cas uni-dimensionnels, permet de suivre l'évolution d'un front de changement de phase avec une grande précision tout en minimisant le temps de calcul. Pour cette raison la technique paraît avantageuse pour l'exploitation sur micro-ordinateur. Une version finale du programme est envisagée ultérieurement pour des applications géotechniques.

Une série de mesures de la conductivité thermique de l'argile LEDA a été effectuée au laboratoire du CNRC pour des températures allant de -20° C à -195° C. Les résultats indiquent une augmentation substantielle à partir de -50° C.

#### **"Propriétés requises des aciers utilisés dans l'Arctique"**

**A. Bigonnet**

Ingénieur de Recherche, IRSID

**Bill Tyson**

Coordonnateur, Programme des laboratoires de la technologie des métaux, CANMET

L'auteur: M. A. Bigonnet est ingénieur de l'E.N.S.M. de Nantes et diplômé de l'Ecole Polytechnique de Montréal (MSc). Il est ingénieur au service essai-mécanique-fatigue de l'Institut de Recherche de la SIDérurgie française (IRSID), chargé notamment depuis 1980 des études du comportement en fatigue de l'acier dans les structures offshore.

L'auteur: M. Bill Tyson est coordonnateur du Programme des laboratoires de la technologie des métaux de CANMET sur les matériaux comprenant des structures marines, les navires, les pipe-lines, les navires contenant du gaz comprimé et le matériel d'exploitation minière. M. Tyson fait de la recherche sur les propriétés mécaniques de l'acier depuis qu'il travaille au CANMET et il étudie les aspects généraux des mesures de contrôle des fractures depuis 1980.

**Résumé:** Le document décrit les travaux récents de CANMET, le Laboratoire national du Canada sur les métaux. Division de Energie, Mines et Ressources Canada, CANMET s'intéresse à l'utilisation des aciers dans les régions arctiques, du point de vue de la rentabilité et de la sécurité environnementale. Le document traite de la recherche sur les propriétés de l'acier à faible

température et sur les soudures exécutées en laboratoire par CANMET et appliquées dans l'industrie et dans les universités.

L'évaluation de la résistance du métal soudé, la fatigue due à la corrosion, la résistance aux fractures et la corrosion des joints sont quelques-uns des sujets auxquels s'est récemment intéressée CANMET. Conjointement avec l'industrie, CANMET a produit, soudé et testé des aciers afin d'en évaluer les propriétés et la résistance à la corrosion. On commence à appliquer l'expérience acquise aux critères de sélection des navires utilisés dans l'Arctique. Le Canada et la France collaborent, dans ce contexte, à l'échange d'information et de personnel.

### **"Protection des chaussées dans les régions froides"**

**Anthony Beaty**

Professeur de génie civil, Royal Military College

**Michel Engler**

Directeur, Expéditions Polaires Françaises

L'auteur: M. Anthony Beaty a obtenu un doctorat en génie civil à l'Université de Nottingham (1965) et, après avoir occupé plusieurs postes d'ingénieur en Grande-Bretagne et au Canada, il est devenu professeur à l'Université de Dundee en 1972. En 1978, il a été nommé professeur associé en génie civil au Royal Military College de Kingston (Ontario) où il est responsable des techniques de la construction routière et du transport et où il mène des recherches sur le revêtement bitumineux des pistes d'envol dans l'Arctique. Il a présenté des conférences tout autour du monde et a agi comme conseiller spécial auprès des gouvernements de plusieurs pays. M. Beaty a entrepris l'étude de nombreux aspects du revêtement des routes et il étend actuellement son travail aux basses températures plus représentatives des régions polaires et sub-polaires.

L'auteur: Voir la séance 1 pour le résumé de M.M. Engler.

**Résumé:** Depuis 1982, le problème général du revêtement des routes et des pistes d'envol dans l'Arctique canadien et le problème particulier de la piste d'envol de la Station des Forces canadiennes Alert sont étudiés au Royal Military College au moyen d'essais en laboratoire et d'essais à l'échelle réelle sur le terrain. Ces travaux sont examinés et la mise au point d'une technologie du revêtement bitumineux à basse température est décrite. Divers problèmes communs aux routes et aux pistes d'envol arctiques sont présentés.

Des travaux exhaustifs en matière de revêtement bitumineux menés au laboratoire Central des Ponts et Chaussées complètent l'expérience du RMC dans le Nord canadien. Les travaux français, qui portent à la fois sur les régions montagneuses de la France métropolitaine et sur les territoires antarctiques français, sont décrits. On propose d'associer les compétences

### Séance 3

et l'expérience canadiennes et françaises pour mettre au point une technologie du revêtement à basse température appropriée aux régions polaires et sub-polaires, qui serait soumise à des essais comparatifs dans l'Antarctique française et dans l'Arctique canadien. Une vaste gamme de problèmes à étudier dans le cadre de ce projet conjoint est présentée.

#### "Plates-formes flottantes en béton pour la côte est du Canada"

**C. Valenchon**

Chef de Projets Ingénieries, Bouygues Offshore

**C. Putot, B. Molin**

Chefs de Projets, Institut Français du Pétrole

**D. Duthinh**

Chef de groupe, génie des glaces, C-CORE

**L'auteur:** M. C. Valenchon est diplômé de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Il a commencé sa carrière comme ingénieur de travaux pour la société DORIS (plates-formes en béton pour la mer du nord.) Il est actuellement chef de projet ingénierie chez Bouygues Offshore pour plate-forme gravitaire destinée à l'arctique, et semi-submersible de production en béton pour la cote est du Canada.

**L'auteur:** M. C. Putot est diplômé de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris (1971) et Docteur Ingénieur de l'Université Pierre et Marie Curie, Paris. Il est actuellement Chef de projet à l'Institut français du pétrole (Paris), responsable du projet: arctic offshore engineering. Il participe également aux études du pipe flexible: Coflexip.

**L'auteur:** M. B. Molin est diplômé de l'Ecole Polytechnique de Paris et de l'Université de Californie (Berkeley): MSc d'architecture navale. Il est également docteur ingénieur (ENSM Nantes). Actuellement, il est Chef du Projet 'Hydrodynamique des structures en mer' de l'Institut français du pétrole (Paris). Ses recherches traitent essentiellement de l'hydrodynamique non-linéaire et portent également sur le développement de modèles informatiques pour l'industrie de l'offshore.

**L'auteur:** Voir la séance 2 pour le résumé de M. Dat Duthinh.

**Résumé:** NEKTON 8000 est un système de production de pétrole flottant qui peut être exploité dans les durs environnements de la mer du Nord ou les eaux infestées de glaces au large de Terre-Neuve. Le système de production flottant, mis au point par un groupe français formé par Bouygues Offshore, l'Institut français du pétrole et Alsthom-Ateliers et Chantiers de Bretagne, est décrit.



**Séance 4: "Exigences de code pour navires et structures"**

**Co-présidents de la séance**

**Jack Clark**

Directeur, C-CORE

**G. Huard**

Vice-Président, Bouygues Offshore

**Présidents de la séance:** Voir séances précédentes pour les résumés de M. J. Clark et de M. G. Huard.

**Résumé de la séance:** Les résultats des recherches sur les navires et les structures marines sont présentés sous la forme d'exigences de code. Il y a parfois un long décalage entre la réalisation des travaux de recherche et l'établissement, la vérification et l'adoption finale d'exigences de code en découlant. La présente séance renferme deux exemples de tels efforts et permet de faire ressortir les différences de style des deux pays.

**"Code de l'Association canadienne de normalisation pour les structures marines"**

**Peter Adams**

Président, Université Technique de Nouvelle-Ecosse

**L'auteur:** Voir la séance 1 pour le résumé de M. P. Adams.

**Résumé:** Le Comité directeur de normalisation des structures offshore de l'Association canadienne de normalisation (ACNOR) a été créé en 1984 en vue de mettre au point un code pour la conception, la construction, l'installation et l'enlèvement des structures marines. La préparation du code a été entreprise sur demande de l'Administration de pétrole et du gaz des terres du Canada (APGTC); le travail est parrainé par l'APGTC, l'industrie pétrolière canadienne et des fabricants et fournisseurs de matériel marin. Le travail du Comité directeur est décrit et comprend une explication du mandat et des responsabilités des cinq comités techniques qui en relèvent. Le rôle du Comité sur la vérification de la conception est aussi passé en revue. Le point est aussi fait sur les réalisations et les orientations futures.

**"Règles Veritas pour les structures marines et les navires"**

**D. Béghin**

Directeur Constructions Neuves, Bureau Veritas

**P. Besse**

Adjoint au Directeur, Technologie Océanique, Bureau Veritas

**L'auteur:** M. D. Béghin est Directeur de la Division des Nouvelles Constructions de la Branche Marine du Bureau Veritas (Paris). Il a travaillé

pendant 9 ans à Alstom-Chantiers de l'Atlantique avant d'entrer au Bureau Veritas en 1982. D. Béghin est spécialiste en design de coques de navires et Développement de Règles pour les navires en acier.

**L'auteur:** M. Pierre Besse est diplômé de l'Ecole centrale de Paris en génie civil et en mécanique des sols. Après ses études, il s'est joint au Groupe Ménard, entreprise spécialisée en génie des sites et des fondations. Il s'est joint au Bureau Veritas en 1978, au sein de la Division de la technologie offshore, et est responsable de la certification des projets offshore, autant des unités mobiles que des plates-formes fixes. Il est actuellement gestionnaire adjoint de la Division de génie de la Division de la technologie offshore.

## Séance 5

### Séance 5: "Orientations futures des programmes de recherche conjoints"

#### Co-présidents de la séance

**Peter Adams**

Président, Université Technique de Nouvelle-Ecosse

**Michel Huther**

Directeur Recherche et Développement, Bureau Veritas

**Présidents de la séance:** Voir séances précédentes pour les résumés de M.P. Adams et de M.M. Huther.

**Résumé de la séance:** La dernière séance portera sur l'avancement du programme en matière de technologies des régions froides approuvé par la Commission mixte scientifique de mai 1988. Le contenu des projets de recherche conjoints décrits au cours de l'atelier sera évalué. Un comité présentera des possibilités d'extension des projets en cours et de création de nouveaux projets; une discussion générale permettra de dégager les orientations futures du programme conjoint. Enfin, des commentaires seront présentés par des représentants des gouvernements et par les co-présidents de l'atelier.

#### "Evaluation des programmes existants"

**Maurice Dusseault**

Professeur de sciences de la terre, Université de Waterloo

**L'auteur:** Maurice Dusseault est professeur de sciences de la terre à l'Université de Waterloo. Diplômé en génie civil de l'Université de l'Alberta (BSc 1971; PhD 1977), M. Dusseault possède une expérience variée comme expert-conseil, enseignant et chercheur. Il s'est acquis une renommée mondiale comme expert en géomécanique par la publication de plus de 100 ouvrages en génie des sables pétrolifères, sur les procédés d'extraction in situ et sur le traitement des déchets miniers. Il a aussi fait de la recherche sur le comportement des salites et fourni des avis sur la conception des ouvertures souterraines dans ces matériaux. Avant de se joindre à la faculté de l'Université de Waterloo en 1982, M. Dusseault a occupé une chaire de recherche de l'AOSTRA à l'Université de l'Alberta. Il est actuellement en congé sabbatique et travaille comme scientifique invité au Département de recherche de la Société nationale Elf-Aquitaine (Production) à Pau en France.

**Thème de discussion:** orientations futures.

**Résumé:** Un comité des délégués à l'atelier présentera un éventail de nouveaux projets conjoints possibles portant sur:

- les températures d'utilisation des aciers et des composites;

## Les technologies des régions froides

- les matériaux composites en construction navale;
- les structures composites acier/béton;
- la distribution de la grosseur des floes dans le secteur français des mers du Sud;
- les vagues dues au vent et les émissions acoustiques associées;
- les propriétés des sols riches en glace;
- fissuration des roches soumises à des cycles de gel;
- et autres.

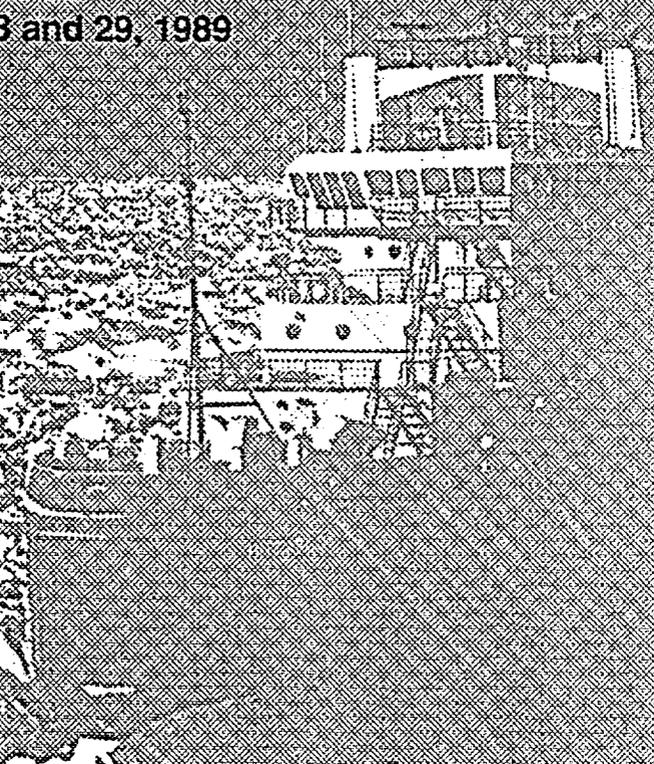
stor  
CA1  
EA444  
89C57  
EXF

# Regions Technology: Bilateral Workshop

---

...initiative under the Canada/France  
Science and Technology Cooperation Program

Paris, France  
March 28 and 29, 1989



Sponsored by External Affairs Canada

# Cold Regions Technology: A Bilateral Workshop

.62390851(E)  
.62390863(F)

An Initiative under the Canada/France  
Science and Technology Cooperative Program

Paris, France  
March 28 and 29, 1989

43-260-487 / 43-260-486.

Dept. of External Affairs  
Min. des Affaires extérieures

NOV 12 1991

RETURN TO DEPARTMENTAL LIBRARY  
RETOURNER A LA BIBLIOTHEQUE DU MINISTERE

Sponsored by External Affairs Canada

## **Program: Cold Regions Technology**

**SESSION 1: 9:00 a.m., Tuesday, March 28, 1989**  
**"RESEARCH CAPABILITIES"**

### **Government Greetings**

**Jean Allely**

Sous-Directeur des Opérations Géographiques, Ministère des  
Affaires Etrangères

**Paul Beaulieu**

Science and Technology Counsellor, External Affairs Canada

### **Remarks by Workshop Co-Chairmen**

**Peter Adams**

President, Technical University of Nova Scotia

**Michel Huther**

Directeur R&D, Bureau Veritas and Secrétaire de DIPOL

### **Oil and Gas Opportunities In the Canadian North**

**Ian Doig**

Energy Analyst, Calgary

### **The Past and Future of the Antarctic**

**Michel Engler**

Directeur, Expéditions Polaires Française

### **Canadian Research Capabilities for Cold Regions Development**

**Jack Clark**

Director, Centre for Cold Ocean Resources Engineering

**Ted Rudback**

Executive Director, Transportation Development Centre

### **French Research Capabilities for Cold Regions Development**

**G. Huard**

Vice-President, Bouygues Offshore et President de DIPOL

**Michel Huther**

Directeur R&D, Bureau Veritas et Secrétaire de DIPOL

### **LUNCH**

**SESSION 2: 2:00 p.m., Tuesday, March 28, 1989**  
**"STRUCTURES AND THE ENVIRONMENT"**

### **Remarks by Session Co-Chairmen**

**Francois Tavenas**

Dean, Science and Engineering, Laval University

**Mme M. Brachet**

Secrétaire Exécutif, Ministère de la Recherche et de la Technologie

### **Antarctic Iceberg-Seabed Interaction**

**Jean-Francois Regrettier**

Ingénieur de recherche, Bureau Veritas

**Michel Engler**

Directeur, Expéditions Polaires Françaises

**Dat Duthinh**

Group Leader, Engineering, C-CORE

## Program: Cold Regions Technology

### **Ice-Structure Interaction**

**Stephen Jones**

Head, Arctic Vessel Laboratory, Institute for Marine Dynamics

**Paul Duval**

Directeur de Recherche, Laboratoire de Glaciologie et  
Géophysique de l'Environnement

### **Modelling of Ice and Frozen Soil in Centrifuge Units**

**Don Shields**

Professor of Civil Engineering, University of Manitoba

**Jean-Francois Corte**

Chef de la Division Géotechnique Mécanique des Chaussées,  
Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

### **Behaviour of Frozen Soils**

**Roger Franck**

Chef de la Section Fondation, LCPC

**Don Shields**

Professor of Civil Engineering, University of Manitoba

### **Behaviour of Buried Pipelines**

**Peter Williams**

Director, Geotechnical Science Laboratories, Carleton University

**Michel Fremond**

Chef du Service Mathématiques, Laboratoire Central des Ponts  
et Chaussées

**J.P. Lautridou**

Directeur de Recherche, Centre de Géomorphologie, CNRS

### **RECEPTION**

Sponsored by the Canadian Embassy, Paris

**SESSION 3: 9:00 a.m., Wednesday, March 29, 1989**

**"MATERIAL REQUIREMENTS"**

### **Remarks by Session Co-Chairmen**

**Bill Roggensack**

Engineering Coordinator, C-FER

**Alain de Bon**

Ingénieur en chef, Recherche-Développement, SOLLAC

### **Heat Transfers at Low Temperatures**

**Anne-Marie Cames-Pinteau**

Chercheur, Laboratoire d'Aérothermique, CNRS

**Jaime Aguirre-Puente**

Chef du Congélation-Sublimation, Laboratoire d'Aérothermique, CNRS

**Laurel Goodrich**

IRC Geotechnical Section, NRC

## **Program: Cold Regions Technology**

### **Requirements for Steels for Arctic Use**

**A. Bignonnet**

Ingénieur de Recherche, IRSID

**Bill Tyson**

Coordinator for Materials for Resource Industries, Metals  
Technology Laboratories

### **Protection of Pavement in Cold Regions**

**Anthony Beaty**

Professor of Civil Engineering, Royal Military College

**Michel Engler**

Directeur, Expéditions Polaires Françaises

### **Concrete Floating Platforms for the East Coast of Canada**

**C. Valenchon**

Chef de Projets ingénieries, Bouygues Offshore

**C. Putot, B. Molin**

Chefs de Projets, Institut Français du Pétrole

**D. Duthinh**

Group Leader, Ice Engineering, C-CORE

## **STEERING COMMITTEE MEETING**

### **LUNCH**

**SESSION 4: 2:00 p.m., Wednesday, March 29, 1989**

**" MARINE CODE REQUIREMENTS"**

### **Remarks by Session Co-Chairmen**

**Jack Clark**

Director, C-CORE

**G. Huard**

Vice-President, Bouygues Offshore

### **Canadian Standards Association Code for Offshore Structures**

**Peter Adams**

President, TUNS

### **Bureau Veritas Rules for Offshore Platforms and Ships**

**D. Beghin**

Directeur Constructions Neuves, Bureau Veritas

**P. Besse**

Adjoint au Directeur, Technologie Océanique, Bureau Veritas

## Program: Cold Regions Technology

**SESSION 5:** 3:00 p.m., Wednesday, March 29, 1989  
**"FUTURE DIRECTIONS FOR JOINT RESEARCH PROGRAMS"**

### **Remarks by Co-Chairmen**

**Peter Adams**  
President, TUNS  
**Michel Huther**  
Directeur R&D, Bureau Veritas

### **Assessment of Existing Program**

**Maurice Dusseault**  
Professor of Earth Sciences, Waterloo University

### **Panel Discussion and Review of Possible New Topics**

Service Temperatures for Steel and Composites  
Composite Materials for Marine Structures  
Steel-Concrete Composite Structures  
Service Temperatures for Structures on Space  
Floe Size Distributions in the French Sector of the  
Southern Ocean  
Backscattering Properties of Young Snow-covered Sea Ice  
Coupled Rigid Body/Flexural Response of a Single Ice Floe  
to Ocean Waves  
Wind Generated Waves and Associated Accoustic Emissions  
Properties of Ice-Rich Soils  
Cracking of Rocks under Frozen Cycles  
Concrete Space-Frame for Arctic Structures

### **Final Comments**

**Peter Adams**  
President, TUNS  
**Michel Huther**  
Directeur R&D, Bureau Veritas

### **Closure**

## Introduction to the Workshop

### "Introduction to the Workshop"

**Peter Adams**

President, Technical University of Nova Scotia

**Michel Huther**

Directeur Recherche et Développement, Bureau Veritas

Cold regions have held a fascination for adventurers and explorers throughout history. As technology has provided improved and, in some cases, softer lifestyles for those resident in temperate climates, the cold regions of the world have increased their magnetic attraction. Operations and developments that are routine in warmer regions require all of the expertise and resourcefulness available when performed in the cold, isolated spaces that make up the Arctic and Antarctic regions of this planet.

Countries that have operated in cold environments have developed expertise and organizational structures that may be of interest in other cold regions. Anticipated natural resource projects in the Soviet Arctic and the continued probing of the Antarctic will provide fruitful opportunities for continuing development. The same talents and skills that are required for success in the polar regions can also be used in other environments that are characterized by isolation or by extreme environmental factors. The difficult communications and high pressures faced in underwater operations or the remoteness and extreme temperatures faced in space offer opportunities to use existing technologies for the benefit of the countries involved.

France has long been a leader in ocean operations. Underwater exploration, shipbuilding and modern submarine construction are just some of the fields in which French industrial concerns have carved out leading positions. France also leads in the European approach to space. Her expertise in the field of aeronautics has been applied to a number of space related projects.

Canada, on the other hand, has had a long history of operations in the Arctic. The Beaufort Sea environment, for example, is characterized by massive ice features creating pressures several thousand times those encountered in normal construction situations. In addition, temperatures in these regions are typically well below those encountered in the populated areas of the world and the design temperatures may range as low as  $-50^{\circ}\text{C}$ . Under these conditions, steel may behave like glass and even simple operations require the wisdom of Solomon and the patience of Job.

It makes great sense, then, for Canada and France to engage in this joint workshop on Cold Regions Technology. An examination of the prospects for development in both the Arctic and Antarctic will provide a feel for projects that may evolve over the next decade. A review of the research capabilities resident in the two countries will focus efforts on filling the "technological gaps" that remain; a review of existing cooperative projects will provide a base from which to work together on future programs.

### Canada/France Scientific Mixed Commission

The bilateral workshop on Cold Regions Technology is an initiative of the Canada/France Scientific Mixed Commission (SMC), established in 1973 by the governments of Canada and France under the umbrella of their bilateral agreement on science and technology. The mandate of the SMC is to promote through collaborative projects or exploratory missions activities intended to result in scientific and technological advances of potential industrial or economic benefit. The Canadian Department of External Affairs and the French Ministry of Foreign Affairs are responsible for the overall coordination of SMC-approved programs. The SMC itself meets every two years in order to ensure the supervision and orientation of the bilateral agreement.

A wide range of programs has been developed by the SMC during the past ten years to promote joint research in selected areas including space and oceanology; biotechnology; information technology; new materials; and cold regions technology. Exchange programs; post-doctoral grants; inter-university agreements; inter-governmental agency agreements and a variety of other activities have all been designed to enhance cooperation in these priority areas. According to the proceedings of the Seventh Session of the SMC (Paris, May 1988), the "projects prepared for the SMC and submitted for the evaluation of French and Canadian experts demonstrate the vitality of a constantly expanding system of scientific cooperation."

Included in this expanding system of scientific cooperation is cold regions technology, an area recently identified as a potential priority by the SMC. Joint research projects in cold regions research examined by the SMC at its 1988 meeting were divided into three categories: operations in progress, new operations and prospective operations.

Three major initiatives are currently included in the operations in progress: ice/structure interaction, focussed specifically on ice-breakers and platforms in polar regions; experimental simulation and theoretical modelling of the freezing process and of the freezing-thawing of soils; and, heat transfer in cold regions. New research projects now being initiated include the measurement of the impact of an iceberg on sea floor; the study of the protection of pavement in cold regions; and engineering of frozen soils and ice. Proposed operations being considered include the corrosion of steels under arctic conditions; the development of a drum centrifuge for the study of ice; and, finally, the workshop on Cold Regions Technology.

### The Workshop

The Workshop on Cold Regions Technology will cover a two-day period and will be divided into five main sessions, each devoted to a specific aspect of cold regions technology.

Session 1, Research Capabilities, will set the stage for the workshop, by

## Introduction to the Workshop

introducing participants to the wide range of research activities in progress in both Canada and France. In addition, keynote speakers will discuss various opportunities for development in the Arctic and Antarctic. Session 2, **Structures and the Environment**, will provide participants with a sampling of engineering research and the associated methodology which is essential in extending the results of analytical and small-scale laboratory work to actual projects. Session 3, **Material Requirements**, will examine behaviour of frozen soils, of steels and of bituminous pavements. In addition, the methodology for determining the effect of thermal changes on soil masses will be outlined. In Session 4, **Marine Code Requirements**, the results of research work related to ships and to offshore structures is presented in the form of code requirements, contrasting the styles used in Canada and France. Session 5, **Future Directions for Joint Research Programs**, concludes the workshop with an assessment of current projects and a panel discussion which will attempt to obtain direction for the future of joint Canada/France research programs.

The workshop has been organized by a joint steering committee comprised of representatives of both Canada and France. The mandate of this steering committee is to assess existing projects; to listen very carefully to comments from experts in attendance; to assess ideas for new projects and to weigh the value of these in the light of emerging technological needs and opportunities; and, finally, to recommend to the two sponsoring government agencies a profitable course of action.

Canadian representatives on the joint steering committee are:

- Peter Adams (Co-Chairman), President, Technical University of Nova Scotia, Halifax, Nova Scotia;
- Jack Clark, Director, Centre for Cold Ocean Resources Engineering, St. John's, Newfoundland;
- Paul Dufour, Trade Commissioner, External Affairs Canada;
- Bill Roggensack, Engineering Coordinator, Centre for Frontier Engineering Research, Edmonton, Alberta; and
- François Tavenas, Dean, Faculty of Science and Engineering, Université Laval, Laval, Quebec.

French members of the joint steering committee are:

- Michel Huther (Co-Chairman), Director of Research and Development Centre, Bureau Veritas;
- Mme. M. Brachet, Secrétaire Exécutif, Ministère Recherche et Technologie;
- M. Engler, Directeur, Expéditions Polaires Françaises;
- M.J. Nougier, Conseiller Scientifique, Ambassade de France au Canada; and
- M.G. Huard, Vice-Président, Bouygues Offshore.

### Workshop Organizers

The Centre for Frontier Engineering Research (C-FER) is a not-for-profit research institute currently located on the University of Alberta campus in Edmonton, Alberta. Established in 1983 with funding from the Devonian Group of Charitable Foundations, the Government of Alberta and the private sector, its mandate is to undertake research related to the safe and economical development of Canada's frontier petroleum resources. Research at the Centre is focussed on two areas: Offshore Structures and Downhole Tubular Systems. Construction of an \$18 million state-of-the-art Test Facility designed to greatly enhance C-FER's research capabilities is scheduled to begin in May of 1989.

The Group for the Development of Industries in Polar Regions (DIPOL) is a consortium of French industry, research and government related agencies established in 1987 in order to coordinate efforts related to the development of polar regions specifically in five areas: polar environments; soils and rocks in polar environments; ice-structure interaction; materials for cold regions; and structural concepts. The aim of DIPOL is to enhance the coordination of research progress, to organize the exchange of scientific and technological information on completed R&D, and to initiate future cooperative research initiatives on a national and international level.

### Acknowledgements

The Bilateral Workshop on Cold Regions Technology is sponsored by External Affairs Canada in cooperation with C-FER and DIPOL and is an initiative approved by the Canada/France Scientific Mixed Commission. In addition, support has come from the French Ministry of Foreign Affairs, the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada, and the institutions of origin of the participants in the workshop.

**Session 1: "Research Capabilities"**

**"Opening Remarks: Cold Regions Technology"**

**Jean Allely**

Sous-Directeur des Opérations Géographiques, Ministère des Affaires  
Étrangères

**Paul Beaulieu**

Science and Technology Counsellor, External Affairs Canada

**Speaker:** Jean Allely is Associate Director of Geographic Operations in the French Ministry of Foreign Affairs.

**Speaker:** Paul Beaulieu has had many years experience in international scientific relations. In his current role as Science and Technology Counsellor with the Canadian Embassy, he is responsible for facilitating and developing technology transfer between French and Canadian firms; promoting scientific cooperation relevant to the economic development of both countries; and gathering information on scientific programs and R&D trends in government departments and research centres in France.

**Workshop Co-Chairmen**

**Peter Adams**

President, TUNS

**Michel Huther**

Directeur Recherche et Développement, Bureau Veritas

**Workshop Co-Chairman:** Peter Adams is an internationally-recognized structural engineer who holds a doctorate in civil engineering from Lehigh University. He was a member of the University of Alberta Department of Civil Engineering from 1960 until 1988 and served as Dean of Engineering from 1976 until his appointment as founding President of the Centre for Frontier Engineering Research in 1984. Dr. Adams serves on several national and international bodies involved in the development of standards for steel structures. He left C-FER in January of 1989 to become President of the Technical University of Nova Scotia in Halifax.

**Workshop Co-Chairman:** Michel Huther is Director of the Research and Development Centre at Bureau Veritas. With degrees in mechanical engineering and naval architecture, he spent two years with the French navy prior to joining Bureau Veritas in 1969 to develop classification rules, structural FEM calculations and sloshing problems. In 1976 he was named as head of the company's Marine R&D Department. In his current capacity he is in charge of the following activities: structural reliability; composite materials; transient and non-linear dynamics; control and monitoring of structures; control procedures; and expert systems.

**Session Abstract:** This initial session is intended to introduce the participants to the wide range of research activities in progress. It is intended that unique facilities and programs will be described. This session, together with keynote presentations on arctic and antarctic opportunities for development, should provide workshop participants with an overview of cold regions considerations.

### **"Oil and Gas Opportunities in the Canadian North"**

**Ian Doig**

Energy Analyst, Calgary

**Author:** A graduate of Dalhousie University in Halifax, Ian Doig has been directly associated with the Canadian oil industry for nearly 30 years and has an extensive knowledge of and contact with Canadian and U.S. energy policy makers at the federal, provincial and state levels. Mr. Doig has closely followed the world size Canadian east coast and Beaufort Sea/Mackenzie Delta plays for the past 20 years and has written and published major reports discussing their unfolding situations and potentials. His wide base of knowledge in the Canadian oil industry is balanced by his studies of the North Sea and Australian oil plays. Mr. Doig has lectured in Canada, the United States and in Europe and has advised a broad cross-section of the Canadian industry in regards to dealings with government. He has often appeared as an expert witness on energy matters before Canadian and U.S. government bodies.

**Abstract:** Lying at the mouth of North America's third largest river system, the Beaufort Sea/Mackenzie Delta area in the Canadian north is as yet another cross-over point. Since oil and gas exploration drilling commenced in the early 1960s, the area has been on a continual roller coaster of highs and lows. Now in a low cycle, its strategic importance is about to take off again.

With North American supply/demand balance of light/medium oils undergoing an upheaval and with the Canada/U.S. free trade agreement now in place, the major companies are renewing their data bases on the Canadian north. Helping this out is the application now in process to export natural gas reserves out of the Mackenzie Delta and an oil project in the Beaufort Sea which needs another push to make it to the development stage. Waiting in the wings is the Arctic National Wildlife Refuge. Depending on how the U.S. resolves this issue, joint Canada/U.S. exploration, development and transportation projects are poised to come to light in the next decade.

Mr. Doig takes the audience quickly through the past, comments on the politics of the present and gives his views on the future of the oil and gas industry in the Canadian north.

## Session 1

### **"The Past and Future of the Antarctic"**

**Michel Engler**

Directeur, Expéditions Polaires Françaises

**Author:** A graduate of Toulouse (ENSC), Michel Engler has worked for ten years as a specialist in soil mechanics and geotechnical engineering. He joined the French Austral and Antarctic Territories (TAAF) in 1985 and is currently responsible for its Polar Engineering program and Project Manager of Terre Adélie airfield. He is also Director of the French Polar Expeditions.

**Abstract:** Antarctica is the only continent to be mainly directed towards scientific research, with geophysics, glaciology, geology and biology the principal areas of investigation. Current efforts in scientific research are resulting in important technological advances. Managers of national antarctic programs must now initiate study projects and research in areas of engineering technology and applied sciences, specifically as these relate to antarctic operations and logistics. In the wake of the anticipated new Antarctic treaty, new possibilities will offer private operators increased involvement in the Antarctic frontier. However, the offshore industrial venture in Antarctica is likely to be restricted, making north/south co-operation between science and industry increasingly advantageous.

### **"Cold Regions Engineering and Research Capabilities in Canada"**

**Jack Clark**

Director, Centre for Cold Ocean Resources Engineering

**Ted Rudback**

Executive Director, Transportation Development Centre

**Author:** Jack Clark is one of Canada's foremost geotechnical engineers. After many years with R.M. Hardy & Associates and Golder Associates, he became Director of the Centre for Cold Ocean Resources Engineering at Memorial University of Newfoundland in 1984. Dr. Clark has had a long-standing association with both the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC) and the National Research Council (NRC). A Fellow of the Engineering Institute of Canada (EIC) and of the Canadian Society of Civil Engineers, he received the 1983 Legget Award from the Canadian Geotechnical Society for his achievements in and contributions to geotechnical engineering in Canada. In 1987 he was awarded the Julien Smith Medal by the EIC in recognition of his outstanding achievements in the development of Canada.

**Author:** Ted Rudback is Executive Director of Transport Canada's Transportation Development Centre (TDC). An electrical engineer, he worked as a consulting engineer doing systems design of radio, television, audio and communications facilities for several years before applying his

communications and electronics experience to transportation as a development engineer involved in vessel traffic management with the St. Lawrence Seaway Authority. In 1974 he joined the TDC as a project officer; he became Division Chief in 1977 and Executive Director in 1983. He is responsible for the planning, implementation and management of Transport Canada's central R&D program.

**Abstract:** The development of cold regions technology in Canada is reviewed, including a description of facilities and resources available in the country to undertake research, design and construction. While the development of northern region projects of the past forty to fifty years are described, the paper concentrates on those research and engineering developments of the past two decades initiated in response to the need to produce and transport oil and gas from the Arctic. The extension of this work into the Arctic Ocean and the cold oceans of the east coast is also described. An extensive infrastructure of human resources for research engineering design and construction has emerged in Canada as a result of these activities. A review of these is presented, as is an overview of the research facilities and engineering laboratories for cold regions research and design that have grown within the private sector, at universities and in government.

The extensive program of arctic marine research and development which has established Canada as a leader in many aspects of arctic marine technology is described, with particular attention to Transport Canada's R&D program. Mathematical model predictions and the results of scale model ice tank tests being systematically verified through a program of full scale data collection are described. Instrumentation projects carried out to measure ice forces acting on ship hulls are discussed, as is a procedure of instrumentation, mathematical modelling, scale model tests and full-scale data collection which has been applied to the ship propulsion train and steering gear. Canada's R&D capability as demonstrated in the MV Arctic and in the latest class of Canadian Coast Guard ice-breakers are described.

The role of naval architectural and marine engineering consulting firms, shipping operators, Canadian shipbuilders, and the academic community in the development of Canada's arctic marine technology is reviewed.

### "French Research Capabilities for Cold Regions Development"

**G. Huard**

Vice-Président, Bouygues Offshore et  
Président de DIPOL

**Michel Huther**

Directeur Recherche et Développement, Bureau Veritas et  
Secrétaire de DIPOL

**Author:** G. Huard is Vice-President, Engineering and R&D of Bouygues Offshore, Paris and is Managing Director of B.G. Engineering. He worked with Safetec, Bureau Veritas, Alsthom-Chantiers de l'Atlantique prior to joining Bouygues Offshore in 1981. Mr. Guard is currently President of DIPOL and a member of the technical committee of Bureau Veritas.

**Author:** See earlier section for Michel Huther's resume.

**Abstract:** For many years, various French research laboratories and industrial companies have developed investigations on subjects dealing with cold regions problems and technologies. The creation of DIPOL, a French consortium for the development of industries in Polar regions, has aided in coordination of cold regions research with twelve collaborative projects currently underway. Both theoretical and experimental, these fall into one of five main categories: site analysis; ice-structure interaction; materials; ships; and structural concepts (onshore and offshore).

Site analysis research is described, including atmospheric conditions, iceberg occurrence distribution, iceberg behaviour during impact, soil modelling and soil migration, and the structure of an artificial breakwater. In the materials area, the correlation between external and internal temperatures of steels and composite materials is described, as are experiments related to the long-term behaviour of concrete and composite materials exposed to the harsh Antarctic environment. In the ship research area, investigations aimed at developing a new arctic steel and optimizing the structure and form of a large ice-breaker is described. Work in structural concepts is also reviewed; specifically, three projects, two related to gravity base concrete structures designed for use in frozen seas, and one related to a concrete floating production vessel for use in ice-infested waters.



## Session 2

### Session 2: "Structures and the Environment"

#### Session Co-Chairmen

**Francois Tavenas**

Dean, Faculty of Science and Engineering, Laval University

**Mme. M. Brachet**

Secrétaire Exécutif, Ministère de la Recherche et de la Technologie

**Session Co-Chairman:** Francois Tavenas is a civil engineer who earned a doctorate from University of Grenoble prior to immigrating to Canada in 1966. After several years as a geotechnical engineer in Quebec, he joined Laval University as a professor in the Department of Civil Engineering in 1970. He has been Dean of Laval's Faculty of Science and Engineering since 1985. Dr. Tavenas' research has included problems related to the behaviour of soft clays, the measurement of clay properties, the design of embankments on soft clays, the stability of slope and the design of piled foundations. Dr. Tavenas is currently Group Chairman and Member of the Committee on Research Base with NSERC, the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada.

**Session Co-Chairman:** A graduate of Ecole Spéciale des Travaux Publics, Mme. Brachet worked for more than 20 years at the Central Laboratory of the French Highways Administration (LCPC), prior to joining the French Research Ministry in 1982. She is currently Executive Secretary of the priority action for civil engineering.

**Session Abstract:** One of the major difficulties in planning and designing heavy engineering projects in cold, isolated regions is the lack of engineering information on the way in which the environment will impact on structures and ships. Many of the projects recommended by the SMC have as their object the improved description in terms of appropriate engineering design. The papers in Session 2 will provide participants with a sampling of some of the engineering research and associated methodology which are essential in extending the results of smaller scale laboratory work or analytical results to actual projects.

#### "Antarctic Iceberg-Seabed Interaction"

**Dat Duthinh**

Group Leader, Ice Engineering, C-CORE

**Michel Engler**

Directeur, Expéditions Polaires Françaises

**J. F. Regrettier**

Ingénieur de Recherche, Bureau Veritas

**Author:** Dat Duthinh is leader of the Ice Engineering Group at the Centre for Cold Ocean Resources Engineering (C-CORE) at Memorial University

of Newfoundland. With a PhD in engineering from Cornell University, Dr. Duthinh worked in offshore and arctic engineering with Exxon Production Research and Petro-Canada prior to joining C-CORE. His particular research interests lie in ice-structure interaction. Most recently, he has led research programs to establish design criteria for iceberg impact against a gravity-based structure, wave-driven bergy bit and sea ice impact against a floating production vessel.

**Author:** See previous session for Michel Engler's resume.

**Author:** Jean-François Regrettier is a research engineer with the Research and Development Centre at Bureau Veritas. A specialist in applied geophysics and geotechnical engineering, he worked for several years with the French Austral and Antarctic Territories (TAAF) working on the behaviour of breakwaters and embankments, support of runways, steel and composite materials temperatures in cold climates and sea ice. Since joining Bureau Veritas in 1988, his principal areas of interest have been service temperature for steel and composite materials and temperature distribution inside an embankment in a polar area.

**Abstract:** The cooperative Canada/France scientific program on Antarctic iceberg-seabed interaction is reviewed. The objective of the research is to measure the collisions of icebergs with the rocky seabed to gain insight into the strength of ice at large scales. The collisions occur naturally under wave action, or when icebergs drift or are towed into shallower waters. Iceberg shapes are determined by sonar profiling, stereoscopic aerial photography and underwater photography. Iceberg motions are recorded by a 5-axis motion sensor and towing forces measured by an instrumented chain link. In addition, an attempt is made to measure the area of contact by a deformable metallic grid.

### "Ice-Structure Interaction"

**Stephen Jones**

Head, Arctic Vessel Laboratory, Institute for Marine Dynamics, NRC

**Paul Duval**

Directeur de Recherche, Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, CNRS

**Author:** Stephen Jones is head of the Arctic Vessel Laboratory of the Institute for Marine Dynamics in St. John's, Newfoundland. After completing a PhD in physics at the University of Birmingham (1967), he came to Canada and joined the Inland Waters Directorate of Environment Canada where he pursued ice research in several projects. While his research has concentrated on the mechanical properties of ice, he has also worked on electrical properties. In 1984 Dr. Jones joined the National Research Council in his present position. He was responsible for setting up

## Session 2

the new ice tank (officially opened in 1985) and is currently responsible for its operations and for research conducted in it.

**Author:** Paul Duval is Director of Research at the Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement (LGGE) of the Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). With a BA in physical sciences and a doctorate in materials science from the University of Grenoble, Dr. Duval taught at his alma mater for three years prior to joining the CNRS as a researcher at the LGGE in 1969. His research experience has included rate controlling processes in the creep of polycrystalline ice; texture and mechanical behaviour of glacier ices; recrystallization processes of polar glacier ice; the analysis of ice failure; and the analysis of ice forces on offshore structures.

**Abstract:** A brief description of several projects now underway at the National Research Council of Canada is given. Some of these are being pursued in collaboration with French scientists; others are joint projects with various Canadian organizations such as Transport Canada and Memorial University of Newfoundland.

Mechanical tests on both laboratory grown ice and natural ice are being conducted at the Institute for Marine Dynamics; related studies are being conducted at the Institute for Research in Construction at NRC in Ottawa. Ice impact experiments are being conducted in the lab and in the field and the modelling of ice/structure interaction is being studied by conducting experiments on ships and structures in the ice tank at IMiD. Finally, the dynamics of ice/structure interaction has been studied by experiments on small scale structures in freshwater ice, using an NRC ice tank in Ottawa.

### **"Modelling of Ice and Frozen Soil In Centrifuge Units"**

**Donald Shields**

Professor of Civil Engineering, University of Manitoba

**Jean-François Corte**

Chef de la Division Géotechnique Mécanique des Chaussées, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

**Author:** Donald Shields, a civil engineer with degrees from the University of Manitoba, Imperial College and Manchester University, is a Professor of Civil Engineering at the University of Manitoba. Dr. Shields' current research interests include measuring the properties of frozen soil and ice in situ, the lateral capacity of piles in frozen soil, the bearing capacity of foundations on slopes and in situ stresses in the roofs of mines. Dr. Shields has participated in the Canadian Standards Association committee on offshore production structures and on the materials committee of the Roads and Transportation Association of Canada. He is a past-president of the Canadian Geotechnical Society and a Fellow of the Engineering Institute of Canada.

**Author:** Jean-François Corte is an engineer who currently heads the geotechnical and pavement division of the Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. A graduate of the Ecole Polytechnique, with an MSc from the University of California (Berkeley), he has lectured in soil mechanics at Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Ecole Normale Supérieure de Cachan and the Université de Nantes. He is secretary of the Technical Committee on Centrifuge Testing of the International Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering, and is a member of the French Association for Earthquake Engineering and the French Society of Soil Mechanics.

**Abstract:** Alternative testing machines used for centrifuge studies in civil engineering are described; specifically, the basket machine at the Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, in Nantes, Paris, and the drum centrifuge at Cambridge University. Centrifuges offer a considerable advantage in that the gravitational stresses are correct even though the feature under study is at model scale. It is suggested that a model spray ice island could be built and that resulting studies would be most valuable. Problems related to the centrifuge's inability to speed up deformation rates are reviewed and various options are discussed.

Short-term ice behaviour studies involving the strength of ice rather than the longer term deformation properties of this time-dependent material are considered to be more suitable to centrifuge studies. Examples are described and advantages reviewed. Few centrifuges are equipped for cold work; the reasons for this are discussed and solutions are suggested. Opportunities for future ice centrifuge research are reviewed.

### "The Behaviour of Frozen Soils"

**Roger Franck**

Chef de la Section Fondation, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

**Donald Shields**

Professor of Civil Engineering, University of Manitoba

**Author:** Roger Franck is the head of the foundations section of the Central Laboratory of the French Highways Administration (LCPC) and, as such, is responsible for theoretical and experimental research on foundations and in situ testing and foundations design for current projects. Dr. Franck has joint research projects currently underway with Canada, Brazil, China, Greece, Italy, and the U.K. He is also an associate professor in soil mechanics and foundation engineering at Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, in Paris.

**Author:** See previous paper for Donald Shields' resume.

**Abstract:** The behaviour of frozen soil is of engineering interest because: 1) frozen soil occurs naturally over an extensive region of the globe; and 2) soil is frozen artificially to permit excavation through otherwise unstable ground. The effects of permanently frozen soil (permafrost) and seasonally frozen ground on a wide range of structures and their construction are described. The rationale for and method of freezing ground in advance of various engineering operations are reviewed, and examples provided.

The known properties of frozen soil are discussed and the implications of the state of freeze/thaw in soils are reviewed. While a great deal is known about frozen soil and the freezing/thawing process, there are still many questions related to the behaviour of frozen soils. These are described and future R&D directions are suggested.

### **"Behaviour of Buried Pipelines"**

**Peter Williams**

Director, Geotechnical Science Laboratories, Carleton University

**Michel Frémond**

Chef du Service Mathématiques, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

**J.P. Lautridou**

Directeur de Recherche, Centre de Géomorphologie, CNRS

**Author:** A geographer who studied at Cambridge and Stockholm, Dr. Williams spent 12 years as a research officer with the National Research Council of Canada prior to joining Carleton University in 1969. Since 1978 he has been Director of Carleton's Geotechnical Science Laboratories; he has directed Canadian participation in the Canada/France Pipeline-Ground Freezing Project since 1982. He has acted as a geotechnical advisor to the Federal Environmental Assessment Review Office, has lectured at numerous universities and research institutions and, in 1988, was Chairman of the Organizing Committee of the government/industry Northern Hydrocarbon Development Conference.

**Author:** Michel Frémond is head of the Mathematics Section of the French Central Laboratory for Highways and Bridges. A civil mining engineer, Dr. Frémond focusses his research on continuous permafrost zones as they relate to civil engineering, with particular emphasis on ground freezing. He has taught at several universities including Ecole Polytechnique and Carleton, and is currently a professor at the National School of Engineering and a member of the National Research Committee.

**Author:** J.P. Lautridou is a specialist in fossil and actual colds whose work focusses on rocks cracking under frozen cycles. He is currently Director of the CNRS Geomorphologic Centre in Caen, location of a test chamber for frozen soil experiments.

**Abstract:** A joint Canada/France investigation of the effects of frost heave around a cold pipeline is described. The experiment has been designed for the purpose of scientific examination of fundamental behaviour of freezing soils around a pipeline. Controlled experimental conditions are supported by bench size studies of creep and stress generation in freezing soils carried out at Carleton University and Ecole Polytechnique.

A section of pipeline buried in a controlled environment lab in Normandy, France is described. The enclosed facility allows experimental parameters of soil moisture and temperature to be maintained and observed with great accuracy. Experiments centred on the thermodynamic behaviour of freezing soils are reviewed. Both conventional and specially developed instruments have been used to record primary and secondary frost heave. Results of the difference in behaviour within the two soil types are described. The experiment is an interesting illustration of the frost heave problem; more important, however, is the understanding being gained of the unique behaviour of frozen ground as a material.

## Session 3

### Session 3: "Material Requirements"

#### Session Co-Chairmen

**Bill Roggensack**

Engineering Co-ordinator, Centre for Frontier Engineering Research

**Alain Le Bon**

Ingénieur en Chef, Direction Recherche-Développement, SOLLAC

**Session Co-Chairman:** Bill Roggensack is Engineering Coordinator at the Centre for Frontier Engineering Research. A graduate in civil engineering from the University of Alberta (BSc 1970; PhD 1977), Dr. Roggensack has more than 15 years of experience as a frontier consultant, specializing in arctic and geotechnical engineering. Prior to joining C-FER in 1987, he spent 12 years with EBA Engineering Consultants working as project director for a range of frontier resource development projects onshore and offshore in Canada, Alaska and elsewhere in the world. He is currently an executive member of the National Research Council's Associate Committee on Geotechnical Research and chairman of the NRC Marine Geotechnical Subcommittee.

**Session Co-Chairman:** Alain Le Bon spent many years with IRSID as a Research Metallurgist studying hot deformation, hot and cold rolling, weldability and fatigue. Now at SOLLAC (flat production branch) R and D, he is in charge of metallurgical problems in connections with plants.

**Session Abstract:** Materials which behave in a satisfactory manner in moderate environments may not be at all suitable in cold regions. Two reasons exist for this. First, the behaviour of the material may vary with temperature; generally, materials will become stronger but much less ductile with decreases in temperature. Second, the cold environment, or more specifically, large changes in temperature, may include strains into the structure which are beyond the capability of the material to withstand. The papers in this third session examine the behaviour of frozen soils, of steels and of bituminous pavements. In addition, the methodology for determining the effect of thermal changes on soil masses is outlined.

#### "Heat Transfer at Low Temperatures"

**Anne-Marie Cames-Pinteaux**

Chercheur, Laboratoire d'Aérothermique, CNRS

**J. Aguirre-Puente**

Chef du Congélation-Sublimation, Laboratoire d'Aérothermique, CNRS

**Laurel Goodrich**

Senior Research Officer, Geotechnical Section, Institute for Research in Construction, NRC

**Author:** Anne-Marie Cames-Pinteaux has a doctorate in thermal science.

She teaches mathematics and computer science in the Civil Engineering Department of the University of Reims' Institute of Technology and advanced thermal science in the Faculty of Sciences. She is also a researcher in the freezing-sublimation group at the Laboratoire d'Aérothermique of the CNRS where she is currently working on computer modelling for steady-state and transient heat flow problems with geotechnical and agro-industrial applications.

**Author:** Jaime Aguirre-Puente is head of the Freezing-Sublimation group of the CNRS Laboratoire d'Aérothermique where for 26 years he has worked on heat and mass transfer problems in porous media. He has carried out investigations related to the prediction of frost penetration in roads, frost action in soils, measurement of physical properties of porous media and to freezing and sublimation processes in frozen foods and in underground natural gas storage facilities. He is currently president of the French Permafrost Association and is a delegate to the Council of the International Permafrost Association.

**Author:** Laurel Goodrich is Senior Research Office in the geotechnical section of the NRC's Institute for Research in Construction. Dr. Goodrich received his PhD from McGill University and has spent the past 24 years with the NRC, actively involved in developing and applying numerical modelling techniques to thermal problems associated with phase change. His experience has been associated with modelling techniques applied to the ground thermal regime, soil freezing problems and thermal performance of structures on permafrost. Most recently he has been demonstrating the effectiveness of the application of ground-coupled heat pump technology to stabilize foundations on permafrost. He currently has two full-scale demonstration projects underway in northern Canada, one in the continuous and one in the discontinuous permafrost zone.

**Abstract:** Two collaborative projects by the Institute for Research Construction, NRC, and the Laboratoire d'Aérothermique, CNRS, are described. The first entails the development of a computer program for two-dimensional transient heat flow; the second concerns a laboratory evaluation of the thermal properties of soils at very low temperatures. The computer program is based on a numerical method which has certain advantages for treating problems with moving interfaces such as arise in phase change problems. This method, previously limited to uni-dimensional cases, makes it possible to accurately track a moving phase change front while keeping calculation time to a minimum. A series of very low temperature thermal conductivity measurements carried out in the lab on LEDA clay is described.

## Session 3

### "Requirements for Steels for Arctic Use"

**A. Bignonnet**

Ingénieur de Recherche, Institut de Recherche de la SIDérurgie Française

**Bill Tyson**

Co-ordinator for Materials for Resource Industries, Metals Technology  
Laboratories, CANMET

**Author:** A. Bignonnet is a graduate of ENSM Nantes and holds an MSc from Ecole Polytechnique in Montreal. He is a research engineer in the test-mechanics-fatigue section of the French Research Institute for Iron and Steel (IRSID), in charge of the fatigue behaviour of steel for offshore structures.

**Author:** Bill Tyson is coordinator of CANMET's Metals Technology Laboratory program on materials for the resource industries encompassing offshore structures, marine vessels, pipelines, pressure vessels and mining equipment. He has been involved in research on mechanical properties of steel since joining CANMET and in general aspects of fracture control since 1980.

**Abstract:** Recent work at CANMET is described. A division of Energy, Mines and Resources Canada, CANMET is concerned with the cost-effective and environmentally safe use of steels in arctic regions. A review is provided of research into the low-temperature properties of steels and their weldments as performed both in-house by CANMET and supported by it in industry and universities. Weld metal toughness evaluation, corrosion fatigue, fracture toughness and weldment corrosion have been subjects of CANMET's recent work. In collaboration with industry, steels have been produced, welded, and tested to evaluate their properties and corrosion resistance. The experience gained in the work is beginning to be applied to selection criteria for arctic vessels. It is in this context that Canada and France are cooperating on the exchange of information and personnel.

### "Protection of Pavement in Cold Regions"

**Anthony Beaty**

Professor of Civil Engineering, Royal Military College

**Michel Engler**

Directeur, Expéditions Polaires Françaises

**Author:** Anthony Beaty obtained a doctorate in civil engineering from the University of Nottingham (1965) and, after a variety of engineering positions in Britain and Canada, joined the faculty at the University of Dundee in 1972. In 1978 he was appointed associate professor of civil engineering at Royal Military College in Kingston, Ontario, where he is responsible for highway and transport engineering and carries out research into bituminous surfacings for arctic runways. He has guest lectured throughout the world and has acted as a special consultant to the governments of several countries.

Dr. Beaty has undertaken research into numerous aspects of road surfacings and is currently extending his work to the low temperatures more typical of polar and sub-polar regions.

**Author:** See Session 1 for Michel Engler's resume.

**Abstract:** Since 1982, the general question of road and runway surfacings in the Canadian Arctic and the particular problem of the runway at Canadian Forces Station Alert have been studied at Royal Military College using a combination of laboratory and full-scale field tests. These studies are reviewed and the development of a low-temperature bituminous surfacing technology is described. A range of problems common to arctic roads and runways is given.

Extensive experience in bituminous pavement technology at the Laboratoire Central des Ponts et Chaussées complements the experience of the RMC team in the Canadian north. The French experience related to both the mountainous regions of metropolitan France and the French Antarctic territory is described. It is suggested that by combining Canadian and French expertise and experience a low-temperature technology appropriate to polar and sub-polar regions can be developed and subjected to comparative testing in the French Antarctic and in the Canadian Arctic. A wide range of problems to be investigated in the joint project are reviewed.

### **"Concrete Floating Platforms for the East Coast of Canada"**

**C. Valenchon**

Chef de Projets Ingénieries, Bouygues Offshore

**C. Putot, B. Molin**

Chefs de Projets, Institut Français du Pétrole

**Dat Duthinh**

Group Leader, Ice Engineering, C-CORE

**Author:** Claude Valenchon is a graduate of Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris. He joined Bouygues Offshore in 1981 and is currently Project Manager for gravity base concrete structure designed for use in frozen seas and concrete semi-submersible production platforms for the east coast of Canada.

**Author:** C. Putot is currently a research engineer within the Marine Engineering Division of the Institut Français du Pétrole (IFP). He is Project Manager for IFP Project: Arctic Offshore Engineering and is also involved in studies concerning the flexible pipe Coflexip. He is a graduate from Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris (1971) and holds a doctorate in engineering from the Université Pierre et Marie Curie.

**Author:** B. Molin is currently Project Manager of Institut Français du Pétrole project: Hydrodynamics of Structures at Sea. He holds an MSc in naval

### Session 3

architecture from the University of California, Berkeley and a doctorate in engineering from ENSM Nantes. His research activities have been mainly concerned with non-linear hydrodynamics and development of computer models for the French offshore industry.

**Author:** See Session 2 for Dat Duthinh's resume.

**Abstract:** NEKTON 8000 is a floating oil production system which can be operated in the harsh environments of either the North Sea or the ice-infested waters of offshore Newfoundland. The floating production system, developed by a French association included Bouygues Offshore, Institute Français du Pétrole and Alsthom-Ateliers et Chantiers de Bretagne, is described.



## **Session 4**

### **Session 4: "Marine Code Requirements"**

#### **Session Co-Chairmen**

**Jack Clark**

Director, C-CORE

**G. Huard**

Vice-President, Bouygues Offshore

**Co-Chairmen:** See previous sessions for resumes for Jack Clark and G. Huard.

**Session Abstract:** The results of research work related to ships and offshore structures is presented in the form of code requirements. A long time lag sometimes exists between the performance of the research work and its shaping, testing and final adoption into code requirements. This fourth session presents two examples of such efforts and serves to contrast the styles used in the two countries.

#### **"Canadian Standards Association Code for Offshore Structures"**

**Peter Adams**

President, TUNS

**Author:** See Session 1 for Peter Adams' resume.

**Abstract:** The Canadian Standards Association (CSA) Steering Committee on Offshore Structures was established in 1984 to develop a code for the design, construction, installation and removal of offshore structures. Preparation of the code was undertaken following a request by the federal government's Canada Oil and Gas Lands Administration (COGLA); the work is being sponsored by COGLA, the Canadian oil industry, and by offshore equipment manufacturers and suppliers. The work of the Steering Committee is described, including an explanation of the mandate and responsibilities of the five technical committees under its jurisdiction. A review is also provided of the role of the Design Verification Committee. Developments to date are discussed, and future directions are presented.

#### **"Bureau Veritas Rules for Offshore Structures and Ships"**

**D. Béghin**

Directeur Constructions Neuves, Bureau Veritas

**P. Besse**

Adjoint au Directeur, Technologie Océanique, Bureau Veritas

**Author:** D. Béghin is a naval architect who graduated in civil engineering from Génie Maritime in 1961. He worked for nine years with Alsthom-Chantiers de l'Atlantique prior to joining Bureau Veritas in 1982. A specialist in hull design and development of rules for steel ships, he is currently

Director of the New Construction Management Marine Branch at Bureau Veritas' head office in Paris.

**Author:** Pierre Besse graduated from Ecole Central de Paris with a degree in civil engineering and soil mechanics prior to joining Groupe Menard, a company dealing with site engineering in foundation and engineering. He joined Bureau Veritas in 1978 in the offshore technology division, and is responsible for certification of offshore projects, both mobile units and fixed platforms. He is currently Deputy Manager of the Engineering Division of the Offshore Technology Division.

## Session 5

### Session 5: "Future Directions for Joint Research Programs"

#### Session Co-Chairmen

**Peter Adams**

President, TUNS

**Michel Huther**

Directeur Recherche et Développement, Bureau Veritas

**Session Co-Chairmen:** See previous sessions for resumes for Peter Adams and Michel Huther.

**Session Abstract:** The final session will review progress of the program in cold regions technology approved by the Scientific Mixed Commission of May, 1988. The content of joint research projects described during the workshop will be assessed. A panel will present ideas for the extension of current projects and for the initiation of new ones; a general discussion will facilitate the charting of future directions for the cooperative program. Final comments will be made by government officials and co-chairmen of the workshop.

#### "Assessment of Existing Programs"

**Maurice Dusseault**

Professor of Earth Sciences, Waterloo University

**Author:** Maurice Dusseault is Professor of Earth Sciences at the University of Waterloo. A graduate in civil engineering from the University of Alberta (BSc 1971; PhD 1977), Dr. Dusseault has diverse experience in consulting, teaching and research. He has achieved international recognition as a geomechanics expert from more than 100 publications on oil sands engineering, in situ extraction processes, and mine waste handling. He has also conducted research on the behaviour of salt rocks and consulted on the design of underground openings in these materials. Before joining the faculty of the University of Waterloo in 1982, Dr. Dusseault held an AOSTRA Research Chair at the University of Alberta. Maurice is currently on a working sabbatical as a visiting scientist with the Research Department of Société Nationale Elf Aquitaine (Production) at Pau, France.

#### Panel Discussion: Future Directions

**Abstract:** A panel of workshop delegates will briefly introduce a range of possible new joint research initiatives, including:

- service temperatures for steel and composites;
- composite materials for marine structures;
- steel-concrete composite structures;
- service temperatures for structures in space;
- floe size distributions in the French sector of the Southern Ocean;

- backscattering properties of young snow-covered sea ice;
- coupled rigid body/flexural response of a single ice floe to ocean waves;
- wind-generated waves and associated acoustic emissions;
- properties of ice-rich soils;
- cracking of rocks under frozen cycles; and
- concrete space-frame for arctic structures.