



peut être obtenu à:

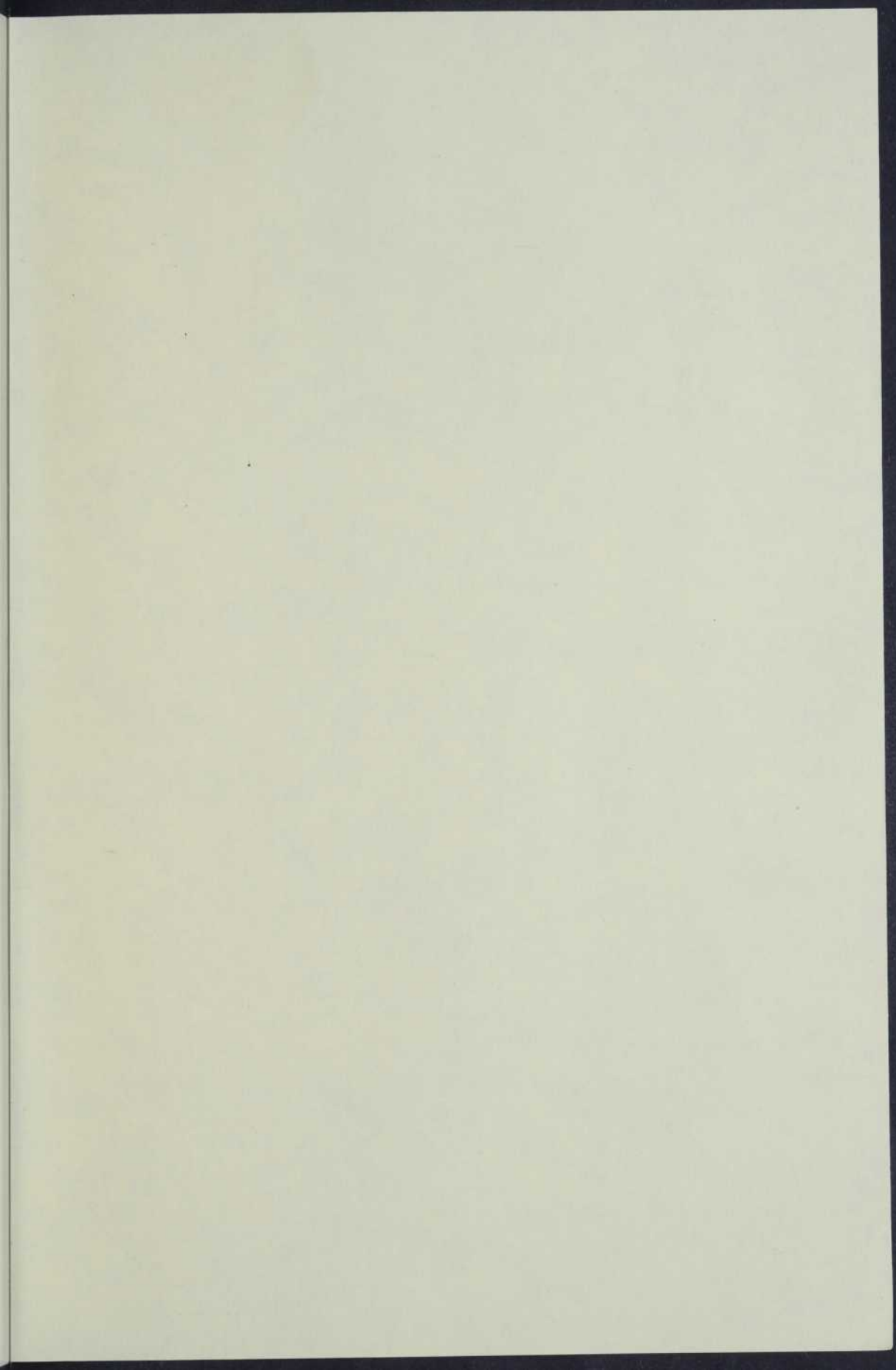
ACFAS - l'Association Canadienne
Française pour l'Avancement des
Sciences,
2730 Côte Sainte Catherine,
Montréal,

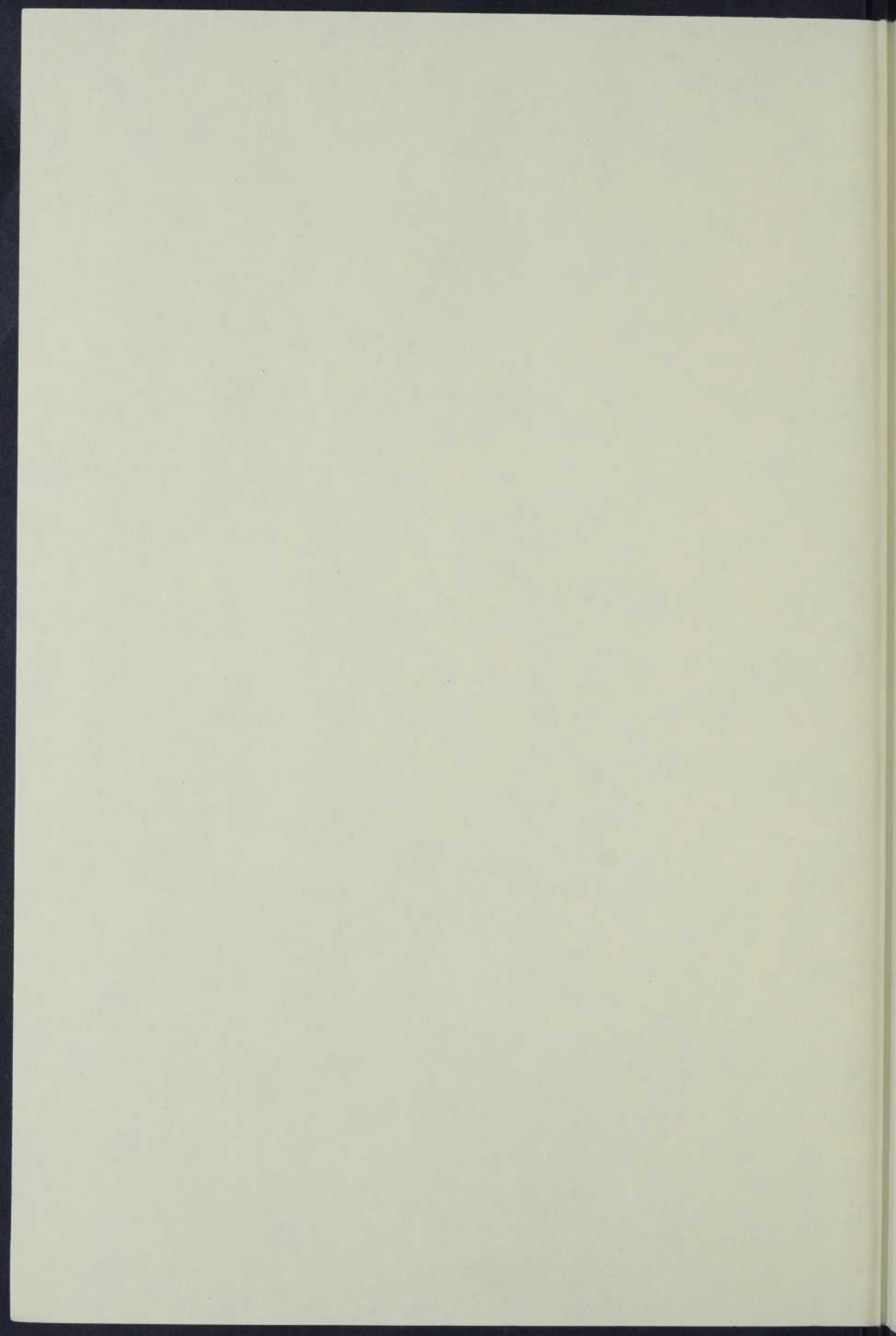
ou à:

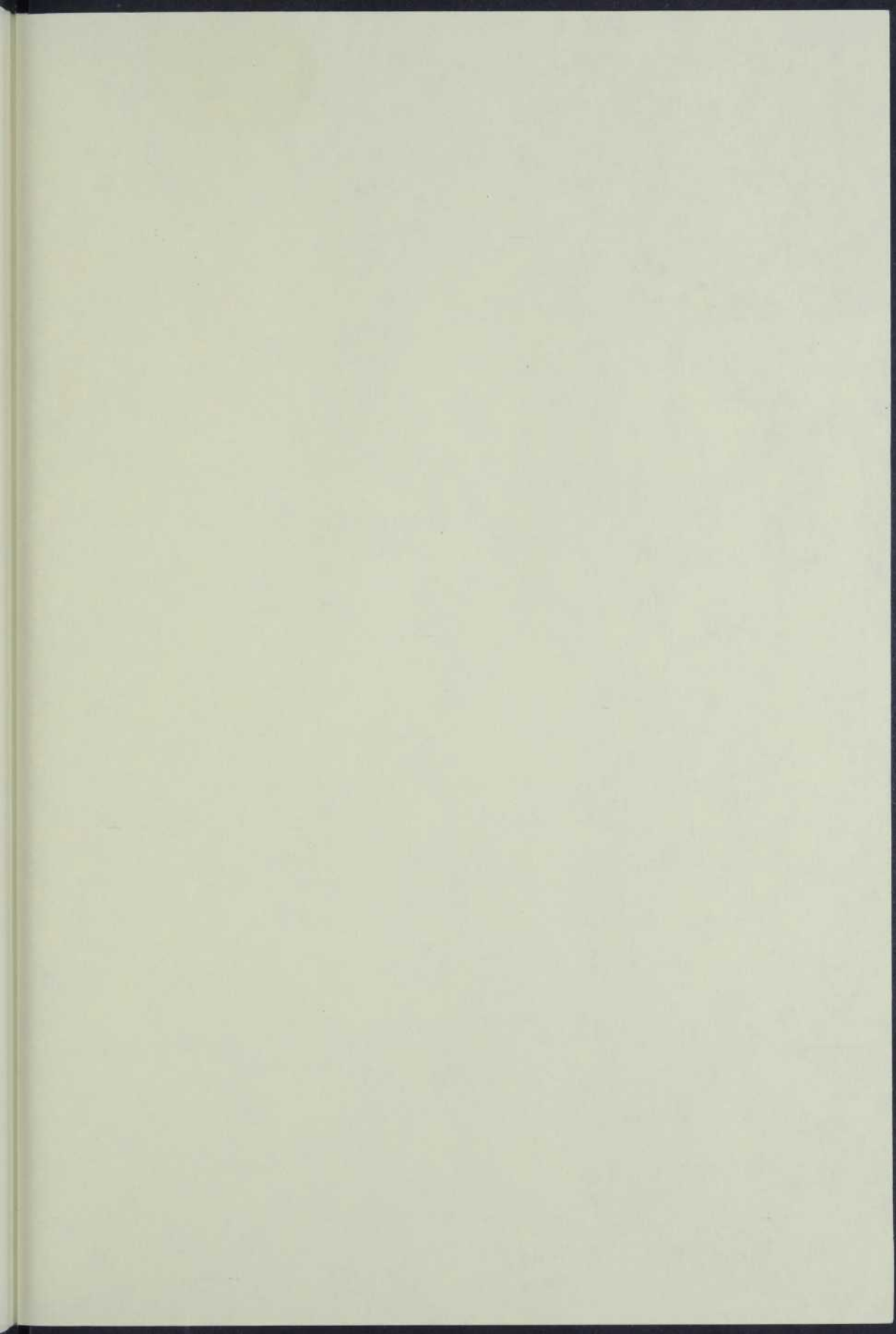
The Arctic Institute of North America,
1020 Avenue des Pins,
Montréal.

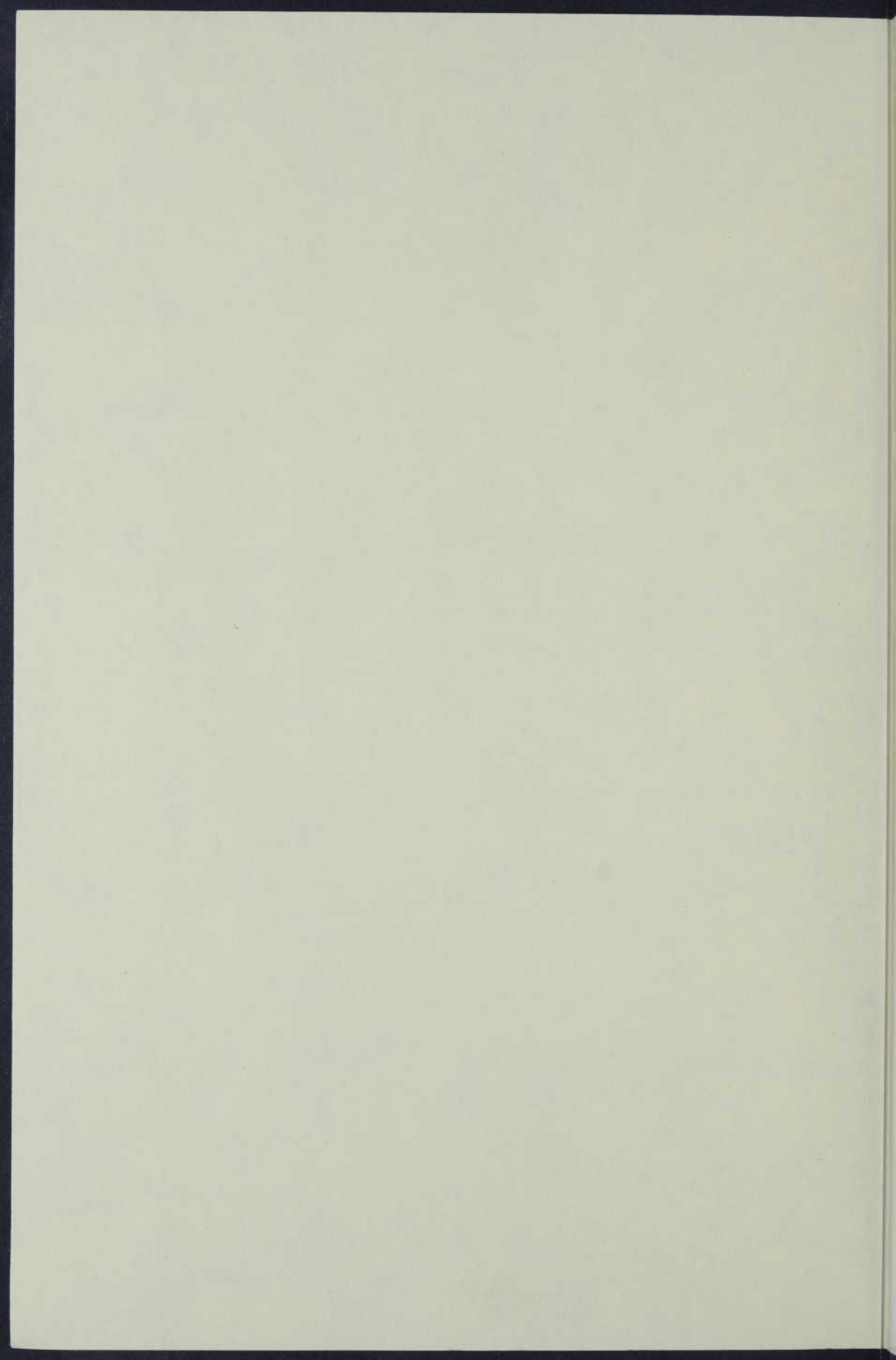
dépôt légal, Bibliothèque Nationale du Canada,
2ème trimestre 1974;

Bibliothèque National du Québec,
2ème trimestre 1974.









Délibérations de la Conférence sur
LA CONSTRUCTION ET LES COMMUNAUTÉS NORDIQUES

Université de Montréal

7-11 mai 1973

publié par ACFAS — L'ASSOCIATION CANADIENNE — FRANÇAISE POUR
L'AVANCEMENT DES SCIENCES

Organisée conjointement par l'Ecole d'Architecture de
l'Université de Montréal, le Centre d'Ingénierie Nordique
de l'Ecole Polytechnique et l'Arctic Institute of North
America.

Rapport édité par Michael Glover

Janvier 1974

Ce rapport fait partie d'un projet de recherche de l'Arctic
Institute of North America sur "L'Homme et le Grand Nord".

D7600437

P R E F A C E

Ce rapport technique reflète les discussions d'un groupe d'experts préoccupés par les implications de la construction dans le Grand Nord. Quoique la conférence de 1973 n'ait pas été prévue dans le projet initial de l'Arctic Institute, la publication des informations et des conclusions collectées au cours de cet événement fut encouragée par les responsables du projet du fait de l'importance du sujet pour les communautés nordiques.

Ce rapport comprend une série d'exposés qui donnent un aperçu relativement clair sur toutes les implications de la construction nordique. Par ailleurs, nous considérons que cette première conférence est extrêmement importante, parce qu'elle marque le début d'une série d'événements qui permettront d'examiner ces problèmes et d'inviter tous les gens du nord à apporter leur participation.

En effet, même si un grand nombre d'informations présentées dans ce rapport intéressent surtout les spécialistes, le profane peut en tirer grand profit.

A une époque où les gens du nord - et en particulier les indigènes - essaient d'échanger des points de vue à tous les niveaux, il semble que le résumé de cette conférence soit très utile. On espère de plus qu'elle aidera ceux qui font des efforts pour élaborer et développer des techniques de construction qui pourraient répondre aux besoins urgents des habitants du Grand Nord en tenant compte de leurs souhaits, car comme l'ont souligné certains participants de la conférence, le manque d'informations de rétroaction de la part des usagers handicape l'amélioration des techniques de construction dans les pays nordiques.

Eric Gourdeau,
Directeur du Projet sur
L'Homme et le Grand Nord,
Montréal, janvier 1974.

TH
26
C58
TS

A V A N T - P R O P O S

Les processus de conception et de construction impliquent l'intervention d'un grand nombre d'activités professionnelles et commerciales au cours d'une séquence de décisions extrêmement complexes. Lorsque la situation est familière, il est possible d'agir rapidement, puisque les précédents permettent de justifier la plupart des décisions et que l'expérience passée fournit le point de départ de toute action.

La construction des communautés nordiques n'appartient pas à cette catégorie: les précédents sont rares et l'expérience est assez dispersée. Cependant, chaque jour, des dessins sont produits dans des agences et chaque jour, la construction essaie de mener une course contre la montre. Pourquoi et comment? Est-ce l'approche systématique ou est-ce l'intuition qui régit ces activités? Les enjeux sont grands et le coût de toute décision irrationnelle risque d'être désastreux.

La conférence et ce rapport - qui reflète le caractère des échanges qui ont eu lieu - essaient de trouver une réponse à ces problèmes et à un grand nombre de questions annexes. Le rapport souligne les processus d'application de la recherche et de l'expérience à des problèmes qui n'ont pas été suffisamment bien définis jusqu'à présent. Quant aux processus d'application eux-mêmes, ils nécessitent l'interaction de diverses professions et de diverses disciplines qui doivent s'affronter et tenir compte de leurs connaissances réciproques. A la lumière de ces échanges, de nouvelles connaissances pourront être acquises et de meilleures décisions appliquées.

Malgré l'évidence des besoins et malgré la définition précise des objectifs, la conférence n'aurait pas pu avoir lieu sans le support et l'aide du Conseil National de Recherches du Canada, de la Société Centrale d'Hypothèques et de Logement, de l'agence Beauchemin-Beaton-Lapointe, de la compagnie Nordair et de l'ACFAS (Association Canadienne Française pour l'Avancement des Sciences), qui a subventionné la publication du rapport de cette conférence en langue française. Nous les remercions et nous espérons que les résultats justifieront le support qu'ils ont apporté. L'Arctic Institute

of North America, le Centre d'Ingénierie Nordique de l'Ecole Polytechnique (CINEP) et la Faculté de l'Aménagement de l'Université de Montréal ont aussi contribué au succès de cette conférence et de ce rapport, donnant sans compter, temps, efforts et équipement. Nous remercions aussi les conférenciers qui ont bien voulu présenter les résultats de leurs recherches et nous apprécions également le rôle de tous ceux qui ont participé à cette conférence et qui, par leur commentaires et par leurs réactions, ont permis que cet événement facilite la confrontation d'idées que nous considérons cruciales pour les gens des communautés nordiques.

L'Equipe de Direction:

Colin DAVIDSON
Kenneth DE LA BARRE
Branko LADANYI
Len WARSHAW

T A B L E D E S M A T I E R E S

Préface
Avant-Propos
Table des Matières
Liste des Illustrations
Liste des Exposés

	INTRODUCTION	1
	Les Objectifs de la Conférence Le Contenu du Rapport La Présentation du Rapport	
CHAPITRE 1	LE DEVELOPPEMENT DU GRAND NORD	4
1:1	LE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE ET LA GEOGRAPHIE DU GRAND NORD	4
1:2	LA POLITIQUE ET LE DEVELOPPEMENT NORDIQUE	6
	La politique du Gouvernement Fédéral Le Développement Nordique: Une approche Alternative	
CHAPITRE 2	L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE	15
2:1	LES FONDATIONS ET LE PERGELISOL	15
	Le Pergélisol au Canada La Construction sur le Pergélisol Considérations Structurales Conception des Fondations Les Isolants et les Fondations L'Etude du Site et les Tests La Détermination sur Place des Propriétés du Sol Gelé La Méthode Dilatométrique	

Les Méthodes Pénétrométriques
Conclusion

2:2	LE CLIMAT NORDIQUE ET LA CONCEPTION DE L'ENVIRONNEMENT	43
	La Conception des Villes Nouvelles et les Facteurs Climatiques	
	Un Plan Urbain Compact	
	Les Ecrans contre le Vent	
	Un Climat Contrôlé pour les Piétons	
	La Conception des Bâtiments et les Facteurs Climatiques	
	La Préservation de la Chaleur et la Construction	
	La Conception des Portes	
	La Conception des Fenêtres	
	La Conception des Toits Plats	
	Le Problème de l'Humidité	
	Les Contraintes Thermiques	
	Les Solutions	
2:3	LE CONTROLE DE LA POLLUTION DANS LE GRAND NORD	56
	La Pollution et les Déchets Solides	
	La Pollution de l'Air	
	La Pollution de l'Eau	
	L'Evacuation des Eaux Usées: Un Système Autonome	
	L'Evacuation des Déchets: Un Système de Canalisations pour les Petites Communautés	
	Les Villes Nouvelles et les Systèmes de Canalisations	
	Le Traitement des Eaux-vannes	
	La Conception des "Utilidors"	
	Les Critères de Conception : Les Utilidors	
	Les Solutions: Les Utilidors	
	Les Bouches d'Incendie et les Trous d'Homme	
	L'Evacuation des Déchets: Un Système d'Egouts Souterrain	
	La Distribution de l'Eau dans le Nord	

2:4	LA CONSERVATION DE L'ENERGIE ET LA LONGEVITE DES BATIMENTS	69
	La Conservation de l'Energie dans le Nord Les Normes de Qualité et la Longévité des Bâtiments Les Règlements de Construction et les Normes de Qualité	
CHAPITRE 3	ELABORATION D'UN PROCESSUS DE CONSTRUCTION	72
3:1	LES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DANS LE NORD	72
	Le Temps Froid et le Rendement Humain La Main-d'Oeuvre Nordique et Indigène La Main-d'Oeuvre Méridionale dans le Nord La Protection de la Main-d'Oeuvre Les Organisations du Travail dans le Nord	
3:2	LES TRANSPORTS ET LA LOGISTIQUE	78
	Le Transport par Mer Le Transport par Air Le Transport par les Voies Terrestres L'Entreposage et la Protection des Matériaux L'Equipement de Construction et l'Entretien L'Equipement de Construction et le Temps Froid	
3:3	LES STRUCTURES FABRIQUEES EN USINE ET LES SYSTEMES DE CONSTRUCTION	82
	Structures Fabriquées en Usine Maisons Mobiles Bâtiments Modulaires La Construction et les Sous-Systèmes Les Systèmes Ouverts et les Systèmes Fermés	
3:4	LES INFORMATIONS NECESSAIRES A LA CONCEPTION, LA RETROACTION ET LA PLANIFICATION DES PROJETS	88
	Les Informations concernant la Conception La Collection des Informations en vue de la	

	Conception	
	Une application Systématique de la Rétroaction	
	La Planification et la Coordination des Projets	
3:5	LE PROGRAMME DE CONSTRUCTION DE L'UNIVERSITY OF ALASKA	94
	Le Contexte: L'University of Alaska	
	Le Programme de Construction de 1971	
	La Conception Spatiale Générique	
	L'Approche Systématique	
	Le Contrat de Gestion	
	Le Programme de Construction de 1973	
	La Conception Spatiale Générique	
	L'Approche Systématique	
	Le Contrat de Gestion	
	Le Rôle du Client	
	La Coordination et la Planification	
	Les Informations de Rétroaction	
	Le Partage de la Responsabilité	
	Les Restrictions imposées par les Codes de Construction	
	L'Université en tant qu'Organisme Educatif	
CHAPITRE 4	LES SOLUTIONS	111
4:1	ETUDE DE CAS: LES BATIMENTS SCOLAIRES	111
	Le Lieu et le Climat	
	La Planification et la Conception	
	La Technologie de la Construction et la Préfabrication	
	Les Tests de Performance	
	Le Processus de Fabrication	
	Le Transport et le Montage	
4:2	ETUDE DE CAS: LE DEVELOPPEMENT D'UN CENTRE HYDRO-ELECTRIQUE	116
	Le Lieu et le Climat	
	La Planification et la Conception	
	L'Organisation du Projet	

Le Transport et la Logistique

4:3	ETUDE DE CAS: LES FACILITES INDUSTRIELLES	120
-----	---	-----

Le Lieu et le Climat
La Planification et la Conception
La Technologie de la Construction et
la Préfabrication
Le Transport et la Logistique

4:4	ETUDE DE CAS: LES FACILITES MILITAIRES	124
-----	--	-----

Le Lieu et le Climat
La Planification et la Conception
La Technologie de la Construction et la
Préfabrication
Le Transport et la Logistique

4:5	ETUDE DE CAS: UN PROGRAMME DE LOGEMENTS	126
-----	---	-----

Le Lieu et le Climat
La Planification et la Conception
La Technologie de la Construction et la
Préfabrication
Le Transport et la Logistique
La Main-d'Oeuvre

CHAPITRE 5	L'ENVIRONNEMENT BATI	130
------------	----------------------	-----

5:1	LES PROBLEMES PSYCHOLOGIQUES ET LA CONCEPTION DE L'ENVIRONNEMENT	131
-----	---	-----

La Classification des Problèmes Psychologiques
Isolement
Dépaysement
Manque de Stimuli
La Classification des Conditions Géographiques
L'Interaction des Conditions Géoclimatiques
et Psychologiques
Les Solutions Proposées

5:2	LA RETROACTION ET LA PLANIFICATION DES COMMUNAUTES	139
5:3	LE DEVELOPPEMENT DES COMMUNAUTES DANS LE GRAND NORD	143
5:4	LA CONCEPTION DES COMMUNAUTES A L'AIDE DES METHODES PSYCHO-GRAPHIQUES	145
CHAPITRE 6	UNE "APPROCHE EQUILIBRÉE"	148
	Une Approche Révolutionnaire	
	Une Approche Evolutionnaire	
	Une Solution de Compromis	

L I S T E D E S I L L U S T R A T I O N S

Figure 1	Carte montrant les zones de pergélisol dans l'Arctique Nord-Américain	19
Figure 2	Températures typiques dans le pergélisol	23
Figure 3	Méthode d'isolation pour les fondations	30
Figure 4	Pressiomètre Ménard de type G- dispositif de l'essai	35
Figure 5	Représentation schématique des résultats des essais à l'aide du pressiomètre (char- ges par paliers successifs)	35
Figure 6	Résultats d'un essai pressiométrique à court terme dans l'argile varvée	38
Figure 7	La résistance de trois différents sols gelés en fonction du temps	41

Figure 8	Méthode de traitement des données pour déterminer les paramètres de fluage	41
Figure 9	Les éléments des toits plats	52
Figure 10	Arrangement typique d'un toit isolé	52
Figure 11	Coupe transversale d'une route à Churchill Falls	62
Figure 12	Un "Utilidor" - unité de services pour une maison	65
Figure 13	Un "Utilidor" - unité de services pour un groupe de maisons	66
Figure 14	Relation entre la profondeur et le pourcentage d'utilisation de l'argile à blocs	92
Figure 15	Conception des espaces génériques	98
Figure 16	Programme de construction de l'University of Alaska	102
Figure 17	Séquence des décisions pour les travaux de construction de l'University of Alaska	109
Figure 18	Plan et perspective de la Academic and Occupational School de Frobisher Bay	112
Figure 19	Plan de Svappavaara en Suède	140

L I S T E I N D I Q U A N T L E S N O M S D E S
P A R T I C I P A N T S E T L E S T I T R E S
D E L E U R S E X P O S E S

- AAMOT, H.W.G., LES TOITS PROTEGES PAR UNE MEMBRANE
- U.S. Army Cold Regions Research
and Engineering Laboratory
New Hampshire
- Voir pages: 51-55.
-
- ALLEN, G.B., UN PROGRAMME DE LOGEMENT POUR LE GRAND
NORD
- Ministère des Affaires Indiennes
et du Nord Canadien
- Voir pages: 74, 126-129.
-
- BROWN, R.J.E., LA REPARTITION DU PERGELISOL AU CANADA,
LES RELATIONS ENTRE LE CLIMAT ET LE SOL
- Division des Recherches en Bâtiment
Ottawa
- Voir pages: 16-22.
-
- COULTER, P.E., LE DEVELOPPEMENT D'UNE COMMUNAUTE ARCTI-
QUE AYANT UN CLIMAT CONTRÔLÉ
- Arccrad Limited,
Ottawa

CRITTENDEN, E.B., PROCEDURE DE DEVELOPPEMENT D'UNE COMMUNAUTE DU GRAND NORD

Architecte,
Anchorage, Alaska

Voir pages: 130, 145-147.

CRORY, F., LES FONDATIONS PROFONDES DANS LES ZONES DE PERGELISOL

U.S. Army Cold Regions
Research and Engineering
Laboratory
New Hampshire

ERSKINE, R., LA RETROACTION ET LA PLANIFICATION DES COMMUNAUTES

Architecte,
Suède

Voir pages: 139-142.

FRYER, M et R. NELSON, CONCEPTS POUR LA PLANIFICATION ET LA CONCEPTION DANS LE GRAND NORD

R. & M. Engineering and Geological
Consultants,
Fairbanks, Alaska

Voir pages: 89-93, 94.

GERIN-LAJOIE, G., DES SOLUTIONS ADAPTEES AU GRAND NORD

Papineau, Gérin-Lajoie, Le Blanc,
Architectes,
Montréal

Voir pages: 89, 111-116.

GRAINGE, J.W., LA PLANIFICATION DES COMMUNAUTES DANS
LE GRAND NORD

Environnement Canada
Edmonton

Voir pages: 50, 58-63, 68.

HILBERTZ, W. et V. HARTKOPF LA VILLE DE GLACE ET SON CONTEXTE

Department of Architecture
Carnegie-Mellon University
Pittsburgh, Pa.

Voir pages: 130, 150.

HOLDEN, R., UN PROCESSUS DE CONSTRUCTION POUR LE GRAND
NORD - LE PROGRAMME DE CONSTRUCTION DE
L'UNIVERSITY OF ALASKA

Architecte
University of Alaska

Voir pages: 94, 110.

JACOBSEN, G., PROCESSUS DE GENIE ET DE CONSTRUCTION

Conseiller pour les affaires arctiques
Montréal

Voir pages: 31-33, 57, 63-69, 75, 79, 93,
150.

ROUNTHWAITE, C.F.T., L'ENVELOPPE EXTERIEURE DES BATIMENTS

Marani, Rounthwaite and Dick
Architectes
Toronto

Voir pages: 46-47, 69-71, 148, 149.

SCHAEFFER, D., LES STRUCTURES FABRIQUEES EN USINE ET
LE GRAND NORD

Conseiller de recherche
Alaska

Voir pages: 83-85.

SCHOENAUER, N., LA CONCEPTION DES NOUVELLES VILLES
DANS LES REGIONS SUB-ARCTIQUES

Ecole d'Architecture
McGill University
Montréal

Voir pages: 44-46.

STAIRS, K.W., L'ENVIRONNEMENT, LES ASPECTS SOCIAUX
ET LA CONCEPTION DU LOGEMENT DANS LE NORD
DU CANADA

Ministère des Affaires Indiennes et
du Nord Canadien
Ottawa,

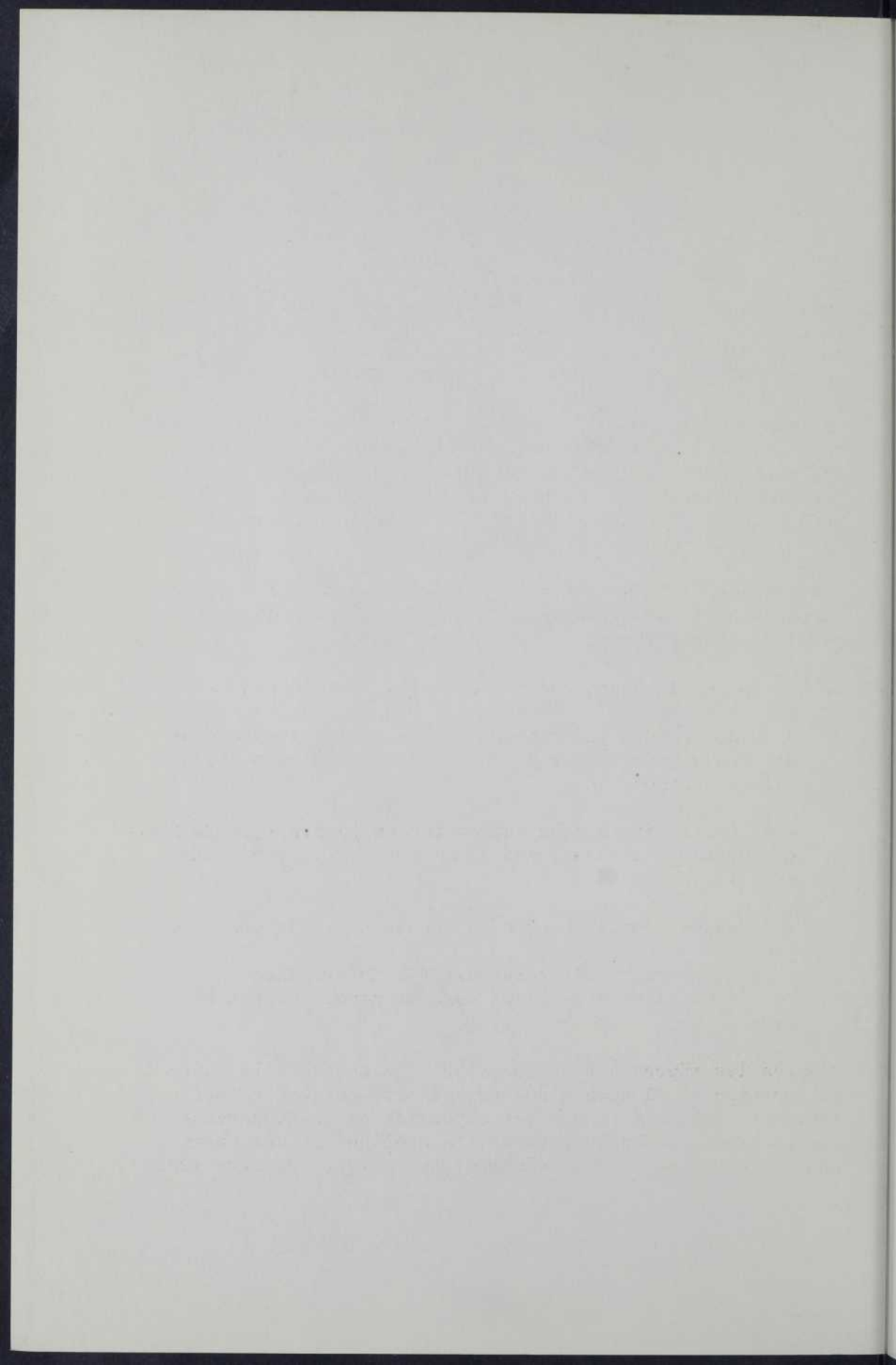
Voir pages: 8-11, 143-145, 150.

TIMUSK J., et ISOLATION DES FONDATIONS
E.T. ROBINSKI

Département de Génie
University of Toronto

Voir pages: 28-31.

- TOBIASSON, W., LA PERFORMANCE DES BATIMENTS DANS
 LES REGIONS FROIDES
- U.S. Army Cold Regions Research
 and Engineering Laboratory
 New Hampshire
- Voir pages: 93-94.
-
- TOMLINSON, M., LA COMMUNAUTE DE CHURCHILL FALLS
- Directeur du Projet
 Churchill Falls (Labrador)
 Corporation
- Voir pages: 62, 116-120.
-
- ZIELINSKI, Z., UTILISATION DES COMPOSANTS MODULAIRES
 EN BETON
- Département de Génie Civil
 Sir George Williams University
 Montréal
-
- ZRUDLO, L., LES PROBLEMES PSYCHOLOGIQUES DANS LE
 GRAND NORD - LEUR INFLUENCE SUR LA
 CONCEPTION DE L'ENVIRONNEMENT BATI
- Centre d'Etudes Nordiques
 Université Laval
 Québec
- Voir pages: 131-139.



0:0 INTRODUCTION

LES OBJECTIFS DE LA CONFERENCE

L'objectif de la conférence sur la Construction dans les Communautés Nordiques fut principalement d'établir un pont entre ceux qui construisent dans le nord et ceux qui possèdent des informations utiles et une expérience pratique de la technologie contemporaine. Cette conférence porte sur trois thèmes principaux qui permettent de définir (i) quelles sont les demandes imposées par la construction nordique sur la technologie, (ii) quels sont les outils fournis par les méthodes de gestion et par la technologie de la construction proprement dite pour remplir cette tâche et (iii) quels sont les exemples qui faciliteront la construction dans le Grand Nord à l'avenir.

Ces échanges d'informations furent entrepris de différentes façons - sous forme d'exposés magistraux, de séminaires ou de discussions libres.

Le but de ces échanges était d'essayer:

- de donner des informations à ceux qui entreprennent des travaux de recherche sur des sujets et des disciplines annexes;
- de faire part à ceux qui sont dans la pratique de l'expérience des divers participants de l'équipe de construction;
- d'établir un pont entre la recherche et la pratique;
- et de fournir aux chercheurs des informations de rétroaction recueillies dans le monde des praticiens.

D'après les réponses à un questionnaire envoyé à la suite de la conférence, il semble que ces efforts ont été relativement satisfaisants et que les objectifs de la conférence ont été réalisés. Cependant, comme l'a souligné un des participants, le succès de cet événement ne pouvait pas être 100%

confirmé, tant que les délibérations n'auraient pas été publiées.

La publication de ces délibérations posait un certain nombre de problèmes du fait de la nature éclectique des délibérations qui se présentaient sous des aspects assez variés. Plusieurs exposés résumaient des travaux antérieurs faits par les auteurs; d'autres, faits par des praticiens, se présentaient sous forme de conversation illustrée par des diapositives pour faciliter les communications et mettre certains points en évidence; enfin plusieurs exposaient des idées similaires mais d'une façon différente. Il était donc assez difficile de concevoir une présentation homogène. Malgré ces inconvénients, l'Equipe de direction décida d'envisager la publication de la conférence parce que:

(i) le lecteur intéressé devait avoir une vue d'ensemble sur toutes les connaissances qui avaient été exposées à la conférence;

(ii) cette collection impressionnante d'informations ne devait pas tomber dans l'oubli;

(iii) un grand nombre de contributions, qui n'auraient pas été publiées sous forme d'un exposé scientifique traditionnel ou d'une étude de cas, devaient être rapportées;

(iv) enfin, la collection de ces informations devait être le point de départ d'une nouvelle conférence.

LE CONTENU DU RAPPORT

Ce rapport est divisé en plusieurs chapitres. Le texte est constitué par des analyses de plusieurs exposés, de notes, de commentaires et d'informations supplémentaires sur le contexte général.

L'Editeur a essayé d'être aussi impartial que possible et d'inclure toutes les informations qui lui semblaient pertinentes. Cependant, du fait de certaines préférences personnelles, de la disponibilité des informations, de la né-

cessité de présenter une étude concise et complète, certains problèmes sont présentés d'une façon plus détaillée que d'autres. L'Editeur s'excuse auprès des participants qui pourraient avoir l'impression que leur sujet n'a pas été suffisamment développé ou mis en évidence. Les problèmes rencontrés au cours de la collection d'informations aussi disparates furent très nombreux et très variés, mais l'Editeur espère que tous les participants comprendront ces problèmes et montreront une certaine indulgence.

LA PRESENTATION DU RAPPORT

Le programme de la conférence était divisé en quatre modules séparés mais concomitants. La présentation du rapport correspond plus ou moins à l'ordre dans lequel les exposés furent présentés au cours de la conférence.

- 1 - Introduction: discussion sur le développement du Grand Nord - les problèmes géographiques et la politique;
- 2 - Module 1: discussion de l'interaction entre les conditions géo-climatiques du Grand Nord et la conception des infra-structures des bâtiments;
- 3 - Module 2: discussion des processus de construction - y compris la logistique, la technologie et la gestion;
- 4 - Module 3: discussion portant sur les solutions bâties dans le Grand Nord;
- 5 - Module 4: discussion sur les aspects psychologiques et sociologiques de la construction dans les communautés nordiques;
- 6 - Conclusion: examen des interactions entre les différents facteurs impliqués par la construction dans le Grand Nord.

1:0 LE DÉVELOPPEMENT DU GRAND NORD

Au cours de l'organisation de la conférence, l'Equipe de Direction essaya d'éviter toute discussion sur les implications politiques du développement du Grand Nord, non pas parce que le Comité sous-estimait ces problèmes, mais parce qu'il considérait que d'autres conférences les avaient déjà examinés d'une façon détaillée et qu'il serait beaucoup plus utile que la conférence qu'il organisait porte sur les aspects proprement techniques de la construction dans l'Arctique. Cependant, il fut pratiquement impossible de séparer totalement les questions techniques des problèmes politiques et moraux. Le premier chapitre présente donc un résumé des principaux sujets qui furent soulevés au cours de la conférence en ce qui concerne le développement du Grand Nord, c'est-à-dire l'exploitation, les effets du progrès ou de la destruction selon les points de vue, soulignant les relations entre les grandes questions socio-politiques et les problèmes journaliers auxquels font face ceux qui construisent dans le Grand Nord.

1:1 LE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE ET LA GEOGRAPHIE DU GRAND NORD

Trevor Lloyd

D'après une analyse préparée par l'Editeur. (1)

La plupart des auteurs reconnaissent - malgré une certaine réticence - que l'expansion économique du Grand Nord canadien continuera à se développer en exploitant des ressources qui ne sont pas renouvelables. Cette exploitation se produit dans certaines régions caractéristiques: (i) le "Bouclier" Canadien ou précambrien, qui est une région de roches très anciennes, contenant une grande quantité de minerais, tels que l'uranium, l'or, le radium, l'argent, le fer, etc., et (ii) une région qui s'étend de

l'ouest vers le nord, où les roches sont plus jeunes et contiennent des ressources, telles que le charbon, le pétrole, et le gaz naturel. Le Nord canadien ne doit donc pas être considéré comme une région homogène.

Les méthodes du développement nordique sont dictées, jusqu'à un certain point, par l'accessibilité de la région exploitée. En effet, si certaines parties du Grand Nord canadien sont très faciles d'accès, d'autres sont pratiquement inaccessibles. Il est maintenant possible d'atteindre la Vallée du Mackenzie par la route; cette région d'ailleurs est assez accessible, puisqu'elle n'est pas coupée par de hautes montagnes, ni isolée par la mer. Par contre, on ne peut pas atteindre l'est de l'Arctique par les voies terrestres. Cependant, si l'on veut transporter des marchandises par bateau, il n'est pas possible de rejoindre la Vallée du Mackenzie par mer, excepté dans la région extrême, en faisant un long détour le long des Aleutes et le nord de l'Alaska. L'est de l'Arctique est beaucoup plus accessible par mer grâce à l'Atlantique, le Détroit d'Hudson (depuis Churchill sur la Baie d'Hudson), le Détroit de Davis et la Baie de Baffin (depuis les îles nordiques), qui constituent l'ancienne route du nord-ouest.

Si l'on compare tous les territoires nordiques, on constate que le nord canadien est moins développé. Le retard de ce développement est dû en fait aux difficultés inhérentes à la situation canadienne qui ne s'appliquent pas aux autres pays nordiques. Le nord de la Norvège, par exemple, est une région sub-arctique où il est possible de naviguer toute l'année autour du Cap Nord qui est situé sur le 70ème parallèle nord, latitude qui correspond au point le plus extrême de l'Alaska où la navigation est impossible, excepté pendant certaines journées d'été. L'ouest du Groenland - où les Danois ont entrepris un développement éducatif, économique et social remarquable - jouit de conditions particulièrement favorables. La partie sud-ouest est ouverte à la navigation pendant toute l'année et le climat y est relativement doux pour un pays du nord. En URSS, quoique le climat soit très froid, les problèmes d'accessibilité sont plus faciles à résoudre. A la différence du Grand Nord canadien, aucun de ces pays ne possède un très grand nombre de petites îles qui entravent la navigation. De plus, les grandes rivières du nord de la Sibérie fournissent d'excellentes

routes de transport vers les villes sud de la côte arctique. Au Canada, la dérive des glaces réduit la période de navigation à moins de deux mois. Quoique cette courte période n'entrave pas totalement les développements (voir le Projet d'Asbestos Hill, p. 120), les problèmes d'accessibilité affectent la rapidité du développement. Cependant, grâce au transport par air, il est maintenant possible d'atteindre toutes les régions de l'Arctique - quelles que soient leurs caractéristiques physiques. Le transport aérien est la clé du développement de la vie urbaine dans le Grand Nord.

Le développement peu rapide du Canada a cependant un avantage puisqu'il a permis de tirer profit de l'expérience des autres pays nordiques.

Du fait que le nord est un endroit si coûteux, la main-d'oeuvre y est rare et très qualifiée. Il est donc fort probable que ces ouvriers qualifiés demanderont que des services éducatifs et sociaux soient développés et que les avantages de la vie urbaine soient disponibles même dans les pays nordiques. Sous la pression de ces demandes, il est évident que les petites communautés nordiques, fondées selon les principes des anciens comptoirs disparaîtront peu à peu et la population se concentrera dans quelques grands centres, auxquels seront rattachées des communautés satellites. Comme ces grands centres régionaux et ces communautés satellites seront séparés par de grandes distances, il faudra développer des moyens de communication et de transport. La mobilité de la population augmentera et l'on verra apparaître un nomadisme urbain. Etant donné ce nouveau genre de vie de la population et les intérêts des industries qu'elle desservira, il sera probablement raisonnable de prévoir un contrôle administratif au niveau local ou municipal plutôt qu'au niveau fédéral, territorial ou provincial.

Notes:

- 1 - Lloyd T., *The Land and the People - The Unbelievable Land (La Terre et ses gens - une Terre Incroyable)*, Queen's Printer, Ottawa, 1964.

1:2 LA POLITIQUE ET LE DEVELOPPEMENT
NORDIQUE

Selon l'opinion d'un grand nombre de gens, le développement de l'Arctique est extrêmement complexe du fait de l'esprit de concurrence intense qui anime tous ceux qui veulent exploiter la terre nordique. L'utilisation et l'occupation de cette terre par les indigènes sont continuellement entravées par l'exploitation du pétrole, la recherche de diverses ressources et les activités de développement.⁽¹⁾ Pour que les indigènes aient la possibilité de maintenir leur mode de vie traditionnel, il est essentiel que la faune arctique puisse survivre et que l'habitat naturel dans lequel elle vit, puisse être préservé. Or, la préservation de l'habitat naturel n'est pas une tâche facile, car l'écologie arctique est extrêmement sensible et délicate. Une enquête sur la pollution (Pollution Probe)⁽²⁾ a souligné les caractéristiques de cet environnement "délicat".

- "1. Le pergélisol est couvert par une fine couche de végétation qu'on appelle la toundra. Toute atteinte de cette couche protectrice expose le pergélisol à la chaleur de l'été et entraîne la fonte de la glace et l'érosion.
2. Du point de vue biologique, les effets du temps sont beaucoup moins rapides dans l'Arctique que dans les climats tempérés et, par conséquent, le processus de régénérescence est très lent.
3. L'élimination des déchets est lente puisque ceux-ci sont préservés par le froid pendant de très longues périodes au lieu d'être décomposés comme dans les régions plus tempérées. Ce problème est particulièrement sérieux, surtout lorsqu'il s'agit de déchets provenant de l'exploitation de l'essence, puisque les processus de décomposition et de dispersion n'interviennent que pendant quelques mois au cours de l'année.
4. La faune indigène, dont l'équilibre est tout à fait précaire, est affectée par tout changement, même si les conditions naturelles ne sont que très légère-

ment modifiées. L'équilibre de ce système inclut l'influence d'une population indigène stable.

5. Le petit nombre des espèces est une caractéristique importante de l'écosystème de l'Arctique, et de ce fait, les chaînes de nutrition sont d'une extrême simplicité. Les écosystèmes des pays plus méridionaux ont généralement un grand nombre d'espèces, tandis que les niches arctiques ne possèdent ordinairement qu'une seule espèce. Ce manque de diversité rend le système très vulnérable à la destruction. Alors que dans les systèmes plus complexes, une espèce peut être détruite sans entraîner d'effets très sérieux, la disparition d'espèces uniques - aussi bien dans le monde animal ou végétal - peut avoir des répercussions considérables sur tout l'écosystème de l'Arctique".

De nombreux rapports ont signalé les conséquences néfastes que peut avoir tout développement inconsidéré. Il n'est pas possible de rappeler toutes les recommandations de ces rapports dans cette brochure, mais la section suivante présentera brièvement les efforts qui ont été faits par le gouvernement fédéral pour réglementer le développement du Grand Nord. Des aspects plus détaillés sur le contrôle de la pollution dans l'environnement bâti sont examinés dans la Section 2.3 de ce rapport.

LE DEVELOPPEMENT NORDIQUE: LA POLITIQUE DU GOUVERNEMENT FEDERAL.

K.W. Stairs

D'après une analyse préparée par l'Editeur.

La politique du gouvernement fédéral canadien en ce qui concerne le développement de l'Arctique a été définie afin de :

- "permettre le développement social, culturel, politique et économique du Yukon et des Territoires du Nord-Ouest en collaborant avec les gouvernements territo-

riaux et en coordonnant les activités des différents ministères et agences fédérales en fonction des besoins de la population indigène nordique". (3)

De plus, le ministre des Affaires Indiennes et du Nord Canadien attache une importance spéciale à la protection de l'environnement.

- "Les gens, les ressources et l'environnement, dit-il, sont les principaux éléments de toute stratégie qui permettra de développer le Grand Nord; les besoins de la population sont plus importants que le développement des ressources; le maintien de l'équilibre écologique est primordial". (4)

Pour protéger et améliorer l'environnement nordique, le gouvernement canadien a promulgué trois grandes lois. La première permet de contrôler l'utilisation des eaux dans le Yukon et les Territoires du Nord-ouest; la seconde est une loi qui cherche à empêcher la pollution des eaux arctiques adjacentes aux territoires et aux îles nordiques; enfin, la troisième est une loi pour améliorer les lois du Yukon, des Territoires du Nord-Ouest et le domaine public. Ces trois lois sont très importantes parce qu'elles donnent au gouvernement la possibilité de contrôler l'utilisation des eaux à l'intérieur du Yukon et des Territoires du Nord-ouest, de prévenir la pollution des eaux arctiques et de protéger les caractéristiques écologiques et physiques de toute région dans le Yukon et les Territoires du Nord-ouest.

Depuis la promulgation de ces lois, deux règlements ont été approuvés et publiés. Ces règlements s'appliquent au contrôle des eaux dans la région du nord et à l'exploitation du domaine public.

Les règlements qui régissent la gestion des eaux dans le Yukon et dans les territoires du Nord-ouest établissent un système d'utilisation des eaux, en fonction des besoins de l'agriculture, des réserves, de l'industrie, des services municipaux et de l'énergie électrique et déterminent l'application de ces règlements, soulignant certains aspects, tels que les méthodes d'enregistrement, les relevés des terrains, les permis de construire, le coût de l'eau, les autorisations permettant d'utiliser l'eau sans un permis spécial et l'ex-

propriation de la terre. La première partie de ces règlements présente un ensemble de recommandations générales pour quiconque entreprend d'exploiter une terre au nord du 60^{ème} parallèle. La seconde partie détermine des zones territoriales afin de faciliter la gestion, identifie les difficultés des opérations qui doivent être envisagées dans ces régions particulièrement délicates et établit comment ces opérations doivent être menées. La troisième partie porte sur l'application des règlements eux-mêmes.

Ces règlements traitent des questions telles que les excavations, le passage des eaux, le tracé des routes et des autoroutes, la délimitation des chemins et des voies de passage, les monuments, les sites archéologiques, les lieux de campement, les entrepôts d'essence, le déplacement des bâtiments et de l'équipement. Selon ces règlements, personne ne peut entreprendre l'exploitation de la terre dans les zones contrôlées sans avoir un permis. Toute application doit être soumise en deux exemplaires à l'Ingénieur responsable, qui est le Directeur administratif régional de la Division des Eaux, des Forêts et de la Terre, rattachée au Ministère des Affaires Indiennes et du Nord Canadien.

Toute application doit être accompagnée par des plans préliminaires qui indiquent la nature des travaux qui seront entrepris. L'Ingénieur a le droit de faire une inspection avant le commencement des travaux qui sont définis par le permis, au cours de la construction et après l'achèvement de la construction. L'Ingénieur peut inclure dans le permis les conditions qui ont été approuvées. Lorsque les travaux sont achevés, le détenteur du permis doit soumettre des plans définitifs, indiquant d'une façon précise les travaux qui ont été faits. Les règlements prévoient qu'une certaine somme d'argent doit être déposée par celui qui reçoit le permis, afin que les pouvoirs publics puissent s'assurer que les conditions et les règlements prévus par le permis seront satisfaits.

La construction de l'autoroute de Mackenzie est un des plus grands projets de construction entrepris actuellement par le Ministère des Affaires Indiennes et du Nord Canadien, en accord avec ces règlements. Ceux-ci ont eu des conséquences économiques très importantes pour le projet puisqu'ils

ont fait augmenter les coûts de la préparation des plans préliminaires de travaux et les coûts de la construction elle-même.

L'augmentation des coûts préliminaires est due au fait qu'il fallut obtenir plus d'informations sur les caractéristiques des sols, du pergélisol, des systèmes de drainage et du comportement de la faune aquatique et terrestre. Quant à l'augmentation des coûts de construction, elle peut être attribuée en grande partie au fait qu'il fallut créer de plus grands ponceaux - et dans certains cas des ponts au lieu de ponceaux - afin de ne pas influencer les déplacements de la vie aquatique au moment du frai. Tous ces changements nécessitèrent plus de temps pour produire les dessins d'exécution initiaux et toutes les étapes du processus de planification furent étudiées par un grand nombre de comités, dont le plus important était le comité interdépartemental, présidé par le représentant du Ministre de l'Environnement. Ce comité a la responsabilité d'examiner les problèmes que les travaux peuvent créer dans l'environnement, et, en cas de litige, il joue un rôle d'arbitre.

LE DEVELOPPEMENT NORDIQUE: UNE APPROCHE ALTERNATIVE

Analyse préparée par l'Editeur.

Afin de maintenir une position neutre sur un sujet aussi délicat que le développement du Grand Nord, il est nécessaire de souligner que certains participants de la conférence n'étaient pas d'accord avec l'exposé de M. Stairs sur la politique du gouvernement canadien. Puisque nous ne possédons pas un résumé exact des discussions qui ont eu lieu au cours de la conférence, cette section du rapport ne présente qu'un résumé des principales critiques qui ont été soulevées. Certains - et en particulier le Comité des Ressources Canadiennes de l'Arctique - critiquèrent le gouvernement qui ne semble pas donner la priorité aux intérêts des indigènes comme il le prétend. Bien plus, Peter Cumming (5) avança que "la première préoccupation du gouvernement à l'égard de l'utilisation de la terre nordique a toujours été de préserver les intérêts de l'industrie du pétrole, parce que le gouvernement lui-même tire de grands profits de l'exploitation et du développement de cette industrie". Un rapport récent publié par le Comité des Ressources Canadiennes de l'Arctique sur le rôle et les effets de la réglementation de l'uti-

lisation de la terre, a souligné que l'application de ces règlements était trop limitée pour résoudre le problème essentiel, c'est-à-dire l'utilisation d'une parcelle de terre donnée, et que les règlements eux-mêmes n'étaient que des mécanismes qui permettaient uniquement d'améliorer l'environnement ou de minimiser les dommages qui pourraient l'affecter, tout en donnant libre cours à la spéculation".

Rappelant l'historique du développement des règlements, ce rapport souligne que le gouvernement se montre peu enclin à impliquer le public dans le développement du Grand Nord - et en particulier le public qui est le plus directement affecté, c'est-à-dire les indigènes, même lorsqu'il s'agit de règlements portant sur des questions secondaires comme les processus administratifs contrôlant l'utilisation de la terre.⁽⁶⁾ Et le rapport de préciser que: "le Ministère des Affaires Indiennes et du Nord Canadien a un pouvoir de juridiction exclusif sur le contrôle et l'utilisation de la terre nordique et que le Ministère de l'Environnement n'a pas vraiment la possibilité d'imposer sa volonté. Le service des Affaires Indiennes et le service des Parcs sont dominés par le service du Développement Economique Nordique lorsqu'il s'agit du domaine public. Bien plus, le Développement Economique Nordique prend toutes les décisions, sauf dans quelques situations exceptionnelles, lorsque le service des Parcs - et non pas le Service du Développement Economique Nordique - détermine l'emplacement d'un nouveau parc à la demande du Ministre de l'Environnement; malheureusement, ces interventions sont extrêmement rares, même si la publicité les monte en épingle au nom de la conservation du Grand Nord. Les autres services du Ministère des Affaires Indiennes et du Nord Canadien devraient travailler en collaboration avec le service du Développement Economique Nordique; malheureusement, cette collaboration qui devrait être réciproque, n'est en fait que très théorique. Qui donc exerce la "machinerie" du contrôle qui sert à minimiser les dommages des activités d'exploitation sur l'environnement naturel? Le service du Développement Economique Nordique, naturellement. Bien plus, ce service non seulement administre les règlements, mais se charge également de les appliquer. "En conséquence, un service du gouvernement, le service du Développement Economique Nordique, exerce une autorité fédérale sur les terres nordiques. Son pouvoir n'a pas d'égal au sein du gouvernement canadien, car le développement de

l'exploitation de l'Arctique est le seul objectif du Développement Economique Nordique. Certes, cette attitude est peut-être justifiée, puisqu'il a été créé pour remplir cette fonction, mais elle ne permet pas la collaboration, le contrôle et l'équilibre dont tout le monde parle, et l'on se demande si elle reflète les valeurs qui importent à l'électeur canadien. Il est vrai que lorsque le gouvernement prend part aux activités d'exploration comme dans le cas de l'exploitation des Pétroles Panarctiques, l'application et le contrôle des règlements deviennent monolithiques et plutôt inquiétants, puisque ceux qui contrôlent et ceux qui sont contrôlés, représentent les mêmes intérêts! "

L'issue de ces discussions sur le contrôle de la terre - malgré son importante intrinsèque - ne peut pas être débattue sans tenir compte des autres problèmes. En fait, le développement économique de l'Arctique ne devint un objectif souhaitable que lorsque la crise de l'énergie et le manque de ressources naturelles poussèrent les grandes sociétés à rechercher le pétrole, le gaz naturel et les minerais, au-delà des frontières connues.

De nouveau les Canadiens furent illuminés par les grandes "visions" d'exploration nordique qui animèrent leurs esprits et excitèrent leur soif de richesse au cours de deux élections fédérales. Très rapidement, le pays se rallia aux objectifs du gouvernement pour suivre les chemins qui mèneraient à la découverte de trésors. Dans un enthousiasme délirant, on décrivait l'Arctique comme la dernière frontière où il fallait déblayer des pistes, frayer des chemins et développer des banlieues magnifiques. Au cours de ce processus, bien entendu, l'acquisition des richesses était assurée.

Des changements se sont produits pendant les dix dernières années, et, de plus en plus, certains experts ont montré les conséquences que pourrait avoir le développement de l'Arctique canadien entrepris avec une telle frénésie.

Ces experts se demandaient en effet:

si l'Arctique devait être développé aux dépens de l'environnement canadien et aux dépens des indigènes qui sont cependant canadiens, au profit des

grandes sociétés américaines qui ont désespérément besoin des ressources et qui ne cherchent qu'à bénéficier de ce développement;

s'il ne fallait pas que le développement nordique soit entrepris avec le consentement de tous ceux qui sont impliqués et en particulier avec la participation des indigènes;

enfin, s'il était plus profitable, à long terme, de laisser les ressources dans le sol pour le moment, et s'il fallait limiter temporairement le développement nordique.

Autrement dit, on commençait à se demander si l'expansion du nord devait être contrôlée?

Ces questions brûlantes constituent le fondement de la politique du développement nordique et elles sont sans cesse débattues.

Notes:

- 1 - Usher P.J. et G. Beakhurst; Land Regulation in the Canadian North, (La réglementation de la terre dans le Grand Nord), Comité des Ressources Canadiennes de l'Arctique, Ottawa, novembre 1973.
- 2 - Pollution Probe; (Enquête sur la Pollution); délibérations d'une conférence sur les diverses alternatives proposées pour l'Arctique; Comité des Ressources Canadiennes de l'Arctique, Ottawa, 1973.
- 3 - Cité par M. Stairs comme l'objectif du programme de développement nordique proposé par le Ministère des Affaires Indiennes et du Nord Canadien; la source exacte n'est pas connue.
- 4 - Document de cabinet no. 1357-70, Les objectifs nationaux du Canada Nordique, Ottawa, 30 novembre 1970.
- 5 - Usher P.J. et G. Beakhurst, op. cit.
- 6 - Idem.

2:0 L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE

Ce chapitre examine l'interaction entre les caractéristiques des conditions géo-climatiques du nord et la conception de l'infrastructure des bâtiments.

Il est probable que le facteur physique le plus important, qui influence la construction dans le nord, soit la présence du pergélisol. La première section présente brièvement les caractéristiques du pergélisol et discute les problèmes en fonction de la conception des fondations dans les régions du pergélisol.

La deuxième section cherche à montrer qu'il est possible de réduire les effets du climat si l'on construit en tenant compte de certains principes de planification de l'ensemble de la communauté. Cette section décrit aussi la conception des bâtiments individuels afin de protéger les habitants contre le climat froid.

La troisième section étudie le contrôle de la pollution dans le nord, car les grands froids et l'impossibilité de construire des systèmes de canalisations dans le pergélisol rendent l'évacuation des déchets assez problématique.

En conclusion, la quatrième section définit les exigences de qualité et de performance que devraient présenter les bâtiments construits dans le nord.

2.1 LES FONDATIONS ET LE PERGELISOL

Cette section présente le pergélisol et ses caractéristiques,

les problèmes rencontrés lorsqu'on conçoit des fondations dans les zones affectées par le pergélisol, l'utilisation des matériaux isolants pour les fondations, l'étude des sols et les tests.

LE PERGELISOL AU CANADA - RELATION ENTRE LA REPARTITION DE CE PHENOMENE, LE CLIMAT ET LE TERRAIN.

R.J.E. Brown

D'après une analyse préparée par M. Brown. (1) et (2)

La région de pergélisol est divisée en deux zones; la première, discontinue, se trouve dans la partie la plus au sud, la seconde, continue, au nord de la précédente. Dans la zone discontinue, on trouve à la fois des couches gelées et non gelées. Au sud de cette zone, le pergélisol se présente sous forme de blocs répartis çà et là, sur une superficie couvrant plusieurs pieds carrés et même plusieurs acres, surtout lorsque les terrains sont tourbeux. On le rencontre aussi sur les pentes ombragées des vallées orientées est-ouest et dans les lieux plantés d'arbres au bord des fleuves où le soleil ne pénètre pas pendant la période de la fonte des neiges en été et où la neige est peu épaisse en hiver. Au nord, le pergélisol se rencontre sur toutes sortes de terrains. Son épaisseur varie de quelques pouces à plusieurs pieds dans la zone sud et peut atteindre jusqu'à deux cents pieds (65m) dans la zone continue; il n'est pas rare de trouver des nappes non gelées entre deux épaisseurs de pergélisol. La limite de la couche de pergélisol varie entre deux et dix pieds (60 cm à 3,20 m) et même plus selon les conditions climatiques et selon la nature du terrain. Au-dessus du pergélisol se trouve la couche superficielle ou active dont la profondeur n'atteint pas toujours la limite du pergélisol. Dans la zone discontinue où l'amplitude annuelle est de 0° F (-18° C) la température du pergélisol varie généralement autour de 32° F (0° C) dans la partie sud de cette zone, mais peut osciller autour de 23° F (-5° C) à la limite de la zone continue.

Dans cette zone continue, le pergélisol se forme dans tous les terrains qui s'étalent en dessous de la couche superficielle, excepté dans les régions où les sédiments nouvelle-

ment déposés ne sont pas encore stabilisés et où le climat commence seulement à imposer son influence sur le régime thermique du sol. L'épaisseur du pergélisol est d'environ 200 pieds (65m) à la limite sud de la zone continue et elle décroît progressivement jusqu'à 1000 pieds (320m) dans la partie nord. L'épaisseur de la couche active varie d'ordinaire de 11/2 à 3 pieds (50 cm à 1m) et elle s'étend jusqu'à la limite du pergélisol. La température du pergélisol dans cette zone, à une profondeur où les fluctuations annuelles deviennent pratiquement imperceptibles - c'est-à-dire lorsque ces fluctuations atteignent moins de 0.1 F (-0,05°C) - varie de 23°F (-50°C) dans le sud à 5°F (-15°C) dans l'extrême nord.

Les connaissances actuelles sur la limite sud du pergélisol indiquent que la permanence du gel dans le sol coïncide plus ou moins avec l'isotherme moyen annuel de 30°F (-1°C). A l'ouest de la Baie d'Hudson, la limite sud a été plus étudiée, mais on ne possède guère d'observations sur la région qui se trouve à l'est. On a donc coutume de considérer que la limite sud coïncide avec l'isotherme moyen annuel de 30°F (-1°C). Dans les régions qui se trouvent plus au sud, le pergélisol est plus rare du fait que le climat est plus chaud. Entre les isothermes moyens annuels de 30°F et 25°F (-1°C et -4°C), le pergélisol se forme uniquement dans les régions sèches des tourbières ou des marécages, du fait des propriétés isolantes spéciales de la tourbe. Cependant, on trouve aussi des plaques de pergélisol isolées sur certaines pentes orientées vers le nord et dans certains endroits particulièrement ombragés.

Autour de l'isotherme de 25 F (-4°C), une différence de 6°F (3,5°C) entre la température de l'air et le sol produit une température moyenne annuelle du sol légèrement en dessous de 32°F (0°C) dans la plupart des terrains. A partir de l'isotherme moyen annuel de 25°F (-4°C) dans la partie nord de la zone continue, le pergélisol devient de plus en plus fréquent et de plus en plus épais et la température moyenne annuelle du sol diminue progressivement.

Il n'existe pratiquement pas d'informations sur la partie qui divise la zone continue de la zone discontinue. D'après les cartes sur l'étendue du pergélisol, cette limite se trouve plus ou moins au niveau de l'isotherme de 17°F (-9°C)

et correspond à une température moyenne du sol de 23°F (-5°C); ce critère est également utilisé en URSS. Les études entreprises le long de la côte de la Baie d'Hudson en Ontario et dans le Manitoba indiquent qu'il existe une bande étroite de pergélisol continu au sud de l'isotherme de 17°F (-9°C). Au nord de cet isotherme, le pergélisol est continu et de plus en plus épais et la température moyenne annuelle dans le sol décroît progressivement.

La répartition du pergélisol est déterminée principalement par le climat, mais la nature du terrain produit des variations locales. Dans la zone discontinue, les variations du terrain entraînent une formation dispersée de plaques de pergélisol; dans la zone continue, les propriétés thermiques du sol et le climat sont les principales causes de la gélisolation. Parmi les caractéristiques du terrain qui affectent la formation du pergélisol, il faut noter le relief, la végétation, le drainage, l'épaisseur de la neige, le déboisement par le feu, les différents types de sols et de roches, la présence de la glace et l'influence des glaciers. Par ailleurs, il faut remarquer que le pergélisol lui-même influence le faciès des terrains.

Le relief détermine aussi la quantité de radiations solaires reçues par la surface du sol et l'accumulation de la neige. L'orientation et le degré de la pente d'un terrain ont évidemment une influence considérable dans les régions montagneuses. C'est pourquoi on peut trouver une couche de pergélisol sur les pentes orientées vers le nord dans la zone discontinue, alors qu'on ne le trouve pas nécessairement sur les pentes adjacentes qui sont orientées vers le sud. Sur les pentes orientées vers le nord de la zone continue, le pergélisol est plus épais et la couche active est beaucoup plus fine.

La végétation affecte le pergélisol de différentes façons et elle fournit l'indication la plus évidente des conditions du sous-sol. En effet, la végétation protège le pergélisol contre le soleil. Cette protection est due principalement aux propriétés isolantes des mousses et de la tourbe. Si l'on enlève ou si l'on endommage la surface de ce revêtement, on provoque immédiatement une dégradation du pergélisol qui se trouve en sous-sol.



Légende

- Limite approximative de la zone continue
- - - - - Limite approximative de la zone discontinue
- · - · - · Frontière entre les régions arctique et subarctique
- · · · · Frontière entre les régions subarctique et tempérée
- - - - - Limite des arbres

Figure 1 Carte montrant les zones de pergélisol dans l'Arctique Nord-Américain.

L'eau a un rôle important sur la répartition et le régime thermique du pergélisol. Dans la zone discontinue, la formation du pergélisol est moins importante dans les régions qui sont mal drainées. Il existe presque toujours une nappe d'eau souterraine qui ne gèle jamais complètement. L'étendue de cette zone non gelée varie en fonction d'un grand nombre de facteurs, tels que l'étendue, la profondeur et la température de l'eau, l'épaisseur de la glace et de la neige en hiver, l'hydrologie générale de la région, la composition et l'accumulation des sédiments en sous-sol.

Le revêtement de neige influence le transfert de la chaleur entre l'air et le sol et par conséquent affecte la répartition du pergélisol. Les chutes de neige et la durée pendant laquelle la neige recouvre le sol sont des facteurs critiques. Les grandes chutes de neige en automne et au début de l'hiver empêchent la pénétration du gel hivernal. Par ailleurs, l'épaisse couche de neige qui persiste sur le sol au printemps, retarde le dégel du sous-sol.

Le feu est un facteur qui n'est pas normalement reconnu comme un agent affectant le pergélisol. Quoique la durée d'un incendie dans un endroit donné soit en général très court, un feu de forêt ou un feu de toundra a toujours des conséquences considérables sur le régime thermique du sol. Si l'on retire le revêtement formé par la végétation, on risque d'entraîner le dégel du pergélisol et de provoquer une grande instabilité dans le sous-sol.

Plusieurs formations caractéristiques de la surface du sol dans les régions de pergélisol sont constituées par une aggrégation de pergélisol et par de grandes masses de glace superficielles. Les pingos sont probablement les formes les plus importantes et les plus spectaculaires qu'on puisse rencontrer. Les plateaux de palse et de tourbe résultent de la ségrégation de la glace à la suite d'infiltrations dans un substratum minéral poreux comme celui des tourbières. Les fentes de glace sont très fréquentes et caractéristiques dans la zone continue de pergélisol puisqu'elles sont des manifestations en surface d'un réseau de fissures verticales souterraines provoquées par un dégel rapide au niveau du sol; on les appelle aussi coins de glace, quoiqu'elles ne soient pas toujours "en coin". On trouve aussi d'anciens fragments de roches glaciaires emprisonnés dans la

glace, qui, en roulant, laissent des traces parallèles. Un second groupe de formes caractéristiques est associé à la dégradation du pergélisol et à la fonte de la glace superficielle. On trouve donc parfois de larges masses de glace souterraines qui n'entraînent aucune manifestation particulière en surface tant que le pergélisol ne dégèle pas. Le processus de thermokarst dû à un réchauffement qui provoque le dégel, produit un modelé anarchique du sol, caractérisé par des cavités, des dépressions, des cercles de pierres et des méandres déviant les cours d'eau. Les formes dues à la solifluxion sont dues à la descente lente mais régulière de matériaux boueux ramollis par le dégel au niveau de la couche active au-dessus du pergélisol. Parmi les autres formes typiques rencontrées dans le Grand Nord, il faut noter aussi la formation de figures à la surface du sol sous l'effet du gel et du dégel, telles que les polygones flottants - lorsque les pierres ne forment qu'un dallage superficiel - et les polygones étirés qui présentent soit une alternance de bandes de pierres ou de végétation, soit des bandes de matériaux fins. Parfois, aussi, le sol se soulève et forme de petits bourgeonnements ou des petites buttes. Toutes ces manifestations indiquent une action intensive du gel et du dégel dans la couche active.

La glace est le matériau le plus important du pergélisol et elle prend diverses formes. Elle s'étale sous forme de couches ou de lentilles d'une épaisseur très variable qui peut atteindre plusieurs pieds. Ces couches sont généralement horizontales, mais on trouve aussi des couches diagonales et verticales. Ces formations de glace sont plus fréquentes dans les sols relativement fins. La teneur en glace de ces sols est considérable et dans certains cas (sols limoneux) le volume de la glace peut correspondre à six fois celui du sol. Parmi les autres formes caractéristiques, il faut noter le revêtement de la glace sur les particules, les pierres et les roches, la formation de cristaux de glace et le remplissage des cavités. Ces formations se rencontrent surtout dans les sols rocheux et granuleux. Les dépôts de glace les plus spectaculaires sont généralement dispersés quoique plus fréquents dans les couches de terrain orientées d'une façon irrégulière. Ils peuvent avoir plusieurs dizaines de pieds d'épaisseur. Les coins verticaux et les blocs horizontaux peuvent atteindre dix à cent pieds en longueur ou en profondeur. Les pingos, les palses et les

coins sont associés à ces formations de glace.

Notes:

- 1 - Voir aussi:
Brown, R.J.E., Permafrost in Canada - its influence on northern development (Le pergélisol au Canada - son influence sur le développement nordique), University of Toronto Press, 234 pages, 1970.
- 2 - Brown, R.J.E. et T.L. Pierce, Bibliographie préparée pour la Seconde Conférence Internationale sur le Pergélisol, Yakutsh, U.R.S.S., juillet 1973.

LA CONSTRUCTION SUR LE PERGELISOL

G.M. Johnston

D'après une analyse préparée à partir d'un exposé présenté précédemment par M. Johnston. (1)

Le pergélisol possède généralement des propriétés comparables à celles de la roche. Sa résistance dépend de sa composition, de sa texture, de sa teneur en glace et de sa température. Sa résistance, relativement importante, est due au fait que la glace cimente les particules du sol en une masse solide. Les propriétés mécaniques du sol gelé dans lequel la glace remplit certains ou tous les espaces entre les granules du sol ressemblent de ce fait à celles de la glace. La résistance du sol gelé a tendance à s'accroître au fur et à mesure que la température s'abaisse et en général, au fur et à mesure que l'humidité augmente, c'est-à-dire en fonction de sa teneur en glace. Dans certains sols, tels que l'argile, l'augmentation de la résistance du pergélisol est relativement peu élevée pour des températures qui s'abaissent juste au-dessous du point de congélation du fait de la quantité d'eau non gelée qui se trouve dans les matériaux. Les sables gelés, qui sont généralement bien cimentés par la glace, ont une résistance beaucoup plus grande que les matériaux dont les grains sont très fins, surtout à des températures qui sont proches du

point de congélation.

Considérations structurales

La plupart du nord du Canada fut recouvert par des glaciers et de ce fait, des sols de grains très fins, tels que le limon, l'argile et le sable ou une combinaison de tous ces matériaux, prédominent. On trouve aussi des matériaux organiques en assez grande quantité; ceux-ci recouvrent généralement le sol minéral. Ces sols sont sensibles au gel et quand ils sont perpétuellement gelés, ils contiennent une très grande quantité de glace.

L'action du gel sur la couche active est un autre facteur dont il faut tenir compte lorsqu'on construit dans le nord. Cette couche active gèle et dégèle selon les saisons. Constituée par des sols sensibles au gel, elle est souvent saturée d'humidité. Par conséquent, l'eau qui est essentielle à

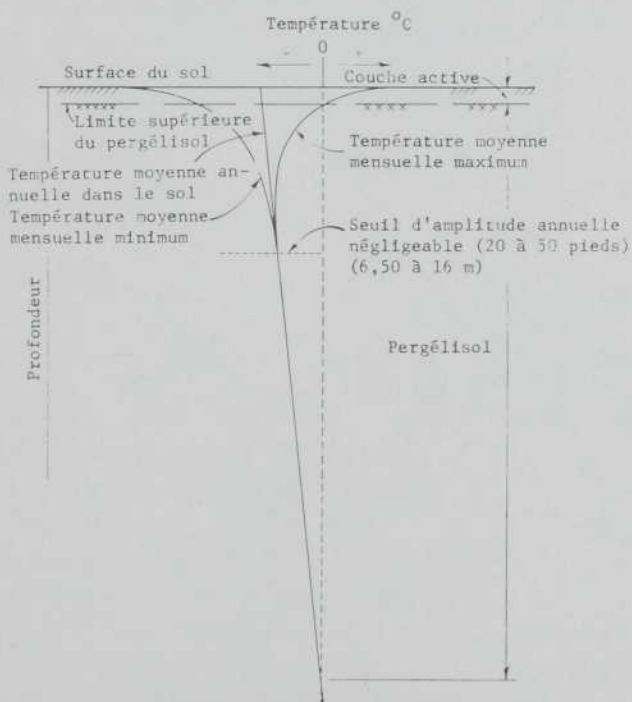


Figure 2 Températures typiques dans le pergélisol

la formation de glace, est emprisonnée en grande quantité dans ces types de sol. Quant aux soulèvements provoqués par l'action du gel, ils peuvent et entraînent souvent de sérieux dommages dans les fondations et les bâtiments.

Le pergélisol est particulièrement sensible aux changements thermiques et toute modification naturelle ou causée par l'homme, même très légère, affecte l'équilibre thermique naturel du pergélisol, qui est très fragile. Le déblaiement d'une région, par exemple, ou le montage d'un bâtiment, peut entraîner la fonte du sol gelé ou provoquer un soulèvement de la nappe supérieure du pergélisol. Il faut donc prendre de grandes précautions au cours de toutes ces opérations de construction afin de ne pas modifier les conditions naturelles et créer des dommages fâcheux.

Quoique le sol gelé fournisse un excellent support pour les structures, ses propriétés de résistance sont très affaiblies par les élévations de la température; une fois dégelé, il est fort probable qu'il ne pourra pas même supporter les charges les plus légères. Des difficultés encore plus sérieuses peuvent survenir lorsqu'on construit sur des sols dont les granules très fines contiennent une grande quantité d'humidité, et par conséquent de la glace. Au moment du dégel, ces matériaux se transforment en une sorte de coulis qui n'a pratiquement pas de résistance et qui provoque un tassement considérable et peut-être même une rupture totale de la structure.

Dans les régions encore plus nordiques, une grande quantité d'eau séjourne à la surface du sol en été malgré le peu de précipitations. Du fait que le pergélisol est relativement imperméable, le drainage est défectueux, l'écoulement de l'eau ne peut se produire qu'au-dessus du pergélisol, et c'est pourquoi les matériaux qui se trouvent dans la couche active sont très souvent saturés.

L'accumulation de l'eau à la surface peut poser de sérieux problèmes puisque le sol est sensible au gel. Par conséquent, le drainage est essentiel. Si le drainage naturel est entravé ou si des moyens artificiels de drainage ne sont pas prévus, les opérations de construction seront extrêmement difficiles du fait de l'action du gel pendant l'hiver

et du dégel durant l'été.

Il est donc essentiel d'étudier le site d'une façon adéquate avant que les travaux de génie et de construction soient entrepris dans les régions de pergélisol. Il est nécessaire de recueillir des informations non seulement sur la répartition du pergélisol, mais aussi sur les conditions de la nappe sous-jacente, y compris des données sur les propriétés mécaniques et physiques des sols et sur le régime thermique du sous-sol.

Conception des Fondations

Les résultats de ces études indiqueront l'approche qu'il sera nécessaire d'envisager pour les fondations et les techniques de construction. Le choix des fondations sera établi en fonction de quatre situations.

- (i) Les conditions de pergélisol peuvent être négligées lorsque les structures sont construites sur des sols granuleux bien drainés ou sur de la roche. En effet ces matériaux contiennent généralement peu ou pratiquement pas de glace lorsqu'ils sont gelés et les changements de température dans le sol auront peu d'influence sur leurs propriétés. C'est pourquoi une conception et des méthodes de construction conventionnelles seront tout à fait raisonnables.
- (ii) Il est possible de conserver et de tirer profit des conditions créées par le gel pour supporter les structures. Dans la zone continue de pergélisol - et en particulier lorsque les matériaux sont très fins et contiennent une grande quantité de glace - il est essentiel de préserver le pergélisol par tous les moyens. Des techniques de ventilation ou d'isolation permettront de résoudre le problème. En général, on a recours à la première méthode, lorsque les bâtiments sont chauffés. Une fois les fondations bien ancrées dans le pergélisol, la structure est érigée au-dessus de la surface en s'assurant que l'air circule entre les fondations et la structure et que la chaleur ne s'infiltré pas dans le sol. L'installation de pieux de fon-

dations dans des trous forés ou creusés à la vapeur à une profondeur variant entre 15 ou 30 pieds (5 à 10 m) selon le matériau utilisé pour les fondations et selon le bâtiment et la quantité de chaleur qui sera vraisemblablement produite dans celui-ci, a jusqu'à présent donné satisfaction et cette méthode est communément employée.

Lorsque cette installation s'avère difficile - surtout sur des sols très rocheux - d'autres types de fondations peuvent être plus économiques. L'isolation qui empêche le dégel du matériau gelé qui se trouve en sous-sol, peut être réalisée en plaçant une épaisseur de gravier sur la surface du sol. Selon la structure et selon les pertes de chaleur, le gravier aura une épaisseur qui variera entre un ou deux pieds (30 à 60 cm) pour les petits bâtiments non chauffés qui peuvent supporter un certain mouvement et de dix pieds (3,35 m) ou plus pour les plus grandes structures chauffées.

- (iii) Lorsque les sols dans lesquels sont installées les fondations contiennent une très grande quantité de glace et qu'il n'est pas possible de préserver le pergélisol, il peut être approprié de dégeler le sous-sol et de le consolider avant d'entreprendre la construction. Dans certains cas, il peut même être avantageux de le retirer et de le remplacer avec un matériau plus compact et bien drainé qui n'est pas sensible au gel. L'épaisseur de cette couche dépendra du taux de tassement envisagé lorsque la structure sera achevée. Cette méthode peut être adoptée dans les deux zones de pergélisol mais elle est généralement employée dans la zone discontinue, surtout s'il y existe un substratum relativement peu profond qui peut supporter les charges. Les matériaux gelés sont plus rapidement dégelés et excavés dans les régions où la température dans le sol se maintient autour de 32°F (0°C). Une fois le déblaiement achevé, les méthodes de conception et de construction normales peuvent être alors employées.
- (iv) Dans certains endroits, il faut tenir compte du

tassement éventuel des fondations. Ce phénomène est assez fréquent dans la zone discontinue de pergélisol mais il peut se produire dans la zone continue du fait de la consolidation des matériaux de fondations et du dégel dans le sol, qui est inévitable au cours de la vie de la structure. Des fondations "flexibles" (c'est-à-dire adaptables), peuvent éliminer les déformations structurales lorsque survient un tassement différentiel. Des joints spéciaux peuvent aussi faciliter ce genre de tassement puisqu'ils permettent le mouvement de différentes sections du bâtiment sans produire de déformations dans les sections adjacentes. Ce type de joints est utilisé pour assurer la stabilité structurale du bâtiment.

En outre, il faut éviter le rapprochement de structures montées sur divers types de fondations, car la construction d'un bâtiment risque d'affecter le régime thermique du sous-sol et des fondations d'un autre bâtiment.

Il est préférable d'éviter de construire sur des sites constitués de matériaux qui contiennent de grandes masses de glace puisque celles-ci risquent de dégeler. Quelle que soit la méthode de construction envisagée, ces sites devront être préparés d'une façon soignée pour assurer le drainage de l'eau à la surface, afin que la structure et le site ne soient pas affectés.

Quoique la construction nordique soit compliquée par la présence d'un sol perpétuellement gelé, les problèmes soulevés par la conception et la construction des fondations peuvent être maîtrisés si l'on prend soin de choisir des sites appropriés.

Notes:

1 - Voir aussi:

Crawford, C.B. et G.H. Johnston, Construction on permafrost (La construction sur le pergélisol), exposé technique no. 337, Conseil National de Recherche, Ottawa, Division des Recherches en Bâtiment, 1971.

- 2 - Liste de publications sur le pergélisol, Conseil National de Recherche, Ottawa, Division des Recherches en Bâtiment, 1972.

LES ISOLANTS ET LES FONDATIONS

J. Timusk et E.I. Robinsky

D'après une analyse préparée par M. Robinsky.

Un examen des méthodes actuelles utilisées pour les fondations indique que les aspects structuraux des fondations ont été analysés d'une façon détaillée pour minimiser les coûts de construction, mais les problèmes résultant des effets du climat et en particulier de la température ont reçu assez peu d'attention au cours de ces dernières années. Les solutions généralement envisagées impliquent:

- (i) que les fondations des bâtiments soient enfoncées en dessous de la profondeur de pénétration du gel et
- (ii) que la surface des routes soit surélevée pour réduire les effets de soulèvement dûs au gel.

C'est pourquoi au cours de ces dernières années, nous avons enterré des millions de blocs de béton sous forme de murs qui ne servent qu'à transférer les charges des superstructures à des fondations qui sont profondément enterrées dans le sous-sol, et nous avons enfoui des millions de mètres cubes de sable et de gravier en dessous des routes et des autoroutes tout simplement pour empêcher leur soulèvement et leur rupture. Pourtant, il existe d'autres solutions dont les plus évidentes préconisent l'utilisation d'un isolant que l'on place dans le sous-sol.

Grâce à cet isolant, il est possible (i) de réduire l'épaisseur de gravier utilisé pour la construction des autoroutes et (ii) d'établir des fondations moins profondes pour les bâtiments, c'est-à-dire à des niveaux beaucoup plus élevés que ceux que l'on envisage traditionnellement pour protéger les fondations contre le gel. Le principe de cette isolation consiste à isoler les sols susceptibles de geler, qui se trouvent juste au-dessous de la surface de la route

ou des fondations des bâtiments, afin d'éviter la pénétration du gel. Cette approche, qui a été utilisée à l'origine pour les travaux de route, nécessite d'installer une couche d'isolant non structural en uréthane ou en mousse de polystyrène en dessous du revêtement de la route. Cette couche isolante est prolongée de part et d'autre de la route pour protéger les extrémités de la surface goudronnée.

Ce concept a été proposé à l'origine par Professeur Robinsky pour protéger les fondations peu profondes des bâtiments industriels. Dix structures érigées de cette façon dans le nord de l'Ontario ont donné satisfaction.(1) Ces bâtiments chauffés ou non chauffés, ont été protégés contre le gel de cette façon et de grandes économies ont pu être réalisées.

En Europe, des ingénieurs ont cherché à former un isolant en utilisant du béton plutôt qu'une membrane comme celle que nous venons de décrire. Leur méthode consiste à mélanger des fragments de polystyrène, du béton et du sable afin de constituer un béton structural isolant.

Cette seconde approche a un certain nombre d'avantages par rapport à la précédente; en effet:

- (i) la méthode qui préconise une membrane isolante nécessite de transporter sur le chantier des plaques de polystyrène expansé - qui sont volumineuses - alors que les agrégats du béton à base de polystyrène peuvent être expansés sur chantier juste avant le mélange et par conséquent cette méthode réduit les coûts de transport.
- (ii) la première méthode demande une main-d'oeuvre coûteuse pour installer les plaques. On a essayé de vaporiser cette membrane isolante sur chantier mais ces essais ne se sont pas avérés très satisfaisants du fait des conditions de travail difficiles (variations de la température ambiante et des précipitations). La seconde méthode par contre permet de construire en utilisant des procédés presque entièrement automatisés;
- (iii) la seconde méthode, dite méthode des mélanges, permet d'assurer une résistance uniforme en dessous

de la chaussée.

- (iv) enfin, des recherches à l'Université de Toronto ont montré que le béton à base de polystyrène peut être coulé à des températures au-dessous de 0°C et peut même geler lorsqu'il est frais sans être endommagé. Lorsqu'il dégèle, il acquiert la résistance qu'on aurait normalement obtenue au cours d'un durcissement à une température normale. Du fait de cette propriété, les fondations de route isolées peuvent être coulées sur le pergélisol pendant l'hiver, lorsque l'équipement de construction ne risque pas d'endommager la végétation.

La méthode des "mélanges" a un grand inconvénient par rapport à la méthode préconisant l'utilisation d'une membrane isolante parce que les petites particules de polystyrène qui se trouvent dans l'agrégat ne sont pas aussi efficaces que les plaques isolantes continues. Cependant, on considère que ces deux méthodes ont des avantages comparables. Des recherches actuellement entreprises à l'Université de Toronto ont tenté d'établir une analyse comparative entre les deux méthodes.

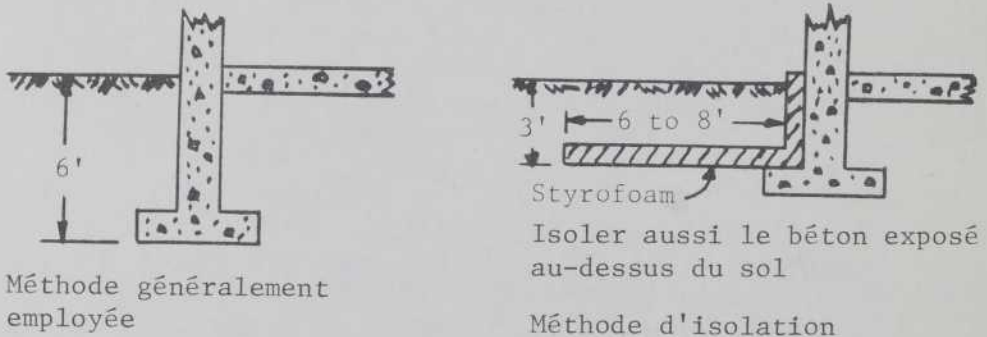


Figure 3 Méthode d'isolation pour les fondations

Quoique les travaux actuels portent sur les conditions dans les régions tempérées, l'isolation des fondations - pour les bâtiments ou pour les routes - est tout à fait valable pour les régions arctiques. Dans les régions tempérées, l'isolation a pour but de retarder les pertes de chaleur pendant

les mois d'hiver et par conséquent de retenir la chaleur dans le sol et d'empêcher le soulèvement causé par le gel. Dans les régions arctiques, l'isolant empêche le dégel du pergélisol qui se trouve en sous-sol durant les mois d'été et par conséquent réduit la possibilité d'une rupture structurale au niveau du sol.

Des recherches sont faites actuellement sur les mélanges de béton et de polystyrène. Les effets des basses températures sur le coulage, le durcissement, la durabilité et tous les problèmes annexes sont aussi à l'étude. Les travaux les plus récents envisagent l'utilisation d'un sol stabilisé à l'aide d'un ciment mélangé à des particules de polystyrène qui pourrait être utilisé pour la partie sous-jacente des routes et des rebords, et pour le remblai en dessous des fondations des bâtiments. Les résultats préliminaires indiquent qu'il est possible d'obtenir une résistance de 60 à 80 livres par pouce carré pour une densité de 60 à 75 livres par pied cube en utilisant seulement 8% de ciment - ce pourcentage étant indiqué en fonction du poids. Le compactage est normal et le produit résultant est léger et poreux.

Notes:

- 1 - Robinsky, E.I., et K.E., Besflug, Design of Insulated Foundations (La conception des fondations isolées), Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, Vol. 99, No. SM9, septembre 1973.

L'ETUDE DU SITE ET LES TESTS

G. Jacobsen

D'après l'exposé présenté par M. Jacobsen.

Avant de construire dans les régions de pergélisol, il est essentiel que des études de sites et des tests du sol aient été faits minutieusement. Si cette enquête est incomplète, le projet risque d'être handicapé par divers problèmes et de rendre la construction peu satisfaisante, outre les pertes de temps et d'argent.

Une enquête adéquate devrait commencer par un relevé aérien qui permet de repérer et de photographier plusieurs sites. L'enquête aérienne doit être suivie par une étude du sol à la suite de laquelle on pourrait choisir un site définitif. Ce site devrait avoir un bon drainage, être éloigné d'une pente ou d'un ravin afin d'éviter les glissements de terrain ou les phénomènes de solifluxion; enfin, il devrait avoir si possible, un microclimat adéquat. Il est indispensable d'avoir un point d'eau dans le voisinage qui ne gèle pas et qui soit suffisant pendant toute l'année.

L'enquête finale devrait constituer une étude détaillée sur le site tout entier, le climat local, les caractéristiques du sol et du pergélisol, les conditions géologiques et hydrologiques, les vents dominants et la végétation. Lorsqu'il s'agit d'un grand projet, comme une ville ou un aéroport, l'enquête finale devrait durer un an et demi, c'est-à-dire depuis le printemps jusqu'à l'automne de l'année suivante, afin d'avoir suffisamment de temps pour étudier le cycle du gel et du dégel et ses effets sur le sol. Il faudrait aussi examiner si l'eau est disponible en quantité suffisante, surtout pendant la période critique à la fin de l'hiver, lorsque toutes les eaux en surface et dans le sol sont prises par le gel hivernal.

L'importance de ces enquêtes détaillées peut être mise en évidence par l'étude qui a été faite pour la construction d'une nouvelle ville dans l'Ile de Baffin. Après un examen soigneux des photos aériennes et plusieurs visites au cours de différentes saisons, un site satisfaisant tous les critères exigés et promettant un microclimat approprié fut choisi. Des plans furent envisagés et l'on commença à faire des travaux de forage sur le chantier. A la surprise de tous, les tests révélèrent qu'il fallait traverser 4 à 7 pieds (1,20 à 2,20 m) de gravier, de sable, de limon et une couche de glace pratiquement pure d'une profondeur de 35 pieds (11 m) et même plus avant d'atteindre le sous-sol rocheux. Une étude géo-morphologique l'été prochain essaiera de déterminer l'origine de cette masse de glace. Puisqu'il n'y a aucun glacier à proximité, il semble que la présence de cette nappe de glace soit constituée par des résidus de moraines glaciaires qui ont été recouvertes de glace lorsque le glacier avançait et qui ont été préservées lorsque le glacier s'est retiré. Une explication plus complète

ne pourra pas être proposée avant que d'autres études aient été faites. Mais quelles que soient les découvertes géomorphologiques, le projet est remis totalement en question et il faudra recommencer toute l'enquête pour trouver un autre site.

LA DETERMINATION SUR PLACE DES PROPRIETES DU SOL GELE

B. Ladanyi

D'après un résumé préparé par M. Ladanyi,

Avant de concevoir des fondations dans les régions de pergélisol, il est nécessaire de bien connaître les conditions du sol. Ce genre de données dépend jusqu'à un certain point du type de fondations choisi qui dépend lui-même d'un grand nombre de facteurs, tels que les conditions géotechniques, (types de sols, tassement, etc.) et le climat.

Si, par exemple, on choisit un type de fondations nécessitant un coussin de gravier comme la solution appropriée à la situation, il faudra avoir des informations sur les propriétés thermiques et sur les propriétés de tassement dues au dégel. Si, par contre, on choisit un système de fondations qui nécessite de battre des pieux, il faudra avoir des données sur le sol afin de connaître le comportement du pergélisol dans son état naturel et sous l'effet des différentes températures qui seront probablement atteintes lorsque le projet sera achevé.

Le profil du pergélisol dépend des conditions du sol. Dans les régions de sables denses et de roches uniformément gelés, il est relativement simple d'obtenir des informations et l'examen d'échantillons de sols gelés, qui est facile à réaliser, donne des résultats auxquels on peut se fier. Cependant, pour les sols dont la granulométrie est plus fine, les sols organiques et les roches fracturées qui contiennent de la glace sous différentes formes, le problème est plus complexe et nécessite des essais de plus grande envergure.

Quoiqu'il soit possible de prendre de larges blocs de pergélisol et de les transporter dans un laboratoire spécial pour

les étudier, dans la pratique, du fait des coûts élevés et du manque de temps, cette solution n'est pas très réaliste.

La méthode courante pour examiner la performance des fondations consiste donc à réaliser des essais in-situ sur des éléments de fondations préparées sur chantier. Dans le passé, un grand nombre d'essais ont été faits pour étudier les charges supportées par les pieux; ces essais ont donné de nombreuses informations sur le comportement des pieux enfoncés dans le sol gelé. On peut concevoir des essais de plus grande échelle, si nécessaire, afin d'obtenir des données plus générales sur le comportement du sol gelé qui se trouve directement en contact avec la structure, c'est-à-dire des essais pratiques sur des tiges d'ancrages injectées.⁽¹⁾ En effet, le but de ces essais pratiques est de vérifier la conception des fondations envisagées ou les charges prévues à l'étape de la conception pour chaque type de pieux. Une méthode alternative pour obtenir des informations sur le comportement du sol gelé consiste à développer des méthodes très simples et très rapides qui peuvent être utilisées sur le site.

Lorsque les conditions sont normales, il est nécessaire d'avoir des informations sur la résistance du sol et sur les déformations éventuelles qu'il peut subir. Dans les sols non gelés, ces deux paramètres dépendent de plusieurs facteurs et en particulier de la nature, de la densité et de la teneur en eau du sol. Dans les sols gelés, outre la nature du sol et la distribution de la glace, la résistance du sol et les déformations qu'il peut subir, sont aussi affectés par la durée de la charge et par la température du sol. C'est pourquoi tout essai effectué sur place ou en laboratoire - qui est emprunté à la mécanique des sols non gelés - doit être modifié pour fournir des renseignements sur les propriétés de déformation et de résistance des sols gelés en fonction du temps et de la température.

Il existe donc un très grand nombre de possibilités, mais seules deux méthodes seront décrites dans ce contexte. Il s'agit de la méthode dilatométrique et de la méthode pénétrométrique.

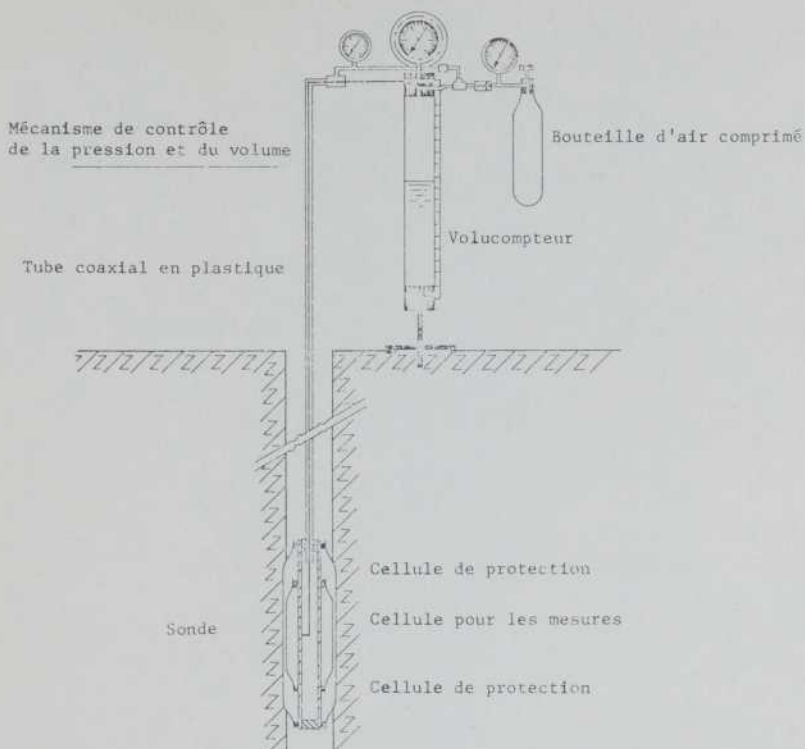


Figure 4 Pressiomètre Ménard de type G-
dispositif de l'essai

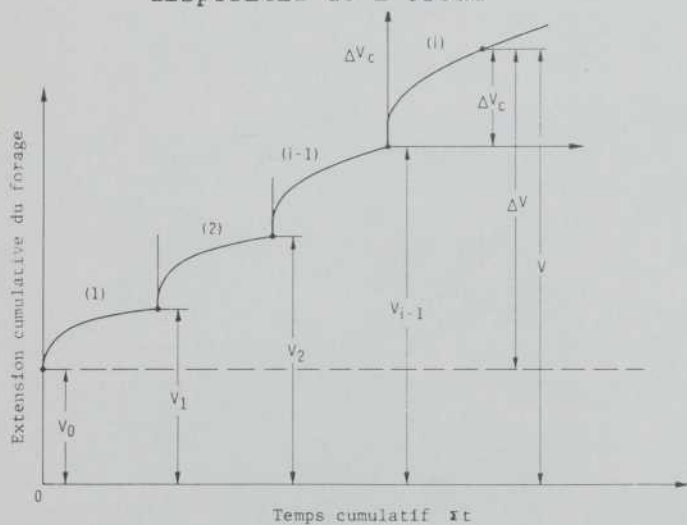


Figure 5 Représentation schématique des résultats
des essais à l'aide du pressiomètre (charges
par paliers successifs)

La méthode dilatométrique

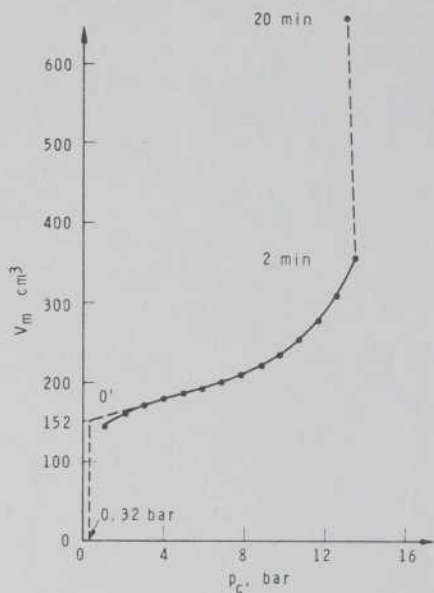
La méthode à l'aide du dilatomètre consiste essentiellement à introduire une sonde gonflable dans un trou de forage et à mesurer l'expansion d'une section du sol sous une pression interne donnée. Cet essai a été utilisé depuis de nombreuses années dans les sols et les roches non gelées pour étudier leurs propriétés de résistance et de déformation. Récemment, ⁽²⁾ un type de dilatomètre, connu sous le nom de "pressiomètre Ménard" a été envisagé pour déterminer les caractéristiques de fluage et de résistance différée des sols gelés. Ce dispositif, qui fonctionne à l'aide d'un système hydraulique, est illustré par le schéma de la fig. 4.

Si l'essai est normal, c'est-à-dire si les charges sont imposées brièvement pendant une ou deux minutes, on obtient une courbe typique liant la pression à l'extension du forage, comme le montre la fig. 6a. Ces données - obtenues à l'aide du pressiomètre pour des charges brèves - peuvent être traitées afin d'avoir (i) la courbe de contrainte /déformation (voir fig. 6b) et (ii) un ensemble de cercles de contraintes dans le diagramme de Mohr (voir fig. 6c) qui permet de déterminer une partie de la courbe intrinsèque du sol. Les paramètres à court terme, déduits à partir de cet essai, tels que le module d'élasticité E , la résistance de Tension T_s , les paramètres de Coulomb, la cohésion c et l'angle de friction ϕ , peuvent être utilisés pour analyser la sécurité et les déformations à court terme des éléments de fondations.

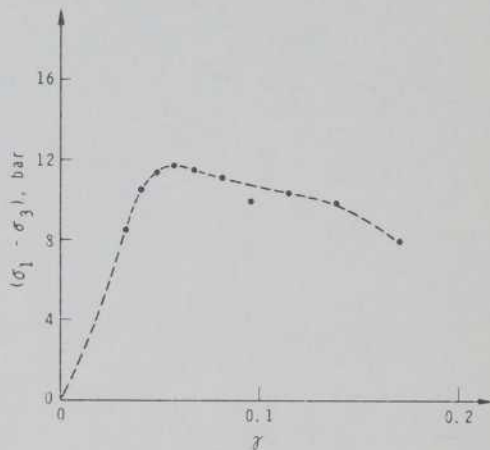
Pour étudier les réactions à long terme des sols gelés, des essais à l'aide du pressiomètre chargé par paliers successifs, mais pendant de longues périodes, sont nécessaires. La fig. 5 montre schématiquement les résultats d'un test de ce genre au cours duquel on a alloué 15 minutes pour chaque période de charge. Si ces résultats à long terme sont correctement traités en établissant les courbes qui déterminent le fluage à chaque étape en fonction du temps par un tracé logarithmique et en indiquant les points d'intersection de chaque unité de temps en fonction de la pression, comme le montre la fig. 8, il est possible d'établir l'équation de fluage des sols gelés au niveau où l'essai a été fait. Cette équation de fluage, qui tient compte de la température, de la pression, des contraintes et du taux de fluage en fonction du temps, peut être utilisée pour pré-

SOLS GELES	Temp. °F (°C)	Glace (Wi %)	COURT TERME				LONG TERME	
			c psi (MN/m ²)	∅ deg.	Ts psi (MN/m ²)	E psi (MN/m ²)	q _u psi (t,min)	q _u psi (1 an) (MN/m ²)
ARGILE VARVEE (THOMPSON)	31.7 (-0.2)	27	70- 200 (0.48- 1.38)	15	20- 170 (0.14- 1.17)	3500- 11500 (24.13- 79.30)	639t ^{-0.300}	12.2 (0.08)
LIMON RICHE EN GLACE (INUVIK)	29.2 (-1.6)	200- 600	100- 170 (0.69- 1.17)	0	65- 130 (0.45- 0.90)	7800 12800 (53.80 88.25)	328t ^{0.258}	10.9 (0.07)
TOURBE (SCHEFFERVILLE)	31.8 (-0.1)	1000	40- 70 (0.27- 0.48)	0	30- 70 (0.20- 0.48)	7000 11000 (48.26- 75.84)	252t ^{-0.417}	1.0 (0.01)

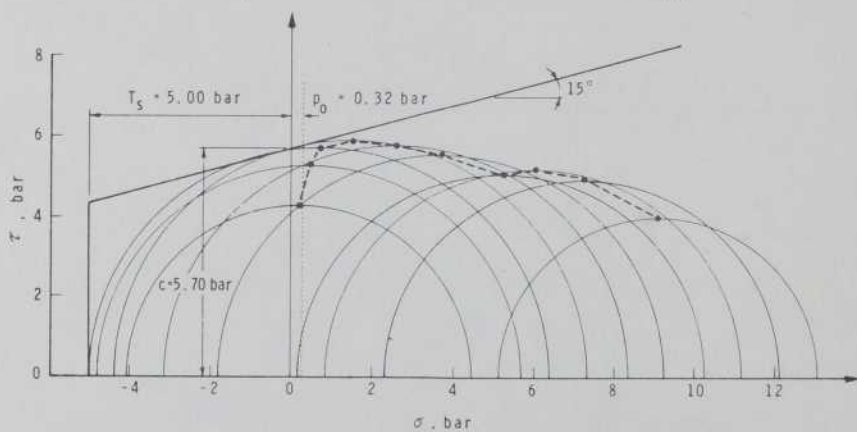
Table 1 Résultats typiques des essais pressiométriques



(A)



(B)



(C)

Figure 6 Résultats d'un essai pressiométrique à court terme dans l'argile varvée. (A) Courbe pressiométrique; (B) Courbe de contrainte-déformation; (C) Cercles de Mohr et enveloppe de rupture.

voir les déplacements à long terme des empattements et des pieux qui sont enfoncés dans le sol gelé. Ces mêmes données peuvent être aussi utilisées pour déterminer la variation de la résistance des sols gelés en fonction du temps.

Certaines valeurs typiques de ces paramètres, considérés lors de la conception des fondations ont été obtenues pour trois types de sols gelés dont les températures étaient similaires, mais dont la teneur en glace était très différente; ces résultats sont donnés par la table 1. Dans ce tableau, outre les paramètres de résistance établis à court terme, c , ϕ , T_s , et le module d'élasticité E , la résistance en compression non confinée q_u est donnée en fonction du temps; la dernière colonne indique la résistance correspondant à la durée de charge d'une année. La résistance différée de ces trois sols est représentée graphiquement par la fig. 7.

La résistance des sols très riches en glace dépend principalement de la résistance de la glace; elle décroît généralement en fonction du temps, entraînant des déplacements continuels des fondations. Dans les sols granulaires, pauvres en glace, les déplacements sont moins importants et disparaissent dès que la charge est reprise par les forces de contact et de friction entre les granules du sol.

Les données fournies par les essais à l'aide du pressiomètre légèrement modifiés satisfont les exigences de la plupart des méthodes de fondations dans les sols gelés, parce que l'évaluation du facteur de sécurité à court terme, des déplacements en fonction temps et du facteur de sécurité à long terme devient alors possible. En outre, ces essais nécessitent un équipement assez peu important, qui consiste uniquement en un appareil de forage, pouvant former un trou absolument net sans endommager le sol du point de vue mécanique et thermique.

Les méthodes pénétrométriques

Les essais dans le sol à l'aide du pénétromètre consistent à introduire dans le sol, soit par battage, soit par une pression ou une pénétration constante, un cône ou une pointe conique, fixée à l'extrémité de la tige d'un appareil de forage.

Lorsqu'on utilise un pénétromètre dans les sols gelés, il est possible de rencontrer un certain nombre de difficultés, parce que:

- (i) la plupart des sols gelés sont beaucoup plus résistants à la pénétration à court terme que les sols non gelés et par conséquent, pour réaliser un essai de pénétration à un taux constant dans un sol gelé, il est nécessaire d'avoir un équipement extrêmement lourd et puissant, et,
- (ii) les informations obtenues à partir d'essais dynamiques sont très difficiles à utiliser pour prévoir le comportement à long terme des fondations.

Une solution possible consiste à employer un pénétromètre quasi statique dans les sols gelés, qui ne nécessite pas d'avoir un équipement lourd et qui permet de réaliser l'essai non pas en fonction d'un taux de pénétration constant, comme on le fait d'ordinaire, mais en fonction de charges constantes. L'essai devient alors très similaire à l'essai de charges effectué au fond du forage. Au cours de cet essai, le cône du pénétromètre est tout d'abord enfoncé au fond du trou, puis il est chargé par paliers en tenant compte du taux de pénétration pour chaque nouvelle charge appliquée. Grâce au traitement des données, la résistance de pénétration q_p peut alors être exprimée comme une fonction du taux de pénétration $\dot{s} = ds/dt$ et certaines conclusions peuvent être tirées en ce qui concerne la résistance différée du sol gelé.

Ces essais de pénétration en fonction des charges ont été récemment utilisés dans les tourbières gelées, près de Schefferville, dans la Province de Québec. Le cône utilisé avait une superficie de 10cm^2 et un angle au sommet de 60° . Les essais à une profondeur de 6 à 10 pieds (2 à 3,20 m) donnèrent une résistance de pénétration qui pouvait être exprimée par la formule:

$$q_p \text{ (lb/po}^2\text{)} = 285 (1 + 0.72 \log_{10} \dot{s} \text{ (pouce/minute)})$$

Afin de pouvoir comparer ces résultats avec ceux qui ont été obtenus dans les mêmes sols gelés à l'aide du pressiomètre

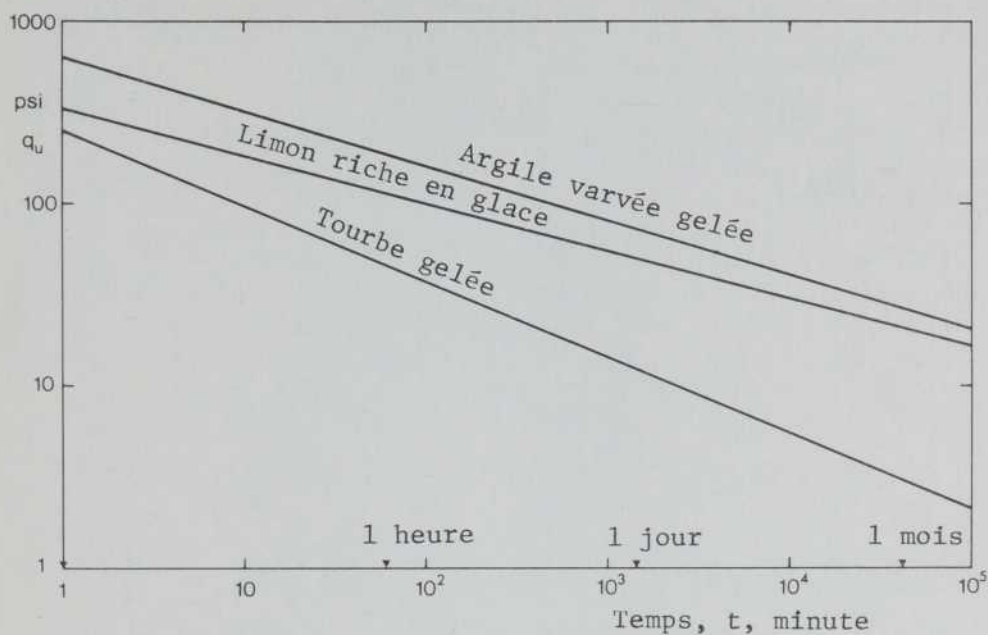


Figure 7 La résistance de trois différents sols gelés en fonction du temps

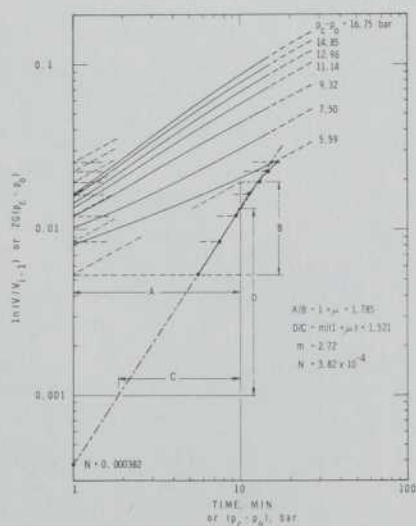


Figure 8 Méthode de traitement des données pour déterminer les paramètres de fluage

(Table 1), il est nécessaire d'établir tout d'abord une relation bien nette entre le taux de déformation dans le sol autour du pénétromètre et le taux de pénétration. Cependant cette comparaison nécessite encore d'autres études. Les essais de pénétration réalisés dans la tourbe gelée, que nous avons mentionnés ci-dessus, nécessiterent un nombre de coups constant (N= 40). Puisque l'insuffisance des données sur d'autres types de sols gelés ne permet pas de faire des comparaisons, il est prématuré de tirer des conclusions sur l'utilisation d'un tel essai dans les sols gelés. Cependant, puisqu'il est possible d'obtenir des résultats relativement consistants pour un type de sol gelé, cet essai pourrait être utilisé pour faire une évaluation rapide des sols et pour détecter l'étendue des divers sols gelés et de la glace souterraine sous un site donné.

Conclusion

L'examen de ces deux méthodes a montré que:

- (i) la méthode à l'aide du pressiomètre peut fournir des informations sur les paramètres nécessaires à la conception des fondations dans les sols gelés;
- (ii) la méthode du pénétromètre à l'aide d'un cône statique, même adaptée pour donner des renseignements sur la résistance en fonction du taux de pénétration, ne peut pas encore fournir des informations comparables à celles qui sont obtenues à l'aide de l'essai utilisant le pressiomètre, et
- (iii) la méthode du pénétromètre dynamique du type SPT est un bon outil pour déceler rapidement les différents types de sols mais il ne peut pas encore donner les informations complètes nécessaires à la conception des fondations.

Notes:

- 1 - Johnston, G.H. et B. Ladanyi, Field Tests of Grouted

Rod Anchors in Permafrost (Essais in-situ sur des ancrages injectés dans le pergélisol), Revue Canadienne de Géotechnique, Vol. 9, pp. 176-194, 1972.

- 2 - Ladanyi, B. et G.H. Johnston, Evaluation of in-situ creep properties of frozen soils with the pressuremeter (Evaluation des propriétés de fluage des sols gelés à l'aide du pressiomètre), Compte-rendu de la Seconde Conférence Internationale sur le Pergélisol, Yakutsk, pp. 310-318, 1973.
- 3 - Sanglerat, G., The Penetrometer and soil exploration (Le pénétromètre et l'étude du sol), Amsterdam, Elsevier, 500 pages, 1972.
- 4 - De Ruitter, J., Electric penetrometer for site investigations (Le pénétromètre électrique pour l'étude des sites), Compte-rendu de l'ASCE, Vol. 97, No. SM2, pp. 457-472.

2:2 LE CLIMAT NORDIQUE ET LA CONCEPTION DE L'ENVIRONNEMENT .

Le climat arctique est caractérisé par des hivers très froids et des étés frais. Cependant, ce climat n'est pas totalement uniforme. La Vallée du Mackenzie, par exemple, qui s'étend jusqu'au 70ème parallèle nord a des étés plutôt chauds, malgré des hivers extrêmement sévères et la partie qui se trouve au nord de cette région et qui s'étend jusqu'à la Mer Arctique, possède des arbres. Par contre, la région nord-est du Canada ne possède aucun arbre et le véritable climat arctique s'étend vers le sud jusqu'au Labrador.

Les précipitations varient énormément. La partie extrême de l'Arctique est un désert polaire qui reçoit moins de précipitations que l'Arabie. Le peu de neige qui tombe, reste tout l'hiver et se trouve balayée par le vent, formant d'énormes accumulations ou des arcs gracieux. Dans la région sud de l'Arctique et dans les zones montagneuses de l'Ile de Baffin, les précipitations sont beaucoup plus grandes et par conséquent, la formation des bancs de neige est fréquente.

Dans cette section, nous décrivons l'influence de ces conditions climatiques sur la planification des communautés et sur la conception des bâtiments.

LA CONCEPTION DES VILLES NOUVELLES ET LES FACTEURS CLIMATIQUES

Norbert Schoenauer

Analyse préparée par l'Editeur

Pour atténuer les effets du rude climat de l'hiver dans les zones bâties du Grand Nord, la construction devrait être établie à partir de concepts de planification propres à l'Arctique, tels que le regroupement des bâtiments, la protection contre le vent, et un système de circulation pour les piétons, ayant un climat contrôlé. Ces concepts ont été appliqués pour la construction de la nouvelle ville de Fermont, dans le Québec.

Un plan urbain compact

Un plan urbain compact présente certains avantages:

- (i) il permet de raccourcir la distance entre les différentes zones bâties et à l'intérieur de ces zones;
- (ii) il réduit les coûts d'investissement puisque les voies d'accès sont plus courtes. Ces coûts incluent le pavage des routes, les trottoirs, les égouts, les puisards, les canalisations d'eau, l'éclairage des rues, les bouches d'incendie et la distribution de l'électricité;
- (iii) enfin, il réduit les coûts d'entretien puisque les routes d'accès sont plus courtes. Ces coûts incluent l'entretien des routes, le déblaiement de la neige et les services de la police.

Les écrans contre le vent

Tirer profit des avantages qui résultent de l'installation d'écrans de protection contre le vent est une réaction humaine instinctive, car déjà, l'homme primitif cherchait à se protéger contre les vents et contre la rigueur des intempéries. Les architectes anonymes des bâtiments rudimentaires, qui sont encore construits dans le monde, sont bien conscients de cette méthode de protection et utilisent différentes sortes d'écrans pour protéger leurs habitations.

A une époque scientifique comme la nôtre, des recherches faites par Caborn (1) ont montré qu'un écran qui arrête la circulation du vent crée une zone de protection principale sur le côté qui se trouve sous le vent et une zone de protection secondaire sur le côté exposé aux vents. Le vent, en effet, est en partie rabattu sur une distance qui correspond à environ quarante fois la hauteur de l'écran. Un quart de la zone protégée est exposé au vent et le reste se trouve sous le vent. Au-delà de cette limite, le vent reprend sa force normale. Caborn en conclut qu'il existe un microclimat local dans une zone protégée par un écran.

Pour évaluer l'efficacité des écrans de protection dans les régions cultivées, on utilise un coefficient qui correspond à une réduction de 20% de la force du vent. Ce coefficient est généralement considéré comme le critère d'un abri adéquat. Si l'on applique ce coefficient, on trouve qu'un écran assez épais de 30 pieds de haut (10 m) fournit une protection suffisante sur une distance d'au moins 300 pieds (100 m) sous le vent. Par contre, des écrans d'une densité moyenne, tels que les écrans qui sont constitués par des arbres et qui ont une perméabilité de 40 à 50% permettent d'avoir une zone abritée de 450 à 600 pieds (150 à 200 m) sous le vent. Malheureusement, les arbres de la région sub-arctique sont en général des conifères noirs, qui poussent mieux lorsqu'ils sont regroupés en forêts que lorsqu'ils sont disposés en rangées pour abriter une zone déterminée.

Au cours de la conception de la nouvelle ville de Fermont, un bâtiment de cinq étages a été construit afin d'assurer une protection contre les vents dominants du nord-ouest et du nord. Selon les calculs, la protection contre le vent réalisée par ce bâtiment affectera le microclimat des deux tiers de la ville. De plus, cette protection artificielle est complétée par une protection naturelle formée par des

rangées d'arbres assez denses, constituées par les conifères noirs d'une ancienne forêt.

L'utilisation des écrans contre le vent accentue le problème de l'accumulation de la neige. Cependant, cet inconvénient peut être en partie contrôlé par les effets d'un microclimat favorable et par les radiations du soleil qui fondent et font évaporer la neige accumulée. De plus, dans un plan urbain compact, même s'il y a une certaine accumulation de neige, les coûts entraînés par l'enlèvement de celle-ci sont moins importants que ceux des agglomérations qui ont été planifiées d'une façon conventionnelle.

Un climat contrôlé pour les piétons

Les facilités communautaires, telles que les écoles, les centres de loisirs et les centres d'achats, devraient être accessibles pour tous les habitants de la ville, malgré les intempéries. La création d'un système de circulation reliant toutes les facilités de la communauté et ayant un climat contrôlé permet de réaliser cet objectif. Si le plan est compact, il est possible d'envisager cette solution, puisqu'elle permet de faire des économies d'investissement et d'entretien pour les routes.

LA CONCEPTION DES BATIMENTS ET LES FACTEURS CLIMATIQUES

C.F.T. Rounthwaite

Analyse préparée par l'Editeur.

Les critères de planification et de conception qui découlent des conditions climatiques du Grand Nord ont pu être identifiés; en effet:

- 1 - La température affecte;
 - (i) la conception de l'isolation et du chauffage
 - (ii) la planification générale du bâtiment (un rapport minimum entre la superficie de l'enveloppe externe et la superficie utilisable est souhaitable);

- (iii) les détails de l'enveloppe externe.
- 2 - Les vents affectent:
- (i) l'orientation et l'élévation des bâtiments;
 - (ii) la résistance structurale latérale exigée;
 - (iii) la conception des fondations (les bâtiments devront être ancrés au sol);
 - (iv) le choix des matériaux de revêtement et les méthodes utilisées pour les fixer.
- 3 - La neige et le vent affectent:
- (i) les détails des toits;
 - (ii) les détails des entrées;
 - (iii) l'implantation générale du bâtiment;
 - (iv) la conception des joints.
- 4 - L'alternance de la lumière et de l'obscurité affecte:
- (i) la conception des fenêtres et la nécessité d'avoir des stores;
 - (ii) le choix des finis des bâtiments car la lumière ultra-violette, constante en été, affecte certains matériaux de finition.
- 5 - Le manque d'humidité:
- (i) la sécheresse de l'air arctique nécessite d'humidifier l'air frais qui pénètre dans le bâtiment.

LA PRESERVATION DE LA CHALEUR ET LA CONSTRUCTION

Notes préparées par l'Editeur.

Les différents types d'isolants peuvent être divisés en deux groupes: les isolants épais qui réduisent la conduction de la chaleur et les isolants fins qui permettent d'éviter les pertes de chaleur dues aux radiations. Les premiers se regroupent en deux catégories, comprenant ceux qui sont constitués par des fibres et ceux qui sont constitués par des mousses synthétiques. Les isolants fibreux sont généralement formés de fibres minérales ou de fibres de laine organique, alors que les isolants constitués par des mousses sont fabriqués à partir du verre ou du plastique, transformés en une sorte de mousse, d'une densité choisie, grâce à un agent gazeux.

Pour tous les types d'isolants épais, la résistance à la chaleur augmente au fur et à mesure que la densité décroît, et par conséquent, plus ils sont légers, plus ils sont fonctionnels. La résistance structurale des mousses rigides est aussi en relation avec la densité, mais elle est inversement proportionnelle à celle-ci. Dans plusieurs cas, cette considération n'est pas très importante, car l'isolation ne doit pas être auto-porteuse. Le polystyrène est particulièrement utile dans le nord parce qu'il peut être expansé sur chantier selon un facteur de multiplication de 50. La mousse de polystyrène offre de grands avantages sur chantier du fait de sa grande flexibilité. Cependant, certains ingénieurs ont exprimé des doutes en ce qui concerne sa performance à long terme. Les isolants en polyuréthane peuvent être transformés en mousses grâce à un gaz lourd qui leur permet de résister au passage de la chaleur. Si les pores sont hermétiquement fermés, cette résistance peut durer très longtemps. Dans les régions très exposées ou dans les régions où la température est très basse, la majorité des uréthanes perdent leur résistance initiale et possèdent une résistance qui correspond plus ou moins à la résistance thermique de la mousse de polystyrène ou de fibres de verre. Parmi les autres inconvénients des mousses, il faut noter leur toxicité lorsqu'elles brûlent, leur saturabilité et leur coût. Pour la plupart des usages au-dessus du sol, les isolants fibreux les plus économiques sont probablement les plus adéquats. Les isolants, tels que la fibre de verre, ont l'avantage d'être plus économiques que les isolants équivalents d'un autre type (1) et ils n'entraînent pas la formation de fumée toxique s'ils s'enflamment.

L'épaisseur maximum de l'isolant d'un mur pour les bâtiments

arctiques doit être évaluée en fonction du coût des pertes de chaleur et des coûts initiaux de construction, y compris les intérêts nécessaires aux investissements. Rice estime que selon les prix des habitations en Alaska (en 1973), l'épaisseur optimum de l'isolant varie entre six et huit pouces (15 à 20 cm) pour les murs et de douze et quinze pouces (30 à 45 cm) pour les toits. Etant donné l'augmentation rapide des coûts et la nécessité d'économiser les combustibles, ces évaluations sont probablement légèrement insuffisantes. (1)

Les isolants qui contrôlent les pertes de chaleur dues aux radiations ne sont pas aussi efficaces dans le nord que dans le sud, sauf dans certains cas particuliers. Ces isolants, par exemple, seront utilisés en dessous des planchers pour éviter les pertes de chaleur au niveau du sol.

LA CONCEPTION DES PORTES

Les entrées des bâtiments nordiques sont probablement la cause des plus grandes pertes de chaleur. Les portes doubles - qui empêchent la pénétration des bourrasques - réduisent les pertes de chaleur et sont absolument nécessaires dans le nord. Dans des conditions idéales, il devrait y avoir une porte supplémentaire dans la direction opposée aux deux portes principales, pour éviter que le vent ou la neige puisse s'engouffrer dans le bâtiment. Les portes sont constamment la cause de difficultés. Elles ont tendance à se voiler, à se bloquer, à geler et à se casser; elles peuvent même être arrachées lorsque soufflent les grands vents de l'Arctique. De plus, si une porte reste légèrement entre-ouverte, les fissures le long de la charnière risquent de se remplir de neige et de forcer la porte lorsqu'elle sera fermée; en effet, la neige peut faire craquer les charnières ou arracher les attaches. Rice considère qu'il est possible d'éviter ces problèmes en ayant recours à trois méthodes: (1)

- (i) en prévoyant des portes doubles afin que les portes internes soient toujours protégées;
- (ii) en plaçant les entrées légèrement en dessous du

niveau du rez-de-chaussée de telle sorte qu'il y ait toujours de l'air chaud emmagasiné à ce niveau et que la porte puisse être ouverte un instant sans qu'il y ait un changement radical du climat interne;

- (iii) en développant des portes comme celles de réfrigérateurs qui se ferment sur le cadre de la porte et non pas à l'intérieur de celui-ci. Ce type de porte faciliterait les problèmes de fixation et de tolérance, assurerait une fermeture efficace et permettrait que les charnières soient totalement installées d'un côté du mur; de telle portes ne seraient plus conductrices du froid.

LA CONCEPTION DES FENETRES

Il n'existe aucun règlement en ce qui concerne l'orientation des fenêtres. Grainge souligne qu'il est important d'orienter les fenêtres vers le sud de façon à ce que les occupants de l'habitation aient le plaisir de voir le peu de soleil qui apparaît pendant l'hiver. Erskine par contre, pense que les fenêtres et les balcons sont aussi très utiles sur le côté exposé au nord parce qu'ils permettent de jouir du soleil de minuit en été. Le nombre et la grandeur des fenêtres devraient être limités puisque ces éléments sont assez coûteux. Si l'on envisage l'utilisation d'un vitrage ordinaire et si l'on tient compte des coûts actuels, le triple vitrage est probablement la solution la plus satisfaisante.⁽¹⁾ En général, plus il y a d'espaces à travers lesquels la chaleur peut passer, plus la résistance thermique est adéquate. Pour empêcher le gel des fenêtres, la vitre interne devrait être complètement isolée afin qu'elle puisse agir comme une barrière de vapeur. Les autres espaces devraient pouvoir respirer vers l'atmosphère extérieure. La condensation ne se formerait donc que sur la surface interne et il serait possible d'éviter ce problème en contrôlant l'humidité ou en soufflant un courant d'air dans la direction de la fenêtre. Ce second effet pourrait être obtenu en partie en ayant une vitre interne sur le même plan que la surface intérieure du mur. Le mouvement de l'air à l'intérieur de la pièce serait suffisant pour maintenir la clarté du verre.⁽²⁾

Notes:

- 1 - Rice E., The ideal arctic house (La maison arctique idéale), The Northern Engineer, Vol. 5, No. 2, 1973.
- 2 - Platts, R.E., The Angirraq: low cost prefabrication in arctic houses (Les Angirraq: la préfabrication économique et les maisons arctiques), Arctic Journal, Vol. 19, No. 2, juin 1966.

LA CONCEPTION DES TOITS PLATS

H.W.C. Aamot

D'après une analyse préparée par M. Aamot.

On a découvert que les toits plats créaient un certain nombre de problèmes dans les régions arctiques. Parmi ceux-ci, il faut noter la formation de boursoufflures, de plissements et de déchirures dans la membrane et les difficultés de fixation au cours du temps froid. Les coûts d'entretien annuels sont souvent très élevés et atteignent 10% des coûts initiaux d'installation; en général, ces toits ne résistent pas plus de sept ans.

Le problème de l'humidité

Le toit plat le plus simple possède une membrane étanche faisant partie intégrale du bâtiment ou constituée par d'autres matériaux placés sur une charpente (fig. 9a). Dans les pays froids, cette conception n'est pas appropriée pour recouvrir un espace chauffé, puisque le chauffage provoque la formation de condensation et de gel sous la membrane et sous la charpente. Ces phénomènes entraînent des problèmes d'humidité pendant la période plus chaude et des détériorations de la charpente, surtout si celle-ci est faite en bois. Si l'on utilise un isolant sous la charpente (fig. 9b), il est possible de faire des économies de chauffage, mais le problème de la condensation subsiste. Ce problème est aggravé par le fait que la plupart des isolants absorbent l'humidité. Si l'on installe un isolant sur la charpente (fig. 9c) la situation reste inchangée. Cependant, on limite les variations de la température et les mouvements thermiques dans la charpente.

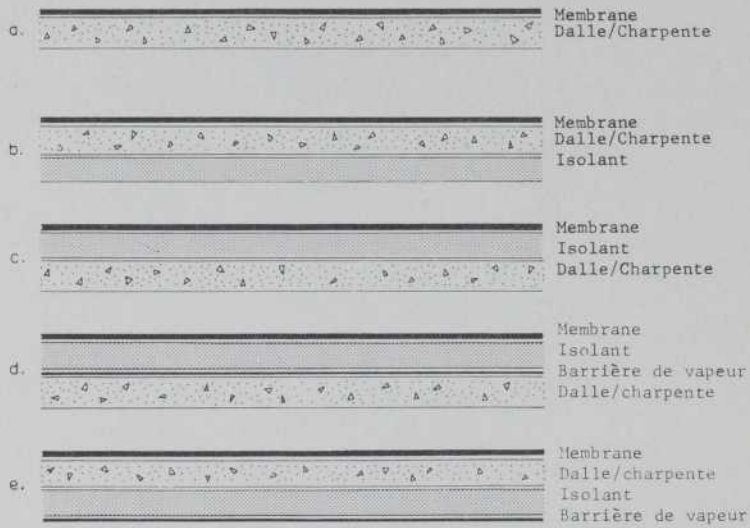


Figure 9

Les éléments des toits plats

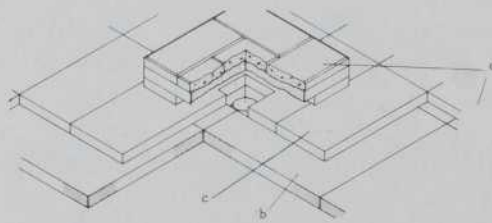
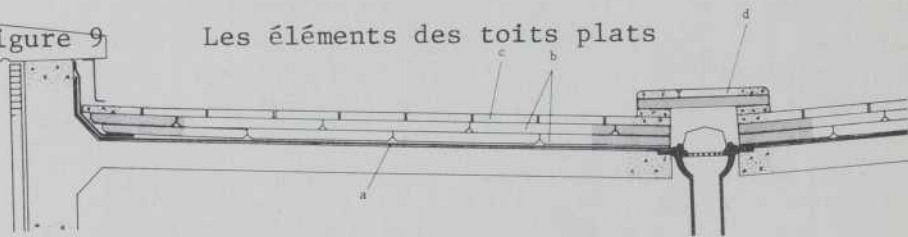


Figure 10

Arrangement typique d'un toit isolé

- a. Membrane étanche
- b. Plaques isolantes
- c. Dallage de protection
- d. Recouvrement du drainage

On peut installer une barrière de vapeur en dessous de l'isolant pour résoudre le problème de la condensation (fig. 9d). Cette barrière peut aussi être installée sous la charpente. Les effets sont comparables dans les deux cas, car on a produit un sandwich scellé au-dessus et en dessous de l'isolant. Malheureusement, les efforts faits pour empêcher la vapeur de pénétrer dans le sandwich empêchent aussi l'humidité interne de s'échapper.

L'humidité peut pénétrer dans le sandwich scellé au cours de la construction et par la suite au cours de l'occupation du bâtiment pendant les longues périodes froides. Il est possible d'éviter le premier problème, mais il est plus difficile de remédier au second. Une barrière de vapeur ayant une perméabilité de 0,2 permes laisse passer 5 onces de vapeur d'eau par pied carré (1400 g/m^2) qui se condense ou se dépose sous forme de gel en dessous de la membrane supérieure durant les six mois d'hiver.

Si l'on ne prévoit pas un système de ventilation, la pression de l'air dans le toit varie avec la température. L'humidité dans le toit augmente ces variations de pression au fur et à mesure qu'elle s'évapore et se condense de nouveau. Cette action de "pompage" crée souvent la formation de boursofflures. Très souvent aussi, la pression passe à travers les parties discontinues de la barrière de vapeur et dans les ouvertures périphériques. Les joints entre les matériaux ou les trous des clous formant inévitablement de petites imperfections et les espaces prévus pour la fixation des appareils électriques favorisent le passage de l'humidité dans le toit. Tous ces points laissent passer la pression, mais entraînent un accroissement du passage de l'humidité.

Les contraintes thermiques

Outre l'humidité, les contraintes thermiques constituent un autre grand problème. La membrane, illustrée par la fig. 9, se trouve dans la position la plus exposée où les changements de température journaliers et saisonniers sont plus importants que ceux de l'air extérieur. Dans cette situation, la membrane se déforme au fur et à mesure qu'elle se dilate puis se brise lorsqu'elle se contracte. Par ailleurs, sa constitution chimique vieillit assez rapidement lorsqu'elle est affectée par de hautes tempéra-

tures. Le toit indiqué par la fig. 9c présente un avantage par rapport à celui de la fig. 9d à cet égard. La haute capacité thermique de la dalle de béton par rapport à celle de l'isolant réduit l'importance des changements de température.

Les solutions

Pour résoudre le problème de l'humidité et des contraintes thermiques, on a conçu un toit protégé par une membrane. Comme le montre la figure 10, cette solution évite l'emmagasinement de l'humidité parce qu'on a placé la barrière de vapeur et la membrane étanche juste au-dessus de la dalle de béton.

Les contraintes thermiques ont été réduites en plaçant l'isolant au-dessus de la membrane. Ainsi protégée, la membrane risque moins de se rompre prématurément et elle vieillira bien moins vite puisqu'on a stabilisé la température.

Un toit protégé par une membrane peut constituer un système flottant ou fixe. Dans le premier cas, on utilise des dalles en béton (voir fig. 10) ou des blocs similaires et on les recouvre avec du gravier afin qu'ils ne soient pas soulevés par le vent. Puisque les dalles ne sont pas jointoyées, elles peuvent se dilater ou se contracter suivant les changements de température. La pluie ruisselle entre les dalles, se disperse entre les plaques isolantes et s'écoule vers un drainage intérieur qui est légèrement en pente.

Les plaques isolantes sont placées bout à bout sans être solidement fixées. L'expérience a prouvé que si l'on entrecroise deux couches de plaques, on réduit les pertes de chaleur à travers les craquelures qui peuvent se développer entre les joints de celles-ci, et par conséquent, il est préférable d'utiliser deux couches plutôt qu'une seule. La face inférieure des plaques devrait être chamfreinée pour améliorer le drainage et le séchage ultérieur. Le matériau isolant lui-même doit résister à l'humidité et de préférence à l'action du gel et du dégel. La mousse de polystyrène expansé, telle que le Styrofoam, a une absorption d'humidité relativement basse, qui est tout à fait appropriée.

La barrière de vapeur se présente sous forme de grandes feuilles d'une épaisseur de 0,062 pouces (1,5 mm) qui s'adaptent bien aux dimensions des toits. Un chlorure de polyvinyle pour toiture, tel que Trocal, a une épaisseur de 0,032 pouces (0,8 mm). Les feuilles de caoutchouc ou de plastique sont placées sur la charpente comme un tapis et elles ne sont fixées qu'autour des solins et des endroits où il y a des ouvertures. Ce matériau est flexible même à des températures qui descendent jusqu'à -40°F (-40°C) et il peut être installé dans les conditions climatiques les plus adverses.

En Amérique du Nord, on a coutume de faire adhérer la toiture à la charpente; dans ce cas, l'isolant peut adhérer à la membrane si l'on place celle-ci sur une couche chaude d'asphalte. Cette méthode évite de placer des dalles sur l'isolant et permet d'utiliser un gravier assez gros. On peut également placer un isolant sur la toiture sans l'attacher solidement. Les avantages de ce système flottant sont nombreux; en effet, il facilite (i) l'inspection et l'entretien de la toiture, (ii) l'installation initiale malgré les conditions arides du temps, (iii) la réutilisation des matériaux en cas de modifications ultérieures, (iv) les mouvements de la membrane au cas où il y aurait une concentration des contraintes causées par des mouvements différentiels dans la charpente et (v) il assure une protection adéquate que le vent ne peut pas emporter puisque le dallage est retenu par le gravier.

Un système solidement attaché a l'avantage de ne pas nécessiter de dallage pour le maintenir en place et de ce fait, il permet d'avoir une toiture beaucoup plus légère. Ce dallage pèse entre 15 et 25 livres par pied carré (75 et 125 kg/m^2) alors qu'un revêtement de gravier normal, appliqué d'une façon appropriée, pèse environ 10 livres par pied carré (50 kg/m^2)

Le revêtement (d) indiqué par la fig. 10, protège l'écoulement du gel pendant le temps froid. L'eau qui provient de la fonte de la neige et qui s'écoule sur la membrane chaude, est évacuée sans être bloquée par un barrage de glace au niveau de l'écoulement. Ce revêtement n'entrave pas le drainage de l'eau de pluie qui s'écoule entre les dalles et les plaques isolantes.

2:3 LE CONTROLE DE LA POLLUTION DANS LE GRAND NORD

Cette section examine les problèmes soulevés par le contrôle de la pollution en fonction de différentes rubriques, telles que la pollution due aux déchets solides, la pollution de l'air et la pollution de l'eau.

LA POLLUTION ET LES DECHETS SOLIDES

La petitesse des communautés du Grand Nord écarte l'introduction de tout système de recyclage très compliqué. En conséquence, les déchets solides doivent être évacués en brûlant les matériaux combustibles et en enterrant les matériaux qui ne peuvent pas être éliminés par le feu. L'idéal serait de brûler les matériaux combustibles dans un incinérateur central dont la chaleur pourrait être récupérée et réutilisée. (1)

Une autre façon de recycler les matériaux non combustibles serait de concevoir des systèmes d'emballage qui pourraient avoir un second usage. Avec un peu d'imagination, des articles tels que les barils de pétrole pourraient être utilisés comme matériaux de construction. En effet, on pourrait, par exemple, les attacher pour former des fondations légères qui flotteraient sur la couche active.

LA POLLUTION DE L'AIR DANS LE GRAND NORD

Le brouillard de glace est un polluant particulier du Grand Nord. Ce brouillard est formé par des cristaux de glace qui se développent sur des particules de matières telles que les poussières ou les particules de suie. Ce brouillard empêche les autres polluants de l'air de s'échapper, de telle sorte que le niveau de pollution, enregistré à Fairbanks en Alaska, est trois fois plus élevé que celui de Los Angeles. (2) Trois facteurs sont nécessaires pour qu'il y ait formation d'un brouillard de glace: (i) une température constante au dessous de 20°F (-8°C), (ii) la présence de vapeur d'eau dans l'air (généralement causée par la combustion

des carburants) et (iii) des particules de suie ou des poussières. Le seul moyen qui permet de se débarrasser de ce brouillard de glace consiste à évacuer la vapeur d'eau en condensant les gaz avant qu'ils soient répartis dans l'air.

Une nouvelle technique, qui a permis de réduire le brouillard de glace produit par une usine chauffée au fuel, a été conçue à partir de ce principe de condensation. Elle a été développée en Alaska; quoiqu'elle soit encore à l'étape de prototype, cette solution semble satisfaisante.⁽³⁾

LA POLLUTION DE L'EAU

Des systèmes d'égouts et de distribution d'eau efficaces et économiques sont toujours difficiles à installer dans les régions de pergélisol. Jacobsen considère que ce problème peut être simplifié en adoptant trois solutions:

- (i) les systèmes autonomes;
- (ii) les systèmes de canalisations pour les petites communautés
- (iii) les systèmes souterrains complets pour les agglomérations de plus de 10 000 personnes.

L'EVACUATION DES EAUX USEES: UN SYSTEME AUTONOME

Seules les grandes communautés, comme Inuvik ou Frobisher, peuvent avoir de véritables systèmes de canalisations. La plupart des autres établissements arctiques utilisent des toilettes chimiques ou des cabinets d'aisances avec une chasse reliés à une fosse qui se trouve à l'intérieur ou sous la maison et qui est vidée périodiquement. Malheureusement, ces fosses gèlent facilement et il est très coûteux de les faire dégeler.

Actuellement, la meilleure installation de ce genre est un système qui comprend une fosse septique installée dans une zone chauffée entre le rez-de-chaussée et le sous-sol dont les résidus s'écoulent par un tuyau à quelques pieds du

bâtiment ou dans une fosse qui est vidée périodiquement. Il existe un système encore plus primitif qui consiste à collecter les déchets dans des sacs en plastique qui sont ramassés périodiquement et jetés à la mer.

Pour améliorer la situation actuelle, qui n'est guère satisfaisante, des recherches subventionnées par le gouvernement canadien ont été entreprises afin de développer un système économique qui recyclerait les déchets en les brûlant à l'électricité et en récupérant la vapeur d'eau. Cependant, tant que les habitants du Grand Nord n'auront pas surmonté l'idée de consommer leur propre urine recyclée, une unité de ce genre ne pourra pas être plus facilement utilisée dans l'Arctique que dans les pays du sud.

Un autre système est également à l'étape de recherche; il s'agit du "Petit Coin Polaire", sorte de cabinet d'aisances dont le système de chasse utilise un fluide contenant des produits chimiques qui est recyclé au lieu d'être déversé dans l'environnement. Ce système ne présente aucun inconvénient en ce qui concerne la couleur, la turbidité ou l'odeur, car les résidus sont réduits à un minimum et ils peuvent être incinérés ou déposés sans qu'il y ait risque de pollution.⁽⁴⁾

Plusieurs autres unités de recyclage sont à l'étape de prototypes et il est probable que dans quelques années, une unité de recyclage économique sera disponible.

L'EVACUATION DES DECHETS: UN SYSTEME DE CANALISATIONS POUR LES PETITES COMMUNAUTES

J.W. Grainge

Analyse préparée à partir de l'exposé et des travaux antérieurs de M. Grainge. ⁽⁵⁾

Pour protéger la santé des résidents des communautés nordiques, il est nécessaire de leur fournir de l'eau potable et des moyens appropriés pour disposer des déchets.

Les premiers travailleurs sociaux des régions arctiques ont constaté depuis longtemps que la contamination de l'environ-

nement et en particulier l'accumulation des déchets biologiques autour des habitations étaient la cause d'un grand nombre de maladies dans le nord. Cependant, il est très difficile d'installer des systèmes d'égouts adéquats. Les communautés nordiques sont souvent installées près d'un lac ou d'une rivière qui est la source principale d'eau potable pour les résidents et pour les habitants qui se trouvent en aval. Ces communautés ne possèdent aucune facilité pour distribuer et traiter l'eau d'une façon efficace et par conséquent, les résidents vont chercher l'eau eux-mêmes au point le plus proche sans tenir compte de l'endroit où sont déchargés les déchets. L'évacuation des eaux usées en sous-sol est pratiquement impossible puisque les sols saturés d'eau et de matières organiques ne peuvent plus désintégrer les déchets.

Etant donné les méthodes de plomberie actuelles dont nous disposons, les systèmes de canalisations sont probablement la meilleure solution pour distribuer l'eau potable et évacuer les déchets. La distribution de l'eau dans chaque habitation sous forme de canalisations est beaucoup plus efficace car elle réduit l'incidence des maladies causées par l'eau. La distribution de l'eau par camions-citerne représente un coût initial assez bas, mais son utilisation à la longue est plus coûteuse que celle d'un système de canalisations.

Du fait du manque de planification, on a tendance à abandonner tout espoir d'installer des canalisations d'eau et d'égouts dans un grand nombre de communautés de l'Arctique. En général, l'eau potable et les eaux usées sont transportées par camions pour les employés du gouvernement dont les résidences sont équipées d'un système de plomberie interne et de fosse septique. Quant aux indigènes, ils reçoivent l'eau potable dans des barils et disposent des déchets en utilisant des sacs de plastique mentionnés ci-dessus, qu'ils appellent "sacs à miel". Les eaux usées sont jetées en dehors des habitations qui ne possèdent ni plomberie ni fosse. Comme la surface du sol est gelée la plupart du temps, les liquides ne peuvent pas s'infiltrer dans le sol et au printemps, les eaux usées fondent et forment d'énormes flaques autour des maisons. Ces flaques creusent des fossés dans les rues qui sont alors bloquées par des pontons gelés où s'accumulent les déchets. Du point de vue

sanitaire, ces flaques d'eaux usées sont extrêmement dangereuses, parce que les enfants jouent dedans et parce qu'elles constituent des endroits favorables au développement des larves de moustiques.

Outre les maladies, ce problème est une cause continuelle de tension entre les habitants. En effet, la livraison d'eau potable et la collection des déchets - qui sont souvent retardées - ou la pollution des cours au moment de ces opérations sont des causes de chicanes entre les résidents. Il serait peut-être exagéré de dire qu'un système d'égouts peu satisfaisant est une cause de dépression nerveuse chez les indigènes, mais il faut reconnaître que ce manque de facilités est à l'origine de maux physiques et psychologiques pour ceux qui vivent dans le Grand Nord.

Les villes nouvelles et les systèmes de canalisations

Pour résoudre ces problèmes, la planification des systèmes de canalisations devrait faire partie du plan d'ensemble de la communauté. Les coûts élevés constituent le principal écueil de ces systèmes. Ceux-ci s'élèvent à \$1 500. pour chaque lot de terrain dans une ville du sud, entre \$3 000 et \$4 000 dans une communauté nordique planifiée pourvue d'utilidors ou unités de services et à deux à cinq fois cette somme dans les villes du Grand Nord où la planification est médiocre. Parmi les exemples de planification défectueuse, on peut inclure les culs-de-sac, les rues en épingle à cheveux et les rues en forme de P. Dans ces types de rues, il est difficile de faire fonctionner les systèmes de canalisations et l'eau qui reste bloquée risque continuellement de geler. En outre, ces rues bloquent le drainage, nécessitent plus de ponceaux que nécessaire et créent des problèmes lorsqu'il faut déblayer et enlever la neige. Par ailleurs, les culs-de-sac nécessitent de très longs embranchements qui sont particulièrement vulnérables au gel.

La planification des communautés nordiques devrait chercher à réaliser une implantation absolument compacte. Un arrangement restreint des services à l'intérieur d'une ville réduirait les coûts des facilités puisque la longueur des canalisations serait limitée et que les dépenses consacrées à la protection thermique et à l'entretien seraient moins

élevées.

Il est possible de réaliser une implantation compacte de différentes façons. Comme les villes nordiques sont généralement très petites, les parcs, les terrains de jeux autour des écoles peuvent être développés en lisière de la ville. Au centre, il est souhaitable de bâtir un îlot multi-fonctionnel comprenant des facilités de récréation, des centres d'achats, des bureaux, des résidences et des restaurants. Le rapprochement des facilités commerciales et résidentielles permet d'éviter que certaines parties de la ville soient complètement désertées durant les week-ends et les périodes de vacances. L'hôtel de ville à multi-étages de Kémi en Finlande illustre bien ce concept. Ce centre bien intégré comprend un réservoir d'eau pour toute la ville, surmonté par un restaurant et une plate-forme d'observation.

Comme nous l'avons indiqué précédemment, il est souhaitable que la ville nordique soit construite sur une pente orientée vers le sud, car les radiations solaires sont plus intenses que dans les régions plus plates et la protection contre le froid apporté par les vents du nord, est plus facile à réaliser.

Il faudrait éviter de construire des habitations sur les pentes ombragées orientées vers le nord et réserver ces zones pour la construction de développements industriels et d'entrepôts. Les sommets des collines devraient être occupés par des bâtiments hauts afin de créer une protection supplémentaire contre le vent pour les zones résidentielles qui se trouvent en contre-bas.

Afin de faciliter le drainage, toute agglomération devrait être localisée sur la pente d'une colline et les rues devraient être arrangées diagonalement sur cette pente. Cette disposition faciliterait l'écoulement des eaux qui ruisselleraient dans les fossés le long des rues. Cependant, cette pente (1% au minimum) devrait être juste suffisante pour satisfaire un bon drainage.

L'implantation d'une communauté devrait permettre de contrôler le développement de l'ensemble de la ville et le gouvernement local ne devrait desservir que les zones qui conforment raisonnablement aux exigences du plan général.

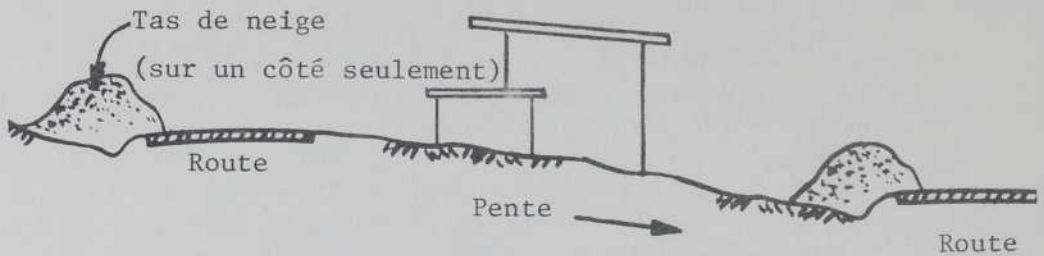


Figure 11 Coupe transversale d'une route à Churchill Falls

Tomlinson décrit un arrangement alternatif qui a été envisagé pour la communauté de Churchill Falls. Les maisons sont installées uniquement sur un côté de chacune des rues qui sont légèrement en pente. On considère que cet arrangement facilite le déblaiement de la neige et élimine toute accumulation devant les maisons. Il simplifie aussi le drainage en surface, permettant de réduire le nombre de ponceaux et d'éloigner les fossés des habitations.

Le traitement des eaux-vannes

La conception des facilités qui permettent de traiter les déchets grâce à un système de canalisations est plus difficile dans le nord que dans le sud à cause des basses températures et de divers phénomènes annexes.

Le traitement des eaux usées est un des premiers objectifs qu'on cherche à réaliser dans le Grand Nord. Mais comme l'eau potable est tirée des rivières d'une façon non contrôlée, le critère principal d'un système d'évacuation est d'assurer que le résidu des déchets soit dépourvu de bactéries.

Jusqu'à présent, la seule méthode efficace et économique utilisée dans le nord canadien consiste à faire séjourner les déchets pendant plusieurs mois dans des sortes de lagunes.⁽⁶⁾ Les raisons qui ont contribué à l'adoption de cette méthode sont: (i) les coûts élevés des autres types de traitement (tels que l'activation des résidus, l'aération et les traitements physico-chimiques), et (ii) la difficulté d'obtenir des personnes compétentes pour s'occuper de ces problèmes et surveiller les appareils.

Une étude récente du Ministère de l'Environnement de l'Alberta a montré que ces lagunes constituent une méthode efficace pour disposer des déchets, car elle ne crée pas d'odeurs désagréables ni de dangers pour la santé publique. Ce système, dépendant d'une oxydation des déchets au cours d'une période de 24 mois environ, donne des résidus qui sont pratiquement exempts de coliformes et de déchets solides en suspension mais qui contiennent suffisamment d'oxygène biologique et de substances telles que le nitrogène et le phosphore.

Les besoins en oxygène biologique et la réduction des organismes coliformes sont plus grands en été qu'en hiver dans les régions arctiques. L'activité biologique dans les lagunes est négligeable pendant l'hiver, mais au cours de l'été, lorsque le soleil brille vingt-quatre heures par jour, cette activité est accélérée. Pourtant, la réduction des solides est plus grande en hiver, parce que les grandes algues qui se développent pendant l'été se mélangent aux particules en suspension et parce qu'une pellicule de glace protège la lagune contre les vents qui risqueraient de disperser les dépôts de vase.

LA CONCEPTION DES UTILIDORS

G. Jacobsen

Analyse faite d'après l'exposé de M. Jacobsen.

Dans des communautés comme celles d'Inuvik ou de Frobisher, les systèmes de canalisations sont isolés dans des sortes de boîtes en bois, connues sous le nom d'utilidors. Ces utilidors, installés au-dessus de la surface du sol, sont coûteux et peu esthétiques, et il serait souhaitable de les remplacer par de plus petits utilidors souterrains.

Cette section décrit une unité de services économique de plus petite taille, installée en sous-sol dans laquelle les services des eaux et des égouts sont canalisés dans de petites conduites isolées et chauffées par des câbles pyrotenax. Ces utilidors sont placés près de la surface du sol, reposant entièrement sur la couche active au-dessus du pergélisol.

Les critères de conception des utilidors

Un certain nombre de critères concernant la conception des utilidors ont pu être identifiés.

- 1 - (i) La structure doit être légèrement en pente;
(ii) elle ne doit pas obstruer le trafic;
(iii) elle doit pouvoir supporter les conditions climatiques, c'est-à-dire les vents violents, le poids de la glace, etc.;
(iv) elle doit être conçue en tenant compte de la circulation des piétons;
- 2 - (i) le revêtement protecteur externe doit pouvoir être retiré facilement lors des réparations et de l'entretien;
(ii) ce revêtement devrait nécessiter le minimum d'entretien;
- 3 - (i) ce matériau isolant devrait avoir une basse conductivité (facteur K);
(ii) le matériau isolant devrait être hydrophobe;
(iii) le matériau isolant devrait pouvoir s'adapter aux contours et à la forme des canalisations;
(iv) le matériau isolant devrait pouvoir être enlevé facilement lors de la réparation ou du remplacement des canalisations.

Les solutions

Le dispositif recommandé comprend une enveloppe en contre-plaqué, enterrée jusqu'à fleur de sol. La largeur de cette unité varie suivant le nombre de canalisations qu'elle contient; la figure 12 montre une coupe transversale typique. La température autour de cette unité devrait être identique à celle du remblai qui est d'environ 7°F (-14°C) même pendant l'hiver.

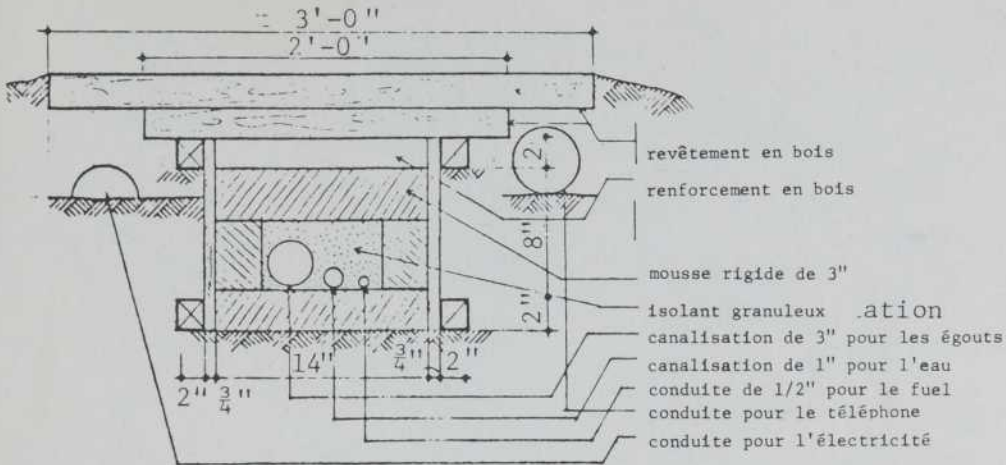


Figure 12 Un "Utilidor" - unité de services pour une maison.

Pour isoler les canalisations, une poudre hydrophobe entassée en vrac donne une protection totale contre la corrosion et une bonne isolation thermique; elle ne nécessite aucun durcissement et elle ne subit aucun changement. Cet avantage permet d'enlever et de remplacer l'isolant autour des canalisations à n'importe quel moment de l'année sans les endommager ou les briser. La tension superficielle de cette poudre, particulièrement élevée, empêche toute infiltration d'humidité, même si le sol est saturé et rend l'utilidor absolument étanche. Un isolant sous forme de mousse rigide est utilisé lorsque l'installation est permanente.

La boîte est fermée par deux planches de 2" (5 cm) d'épaisseur, la seconde étant prolongée de part et d'autre sur une longueur de 6" (15 cm) pour protéger les canalisations électriques et les câbles de télécommunications. La planche supérieure ou couvercle a une capacité structurale suffisante pour supporter une charge de 10 tonnes. A condition que ce couvercle soit installé d'une façon adéquate sur le remblai, il ne présente aucun danger pour la circulation des piétons. Néanmoins, il est préférable de placer les utilidors en dehors du trafic des véhicules. Une canalisation d'égouts de 8" (20 cm) devrait être suffisante tant que la population de la ville ne dépasse pas 4 500 habitants.

Les bouches d'incendie et les trous d'homme.

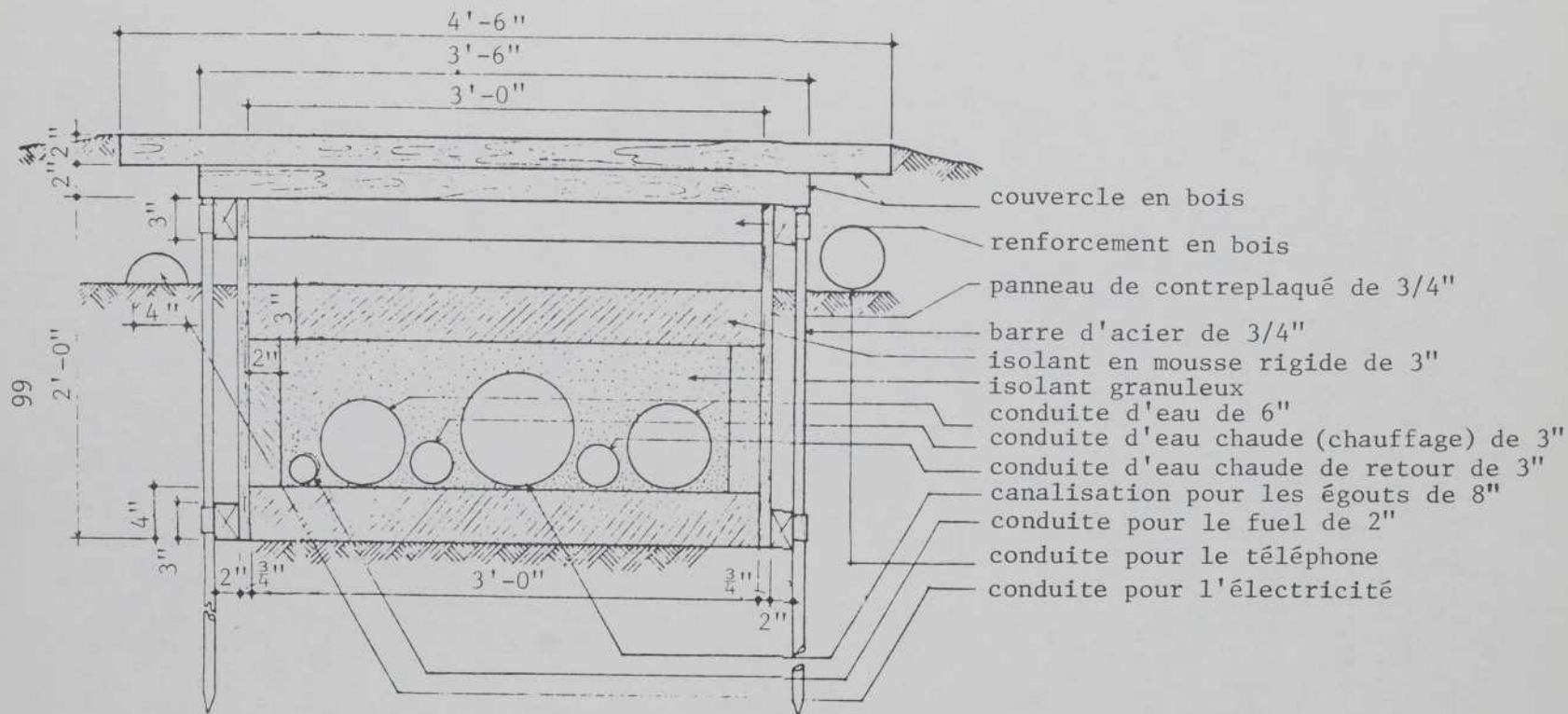


Figure 13

Un "Utilidor" - unité de services pour un groupe de maisons.

Les bouches d'incendie sont placées sur des blocs de béton qui font partie de l'unité de services; elles sont espacées d'environ 300 pieds (100 m). Ces bouches d'incendie sont reliées aux égouts pour faciliter le drainage. Afin de permettre l'accès des canalisations en cas d'inspection ou d'entretien, une sorte de couvercle est vissé au ras de la planche qui se trouve près de chaque bouche d'incendie.

Chaque bouche d'incendie et chaque trou d'homme sont protégés par un petit dôme géodésique en contreplaqué. La forme de ce revêtement empêche que les bouches d'incendie et les trous d'homme disparaissent totalement sous la neige.

L'EVACUATION DES DECHETS: UN SYSTEME D'EGOUTS SOUTERRAIN

La planification d'un système souterrain complet pour des agglomérations de plus de 10 000 habitants dans les zones de pergélisol est encore, pour le moment, un exercice théorique, car il est peu probable que des villes de cette grandeur soient construites dans l'Arctique canadien dans l'immédiat. Cependant, Jacobsen recommande que des recherches soient faites afin d'étudier les systèmes qu'il faudrait envisager. L'expérience russe a montré que dans des grandes villes telles que Norilsk en Sibérie, où 120 000 habitants vivent sur une superficie assez limitée, il est relativement facile et économique de construire dans le pergélisol une unité de services souterraine.

LA DISTRIBUTION DE L'EAU DANS LE GRAND NORD

Tant que la source de l'eau est adéquate, la distribution est un problème moins grave que l'installation des égouts. Cependant, il est difficile de trouver des sources appropriées pour extraire de l'eau potable. La plupart des lacs de la région arctique, relativement peu profonds, restent gelés pendant la longue saison froide. C'est seulement au-dessous d'un niveau de 8 pieds que l'eau des lacs nordiques ne gèle pas; mais l'eau qui se trouve à cette profondeur ne convient pas aux usages domestiques. Il existe quelques rivières qui sont propres et qui peuvent fournir de l'eau toute l'année, mais ces rivières sont rarement localisées

près des agglomérations. Les puits ne peuvent pas vraiment être creusés dans les régions de pergélisol, et par conséquent, dans certains endroits, la seule ressource consiste à fondre de la glace. Cette glace fondue est délivrée dans des tonneaux par des camions ou par des traîneaux ou bien encore la glace est fondue dans chaque maison. Comme Grainge l'a fait remarquer, l'eau ou la glace distribuée de cette façon augmente l'incidence des maladies gastriques et des affections de la peau, non seulement à cause des méthodes de manipulation mais aussi à cause de la source de l'eau qui est inadéquate.

Pour réduire les coûts d'entretien, Jacobsen recommande de pomper l'eau par intermittence depuis le lac qui sert de réservoir jusqu'à la citerne de distribution, en ayant soin de souffler les tuyaux avec du gaz comprimé après chaque pompage. Si cependant le gradient de pente est suffisant, le vidage naturel de la conduite après le pompage est évidemment une mesure économique raisonnable. Les recommandations de Jacobsen sont confirmées par l'expérience russe qui déconseille le pompage permanent parce qu'il est considéré comme un gaspillage.

Notes:

- 1 - Tilsworth T., Solid Waste: the Third Pollution (Les déchets solides: la troisième pollution); The Northern Engineer, Vol. 3, No. 4, 1971.
- 2 - Holty, J.A., Fairbanks faces Unique Pollutant (Fairbanks doit lutter contre un polluant unique), The Northern Engineer, Vol. 3, No. 4, 1971.
- 3 - Leonard, L., Ice fog: Big problem - One solution (Le brouillard de glace: un grand problème - une solution), The Northern Engineer, Vol. 4, No. 2, 1972.
- 4 - Alter, A.J., "The Polar Palace" (Le petit coin polaire), The Northern Engineer, Vol. 5, No. 2, 1973.
- 5 - Grainge, J.W., et J.W. Shaw, Community Planning for Satisfactory Sewage Disposal in Permafrost Regions

(La planification de la communauté pour obtenir une évacuation des eaux usées satisfaisante dans les régions de pergélisol), Geoforum, Pergamon Press, Vol. 1, No. 12, 1972.

- 6 - Grainge, J.W., et J.W. Shaw, Waste Treatment in Northern Canada. (Le traitement des déchets dans le nord du Canada), The Northern Engineer, Vol. 3, No. 4, 1971.

2:4 LA CONSERVATION DE L'ENERGIE ET LA LONGEVITE DES BATIMENTS .

C.F.T. Rounthwaite

Analyse préparée par l'Editeur à partir de l'exposé de M. Rounthwaite.

LA CONSERVATION DE L'ENERGIE DANS LE NORD

Bien que les températures qu'on rencontre dans le nord, soient moins sévères qu'on a coutume de le croire, la saison froide est beaucoup plus longue que dans le sud, et par conséquent, la consommation de combustibles est beaucoup plus grande. Si l'on tient compte que (i) le prix du fuel dans le nord est plus élevé du fait des coûts de transport supplémentaires et que (ii) l'inflation de ces coûts ne cesse de croître, il est superflu de souligner l'importance de la conservation de l'énergie.

D'ailleurs, la conservation de l'énergie est une idée toute nouvelle dans un pays où pendant des années, l'énergie a été considérée comme illimitée et très bon marché et ceux qui consommaient en grande quantité étaient récompensés par des tarifs plus avantageux. De nos jours, ces concepts ne s'appliquent plus.

Les dépenses entraînées par une utilisation prodigue de l'énergie peuvent être réduites de plusieurs façons, en dimi-

nuant le rapport entre la surface de l'enveloppe externe et la superficie totale de plancher, en prévoyant une bonne isolation, en contrôlant la ventilation d'une façon très stricte et en introduisant, si nécessaire, un système de récupération de la chaleur.

Les normes de qualité et la longévité des bâtiments.

Traditionnellement, l'igloo satisfaisait les besoins des Esquimaux nomades. Le bâtiment était un abri temporaire qui ne devait résister que quelques jours ou tout au plus une saison. Jusqu'à présent, les bâtiments construits pour les immigrants venus du sud (équipes d'exploration, ouvriers de construction, expéditions de recherches, etc.) étaient aussi temporaires. Il n'était donc pas nécessaire, ni économique, de satisfaire les standards de qualité que doivent avoir les bâtiments permanents dans le sud. Cependant, du fait du développement du Grand Nord, il est maintenant essentiel d'avoir des installations plus permanentes. Comme les bâtiments ont un cycle de vie plus long, il est plus économique de fournir des standards de qualité plus élevés, surtout si l'on tient compte de facteurs tels que les dépenses entraînées par un personnel insatisfait, les frais d'assurances élevés pour maintenir des bâtiments occupés par intermittence, mais comprenant des installations importantes, le coût de l'entretien et en particulier la nécessité de retarder le vieillissement des bâtiments causé par l'adoption de standards de confort plus élevés. Pour éviter tout gaspillage de ressources dû au vieillissement prématuré et pour limiter les coûts d'entretien, il faudrait aussi avoir recours à des standards plus élevés lorsqu'on conçoit les bâtiments.

Les règlements de construction et les normes de qualité

Les normes concernant les exigences fonctionnelles les plus importantes sont définies par les règlements de construction. Le but principal de ces règlements est d'une part d'assurer la stabilité structurale du bâtiment et la protection contre l'incendie et d'autre part de protéger la santé publique par un certain nombre d'exigences essentielles concernant la protection contre le chaud, le froid, l'humidité et le bruit. En fait, ces normes ne devraient pas être uniquement appliquées pour assurer

la stabilité du bâtiment mais elles devraient permettre d'éviter le gaspillage des ressources et en particulier de l'énergie.

L'application rigoureuse de standards de conception plus élevés est nécessaire étant donné la nature du "système" car les normes minimales définies par les règlements ne représentent que les standards maximums auxquels on peut s'attendre. Le promoteur qui construit pour la vente, envisage ses intérêts à court terme; son but est de réduire les coûts initiaux même si les coûts d'entretien seront plus élevés, la consommation de l'énergie plus grande et le vieillissement du bâtiment prématuré. C'est pourquoi les règlements devraient être prévus pour obliger le promoteur à construire en fonction de standards plus élevés.

3:0

ÉLABORATION D'UN PROCESSUS DE CONSTRUCTION

Le froid, les bourrasques de neige, l'obscurité et les vents glacés rendent le travail à l'extérieur presque impossible au cours de l'hiver arctique. La première section de ce chapitre décrit les problèmes rencontrés par la main-d'oeuvre dans le Nord.

Presque tous les sites de l'Arctique sont isolés et à l'exception de quelques cas particuliers, ne sont pas reliés à d'autres communautés par la route ou par le chemin de fer. La plupart des matériaux de construction doivent être importés pendant la courte saison de l'été par mer ou par air. En conséquence, tout projet de construction devient avant tout un exercice de transport et de logistique. La deuxième section présente une discussion sur la complexité des problèmes rencontrés, et la troisième décrit les avantages et les inconvénients des différentes approches de la préfabrication. Les difficultés expérimentées au cours de la construction dans le Grand Nord accentuent les faiblesses de l'organisation traditionnelle du processus de construction. La quatrième section suggère quelques méthodes qui permettraient de surmonter ces problèmes. Enfin, la cinquième section expose d'une façon détaillée le programme de construction de l'University of Alaska et certains processus de gestion qui ont été élaborés pour rationaliser les séquences de construction.

3:1 LES TRAVAUX DE CONSTRUCTION

DANS LE NORD

Cette section traite la ressource la plus importante de l'industrie de la construction, c'est-à-dire la main-d'oeuvre. Les thèmes discutés incluent: les conditions climatiques et le rendement humain, la main-d'oeuvre indigène et la main-d'oeuvre nordique, la main-d'oeuvre importée des régions sud et les organisations du travail dans le Grand Nord.

LE TEMPS FROID ET LE RENDEMENT HUMAIN

Crittenden et son équipe (1) considèrent qu'il est essentiel de "construire au chaud" dans la mesure du possible. Cette approche implique que les activités de la main-d'oeuvre sur chantier devraient être réduites à un minimum pendant l'hiver puisque le froid affecte le rendement humain et l'ensemble de la productivité, quoiqu'il soit assez difficile de préciser exactement à quel point les conditions du temps affectent les travaux extérieurs.

Schewen (2) estime que "la production peut atteindre un pourcentage de 100% pour tous les corps de métier lorsque la température varie autour de 50°F (10°C), mais qu'elle est réduite à zéro lorsque la température baisse à -50°F (-45°C). Entre ces deux extrêmes, la production varie en fonction de plusieurs facteurs, y compris le vent, l'obscurité, les oscillations climatiques, les brouillards de glace, le gel, la neige, outre la perte d'efficacité normale au cours des sept jours de la semaine."

Le temps froid affecte le rendement humain aussi bien sur le plan physiologique que sur le plan psychologique. En effet, le froid peut endommager les tissus à tel point que la récupération n'est pas toujours possible; les dommages dûs au froid peuvent entraîner des infirmités et même la mort. Du point de vue psychologique, il est évident que l'ouvrier est affecté à la pensée d'être exposé à des conditions de travail désagréables.(3)

Notes:

- 1 - Crittenden et al., Arctic Engineering and Construction Techniques (Le génie et les techniques de construction dans l'Arctique), article non publié.
- 2 - Schewen, J.J., Arctic Construction (La construction dans l'Arctique), Journal of the Boston Society of Civil Engineers, Vol. 49, avril 1962.
- 3 - Haven, J.A., et R.M. Morgan, Cold Weather Construction Practices (La construction et ses coutumes dans les pays froids), Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Rapport spécial 172, 1972.

LA MAIN-D'OEUVRE NORDIQUE ET INDIGÈNE

Du point de vue social, il est évident qu'il est nécessaire d'employer la main-d'oeuvre nordique aussi souvent que possible. Ce point de vue a été reconnu par toutes les parties impliquées. Cependant, comme Crittenden et son équipe l'ont souligné, l'enthousiasme des entrepreneurs à l'égard de cette politique varie considérablement. Certains d'entre eux se plaignent qu'on ne peut pas compter sur la main-d'oeuvre indigène, alors que d'autres louent les capacités et les aptitudes des Esquimaux et des Indiens.

Allen, administrateur du gouvernement canadien, considère qu'on a déjà fait de nombreux efforts et qu'il serait possible d'en faire encore d'autres pour utiliser les ressources locales, surtout dans les communautés indiennes. Cependant, il reconnaît que la main-d'oeuvre indigène a des capacités limitées. Les Esquimaux et les Indiens sont des gens qui traversent une période de transition, passant d'une économie fondée uniquement sur la chasse à une économie fondée sur l'acquisition d'un salaire. Au cours de cette phase, ils ont besoin d'être aidés par un programme d'apprentissage qui leur permettra de se familiariser avec les matériaux et de connaître les techniques modernes; mais il est évident que cet apprentissage ne peut pas être assimilé du jour au lendemain. Lorsque les projets de construction sont isolés de la communauté, l'expérience a prouvé qu'il est pratiquement impossible de dépendre de la main-d'oeuvre indigène pour les travaux de construction.

Pourtant, la main-d'oeuvre indigène a donné satisfaction au cours de certains projets de construction. Parmi ceux-ci, on peut mentionner le montage d'unités de logement préfabriquées par des coopératives d'Esquimaux et la construction d'une école par une main-d'oeuvre indigène, constituée d'environ quarante ouvriers dirigés par deux ou trois hommes qualifiés qui jouaient le rôle de contremaîtres. Actuellement une petite usine de la région de la Baie de Frobisher, qui fabrique des panneaux en plastique renforcés pour la construction d'une école primaire, emploie des ouvriers esquimaux.

L'architecte de cette école, Guy Gérin-Lajoie, a constaté que les Esquimaux s'adaptent mieux dans un nouveau bâtiment

qu'ils ont construit eux-mêmes.

Crittenden et son équipe considèrent que l'entrepreneur qui ne comprend pas les différences culturelles entre les Esquimaux ou les Indiens et son contremaître aura de grandes difficultés à obtenir le maximum de travail de la main-d'oeuvre locale. Si par contre le contremaître a l'habitude de travailler avec les indigènes ou avec une main-d'oeuvre constituée par des éléments de différentes races, ou s'il est lui-même de descendance esquimaude ou indienne, la productivité sera comparable à celle qu'on obtiendrait dans les pays du sud. En fait, au cours des périodes de grand froid pendant l'hiver, lorsqu'il est nécessaire de travailler à l'extérieur, il n'est pas rare que l'ouvrier indigène produise beaucoup plus que l'ouvrier venu du sud.

Les problèmes que l'on rencontre avec la main-d'oeuvre indigène incluent: des difficultés de communications entre le contremaître et les ouvriers indigènes, l'incapacité ou la résistance de la part du contremaître de reconnaître les différences culturelles entre la main-d'oeuvre qu'il avait l'habitude de diriger et la main-d'oeuvre indigène, et, dans certains cas, les préjugés raciaux de la part du contremaître ou des ouvriers eux-mêmes. Il est donc évident que si les ouvriers indigènes doivent constituer une partie de la main-d'oeuvre active, il est essentiel que (i) le contremaître sache comprendre les indigènes et (ii) qu'aucun contremaître, qui a des préjugés raciaux, ne soit employé dans les régions nordiques.

LA MAIN-D'OEUVRE MERIDIONALE DANS LE NORD

Bien que les plus grandes communautés fournissent une petite partie de la main-d'oeuvre qualifiée, il est nécessaire d'importer des ouvriers sur la plupart des chantiers de construction arctiques. Tout homme du sud qui est envoyé dans le nord constitue un investissement considérable pour les compagnies d'aviation et les services d'hébergement. Jacobsen souligne qu'il est indispensable que la main-d'oeuvre soit choisie soigneusement et qu'il est préférable que seuls des hommes qui sont qualifiés et qui pourront gagner suffisamment d'argent, soient envoyés dans le nord. Sauf

dans quelques cas particuliers, aucun homme ne doit rester plus de trois mois dans un site arctique isolé. Dans les plus grandes communautés, on considère qu'une période de six mois est plus ou moins acceptable. Les ouvriers qui viennent travailler dans l'Arctique, attirés par l'appât de grands salaires, sont toujours heureux de retourner dans le sud.

Crittenden et son équipe ont montré qu'il était extrêmement important d'avoir une main-d'oeuvre qualifiée pour résister aux conditions de l'Arctique. Les fluctuations continuelles de la main-d'oeuvre sont dues à l'isolement et aux conditions adverses. L'ouvrier qui connaît ces conditions, sera moins susceptible de développer des problèmes psychologiques, car il n'abandonnera pas le travail tant que le projet ne sera pas achevé.

LA PROTECTION DE LA MAIN-D'OEUVRE

Pour assurer la protection de la main-d'oeuvre, Crittenden et son équipe ont proposé les recommandations suivantes, soulignant qu'il est souhaitable:

- (i) d'employer une main-d'oeuvre locale pour réduire l'incidence des accidents de travail;
- (ii) d'avoir un contremaître et une équipe qui soient qualifiés, surtout si les travaux doivent être faits au cours de l'hiver;
- (iii) d'apprendre à tous les ouvriers les moyens qui permettent de survivre dans les conditions arctiques auxquelles ils seront exposés;
- (iv) de développer un certain mode de vie pour survivre à toutes les contingences possibles;
- (v) enfin, de regrouper les ouvriers non qualifiés sous la direction d'ouvriers qui connaissent bien les conditions de l'Arctique.

LES ORGANISATIONS DU TRAVAIL DANS LE NORD

La courte période de l'été et l'importance de "fermer" le bâtiment avant l'arrivée de l'hiver, exposent inévitablement l'entrepreneur aux risques de grève.

Romer a fait un rapport sur ce problème à propos d'un projet de construction très isolé, qui a été construit à Asbestos Hill sous le contrôle des syndicats. A l'origine, l'entrepreneur avait prévu de passer un accord avec les syndicats afin d'assurer le développement régulier des travaux. Il fit donc des démarches pour négocier cet accord, avant même que le contrat soit signé. Or, à cette époque, les négociations d'un accord similaire dans la région de Montréal, avec les syndicats et les associations du Bâtiment étaient à l'étape de discussions, et comme un accord séparé pour le Projet d'Asbestos Hill ne fut jamais conclu, l'entrepreneur utilisa l'accord qui avait été prévu pour les travaux de Churchill Falls jusqu'à la fin de 1970. Le 1er janvier 1971, un nouveau décret qui définissait les conditions de travail et les salaires dans l'industrie de la construction de la Province de Québec entra en vigueur. Ce nouveau décret obligeait tout ouvrier du bâtiment à devenir membre d'une association syndicale; l'ouvrier devait aussi obtenir un permis de travail auprès du Ministère de la Main-d'oeuvre du Québec. La Commission sur les Salaires Minimums, appelée maintenant Commission de l'Industrie de la Construction, se chargea de surveiller l'application de ce décret et d'agir comme intermédiaire entre les syndicats et les entrepreneurs. L'interprétation de cette nouvelle législation entraîna plusieurs problèmes et en particulier l'application de l'échelle des salaires au niveau régional. Toutes ces difficultés retardèrent le programme de construction prévu pour le projet d'Asbestos Hill.

Toutes les ramifications de ce décret ne sont pas encore très claires; personne ne sait exactement si les nouvelles conditions empêchent totalement la main-d'oeuvre nordique - qui n'est pas affiliée à des syndicats - d'obtenir du travail dans le Nord. S'il en est ainsi, il est fort probable que dans un avenir assez proche, la main-d'oeuvre nordique sera obligée de s'organiser pour défendre ses intérêts. Une telle organisation obligerait l'entrepreneur à offrir autre chose que des promesses lorsqu'il s'agit d'employer la

main-d'oeuvre nordique; par ailleurs, elle permettrait de former une main-d'oeuvre locale expérimentée dans le domaine de la construction nordique.

3:2 LES TRANSPORTS ET LA LOGIS- TIQUE

L'organisation et la planification de tout projet de construction dans l'Arctique dépendent de la localisation du site. Presque tous les sites sont isolés et, sauf quelques exceptions, ils ne sont pas reliés aux autres communautés par la route ou par le chemin de fer. La plupart des matériaux de construction doivent être importés pendant la courte période de l'été, par air ou par mer, et c'est pourquoi tout projet de construction devient un exercice de logistique. Selon George Jacobsen, le succès de tout projet dépend de l'organisation du transport des matériaux.

LE TRANSPORT PAR MER

Un grand nombre de communautés arctiques sont accessibles par mer, mais la durée de cette accessibilité peut être réduite à quelques semaines à cause des conditions de la glace. Souvent, la présence de celle-ci nécessite de fermer les ports jusqu'au début de l'automne; c'est pourquoi l'accessibilité peut varier énormément d'un endroit à un autre. En 1972, il ne fut pas possible de décharger les marchandises du premier bateau qui arriva au nord-est de la côte de l'Ile de Baffin avant le mois d'octobre. En conséquence, la saison de construction fut annulée pour l'année 1972. Le succès des opérations de transport peut dépendre non seulement des conditions du temps mais aussi du type de bateau utilisé. Un bateau qui brise la glace peut affronter des écueils auxquels un bateau ordinaire ne pourrait pas résister. Cependant, comme il y a très peu de bateaux qui desservent l'Arctique, le choix du navire employé ne correspond pas toujours à celui que le client aurait voulu. Excepté lorsqu'il s'agit de grands projets de construction qui permettent aux sociétés responsables d'organiser leur propre transport (voir le projet d'Asbestos Hill, p. 120), la plupart du transport par mer dans les régions de l'Arctique est sous le contrôle du gouvernement fédéral.

Même si l'on présume que le bateau réussisse à passer, il reste encore le problème du déchargement à résoudre. Etant donné que les facilités portuaires sont pratiquement inexistantes dans l'Arctique, il est nécessaire, dans la plupart des cas, de débarquer les marchandises sur des chalands qui sont ensuite remorqués jusqu'à la terre ferme.

La grandeur des unités de transport devrait correspondre à la capacité de la grue du bateau et à celle de l'équipement installé sur la berge, afin de faciliter le débarquement des marchandises, d'autant plus que les lieux de débarquement sont généralement très petits et qu'ils manquent d'équipement pour soulever les pièces lourdes.

L'importance de ces deux paramètres a été mise en évidence par le projet de construction du dispensaire de l'Ile de Broughton. La conception du projet nécessitait un certain nombre de maisons modulaires. Le fabricant fit donc livrer trois unités dans les entrepôts de Québec; c'est alors qu'on découvrit que la grue du bateau n'était pas assez puissante pour soulever ces unités et que l'équipement disponible sur l'Ile de Broughton serait encore moins adéquat. Lorsqu'on envisage le transport par mer, il est donc nécessaire d'envisager les dimensions du produit dès la phase de la conception.

LE TRANSPORT PAR AIR

Le transport par air est plus rapide et plus facile; il est généralement utilisé d'une part pour apporter des aliments frais, des pièces de rechange et divers articles particulièrement utiles, et d'autre part, pour transport la main-d'oeuvre d'un site à un autre. Dans les endroits tels que Frobisher, Resolute ou Inuvik, le transport par air est en concurrence avec le transport par mer, d'autant plus que les coûts de déchargement augmentent considérablement les coûts du transport par mer.

George Jacobsen raconte qu'il a fallu deux niveleuses pour construire la piste d'atterrissage de Resolute dans l'Ile de Cornwallis. Si l'on avait utilisé les services maritimes pour les transporter, les machines seraient arrivées, au plus tôt, vers la fin d'août. Or, comme il n'est possible de travailler la terre que jusqu'à la fin de septembre dans

cette région, le travail qui devait être fait par les deux niveleuses en soixante jours, n'aurait pas pu être achevé avant l'hiver et les deux machines seraient restées en attente à Resolute pendant dix mois. Cette éventualité aurait entraîné une perte de revenus et un accroissement des intérêts. En utilisant le transport par air, les machines furent transportées depuis Edmonton par un avion Hercules à la fin de juin et la tâche fut achevée en août.

Lorsque la glace crée de mauvaises conditions ou que les sites sont inaccessibles par mer, le transport par air est la seule alternative. On peut employer des hélicoptères, mais comme ils sont affectés par les vents, leur utilisation est assez restreinte.

LE TRANSPORT PAR LES VOIES TERRESTRES

Le transport terrestre comprend le transport sur les routes - temporaire ou permanent - et le transport sur les pistes.

Les routes temporaires ou permanentes permettent aux véhicules conventionnels de fonctionner dans le nord. Lorsqu'il n'existe pas de route, il est possible d'envisager deux alternatives: l'utilisation de véhicules qui posent à peine sur le sol, tels que les aéroglisseurs ou le Rolligon - qui ne peut être utilisé qu'en été - ou bien encore le Flex-Track, ou le Modwell, qui conviennent aux conditions de l'hiver. Il existe aussi différents types de véhicules montés sur chenillettes qui sont utilisés dans le Nord depuis un certain temps.

Crittenden et son équipe considèrent que le Rolligon est le meilleur moyen pour transporter les grandes charges par voie terrestre. Ce véhicule peut porter des charges qui ont un centre de gravité assez bas, puisque la carcasse est relativement haute. Cependant, si des appareils de forage ou des machines qui ont un centre de gravité assez élevé, sont chargés sur le Rolligon, il sera dangereux de rouler sur un terrain accidenté.

L'ENTREPOSAGE ET LA PROTECTION DES MATERIAUX

Une des principales préoccupations de l'entrepreneur qui construit dans le Nord est de protéger les matériaux et

l'équipement de construction à la fois pendant le transport et sur le chantier. Un emballage adéquat comprenant des indications claires et différentes marques de couleur est indispensable. Les paquets comprenant les matériaux nécessaires à un même corps de métier devraient être regroupés dans la mesure du possible. Les listes de matériaux devraient être vérifiées plusieurs fois dans les entrepôts et les commandes préparées de telle façon que les articles nécessaires au début de la construction soient débarqués les premiers sur le chantier. Cette mesure est particulièrement utile lorsqu'on transporte des matériaux par bateau, car les matériaux lourds des fondations qui sont nécessaires en premier lieu sur le chantier, sont généralement entreposés au fond de la cale et sont débarqués les derniers. Le débarquement sur chantier devrait être prévu de telle sorte que les matériaux ne soient pas manipulés plusieurs fois sans raison. Enfin, il serait bon de mettre des drapeaux et des numéros sur les matériaux afin de faciliter leur identification lorsqu'ils seront recouverts de neige.

Il est possible aussi de développer un système de planification orthogonale dans l'entrepôt afin de ranger les matériaux selon les besoins des corps de métier.

Le stockage des matériaux devrait laisser passer le vent à travers de petites fentes afin d'empêcher la neige de s'accumuler et de pénétrer jusqu'aux matériaux entreposés. Il est aussi nécessaire de vérifier que l'emballage, l'équipement et les plate-formes de déchargement ne gèlent pas sur le sol.

L'EQUIPEMENT DE CONSTRUCTION ET L'ENTRETIEN

Pour construire d'une façon satisfaisante, l'équipement normalement utilisé dans les climats tempérés devrait être adapté afin qu'il soit possible de l'utiliser dans les régions isolées du Grand Nord et de l'adapter aux conditions climatiques extrêmes.

Quand on travaille dans des régions isolées, le remplacement des pièces risque de faire perdre du temps et de l'argent. Il faudrait donc avoir des pièces de rechange immédiatement disponibles sur chantier. Pour réduire ce stock à un minimum, il serait souhaitable que les pièces soient interchangeables.

S'il s'agit de faire un choix entre un équipement qui ne remplit qu'un seul usage et un équipement qui en remplit plusieurs, il est évident que malgré l'efficacité d'un outil qui ne remplit qu'un seul usage, il sera plus utile d'adopter le second parce qu'il pourra réaliser différentes tâches.

L'EQUIPEMENT DE CONSTRUCTION ET LE TEMPS FROID

Si l'on utilise les moyens qui permettent de prévenir les problèmes causés par le froid, l'équipement alimenté par de l'essence peut être mis en route et utilisé même si la température s'abaisse jusqu'à -20°F (-28°C). En dessous de cette température critique, il faut avoir recours à des méthodes plus spécifiques aux conditions de l'Arctique. La température critique de l'équipement diesel oscille autour de 0°F (-18°C).

A basses températures, il est difficile de faire démarrer des machines du fait que (i) les batteries ont un rendement limité, (ii) le moteur tourne difficilement et (iii) l'atomisation et la vaporisation des carburants sont aussi très réduites.

A basses températures, le métal et le caoutchouc des châssis sont très fragiles et il peut se produire des fuites de lubrification et une augmentation de la friction dans les engrenages. Des huiles et des graisses lubrifiantes spéciales sont recommandées lorsque la température descend au-dessous de 25°F (-30°C).

3:3 LES STRUCTURES FABRIQUEES EN USINE ET LES SYSTEMES DE CONSTRUCTION

Les difficultés de la construction dans le Grand Nord, le manque de main-d'oeuvre qualifiée et la courte saison de construction encouragent la préfabrication des bâtiments en dehors du chantier, malgré l'augmentation des coûts de transport qu'elle implique. Suivant le degré de préfabri-

cation envisagé, on choisira:

- (i) soit des structures fabriquées en série de telle sorte que le bâtiment soit complètement achevé en usine (excepté les fondations) en utilisant - dans la plupart des cas - des techniques traditionnelles,
- (ii) soit des systèmes de construction qui permettent d'assembler le bâtiment sur chantier à partir de pièces composantes produites par différents fabricants.

LES STRUCTURES FABRIQUEES EN USINE ET LE GRAND NORD

David Schaeffer

Analyse préparée par l'Editeur.

Lorsqu'on a recours à des structures fabriquées en usine, la superstructure toute entière est construite dans un lieu qui est éloigné du chantier de construction. La main-d'oeuvre de construction proprement dite ne doit entreprendre que la préparation du site et l'installation des connexions des services. Ces structures préfabriquées ont certains avantages par rapport à celles qui sont fabriquées d'une façon conventionnelle. En effet, la continuité qui résulte des processus de manufacture permet d'adapter les programmes d'assemblage et par conséquent de réduire le temps passé pour le montage du bâtiment. Par ailleurs, l'assemblage de la structure en usine ne nécessite pas une main-d'oeuvre qualifiée et dans ce cas encore les coûts de fabrication se trouvent réduits. De plus, les salaires de la main-d'oeuvre d'usine sont en général moins élevés que ceux de la main-d'oeuvre employée sur les chantiers de construction, surtout s'il s'agit de chantiers nordiques.

Les fabricants des maisons manufacturées sont considérés comme des fabricants d'équipement spécialisé et de ce fait, ils peuvent commander les matériaux dont ils ont besoin directement sans passer par les grossistes ou des distributeurs régionaux. Cet avantage peut réduire les coûts des matériaux d'un pourcentage qui peut atteindre jusqu'à 15%. De plus, ces structures fabriquées en usine ont le grand avantage d'être manufacturées très rapidement et de simplifier

les problèmes entraînés par la garantie de la qualité.

Pourtant, ce logement fabriqué en usine présente aussi certains inconvénients, tels que les coûts élevés du transport, les limites des dimensions imposées directement par les règlements routiers et indirectement par les systèmes de transport aux-mêmes.

Le logement préfabriqué en usine correspond à deux types particuliers: les maisons mobiles et les maisons modulaires.

Les maisons mobiles

L'industrie des maisons mobiles produit la plus grande partie des habitations fabriquées en usine aux Etats-Unis. Cette méthode relativement économique de résoudre les problèmes de logement pourrait permettre de fournir des habitations en quantité suffisante pour le Grand Nord. Cependant, les maisons mobiles actuelles ne sont pas conçues pour satisfaire les exigences du logement arctique et sub-arctique. L'isolation, le chauffage et les barrières de vapeur ne sont pas adéquates. La résistance des murs et les membres de la structure du toit sont en général trop faibles, et, pour corriger ces défauts, il faudrait envisager des dépenses assez élevées et tous les avantages de la production rationalisée seraient perdus. Dans cette situation, on pourrait envisager de créer une usine qui ne fabriquerait que des maisons mobiles adaptées aux conditions du Grand Nord. Malheureusement, il est peu probable que le marché nordique soit suffisant pour supporter le développement d'une telle industrie.

Les bâtiments modulaires

Le logement mobile et le logement modulaire sont tout à fait différents. Le logement modulaire est conçu pour être monté sur des fondations permanentes et de ce fait, il doit satisfaire tous les codes de construction existants. La structure des bâtiments modulaires est pratiquement identique à celle des habitations traditionnelles, excepté que les unités qui doivent supporter les contraintes imposées par le transport, sont renforcées par des armatures transversales dans toutes les directions. Les coûts de transport élevés et les limites des dimensions sont les princi-

paux inconvénients de ces maisons modulaires.

Lors d'un projet particulièrement réussi, des unités modulaires furent expédiées depuis Seattle jusqu'à Prudhoe Bay puis elles furent jointes sur chantier à l'aide de plaques et d'écrous afin de constituer un petit immeuble à appartements de deux étages. Si l'on compare cette méthode de construction à celle des maisons mobiles, on constate que l'industrie modulaire a l'avantage d'être plus flexible et de produire des bâtiments plus originaux et plus adaptés aux conditions nordiques.

LA CONSTRUCTION ET LES SOUS-SYSTEMES: INTRODUCTION

Notes préparées par l'Editeur.

La technologie actuelle de la construction est influencée par l'observation de coutumes acceptées depuis très longtemps et l'utilisation de matériaux et de méthodes traditionnels qui subsistent encore dans le monde des nouveaux matériaux, des nouveaux produits, des nouvelles techniques industrielles et des nouvelles tendances qui cherchent à réduire la main-d'oeuvre et à utiliser un personnel non qualifié. Une façon de rationaliser la technologie et d'améliorer le rendement de l'industrie de la construction consisterait à utiliser l'industrialisation et en particulier les systèmes de construction.

Les systèmes ouverts et les systèmes fermés

L'industrialisation implique deux approches possibles; la première repose sur l'utilisation d'un système ouvert et la seconde sur l'utilisation d'un système fermé. Les systèmes ouverts sont plus ou moins des "systèmes ex-catalogues" qui permettent aux architectes de choisir des pièces composantes normalisées, finies en usine, conçues et vendues par des organisations indépendantes, afin de réaliser différents types de bâtiments. Dans ce sens, la construction traditionnelle est presque un système ouvert, excepté que les pièces composantes utilisées qui ne sont pas des pièces finies en usine, doivent être modifiées et adaptées au cours de l'assemblage.

Les principes du système ouvert ont été établis dans les

années 60 par Ehrenkrantz et divers autres chercheurs.⁽¹⁾ Ces partisans du système ouvert considèrent que seules la normalisation et la coordination modulaires pourraient réduire la variété et faciliter la production en grande série des composantes de construction. Ce principe suppose l'introduction de la normalisation dans l'industrie de la construction, qui permettrait l'interchangeabilité des pièces composantes et offrirait à l'architecte ou à l'ingénieur un choix beaucoup plus varié pour concevoir son bâtiment. Les pièces composantes produites en grande série seraient plus faciles à assembler sur chantier, puisqu'elles s'intégreraient dans un système modulaire. Le système ouvert présente donc deux grands avantages:

- (i) il permet au fabricant de jouir d'un plus grand marché pour écouler ses produits;
- (ii) et à l'architecte de choisir et d'assembler avec une certaine habileté une variété de pièces composantes.

Au cours de ces dernières années, certains chercheurs ont commencé à douter des principes à l'origine du système ouvert et certains ont prétendu que le véritable conflit était dû au fait qu'on voulait produire des pièces composantes en nombre limité qui auraient une grande variété d'applications et qui réaliseraient la performance exigée pour chaque structure particulière. Comme Chris Abel l'a bien souligné, un produit manufacturé ne peut atteindre un maximum d'efficacité que si ces pièces composantes sont suffisamment intégrées pour réaliser la performance exigée une fois qu'il constitue un tout. Il semble que les partisans du système ouvert n'avaient pas suffisamment envisagé ce principe lorsqu'ils cherchaient à satisfaire toutes les exigences imposées par la variété des bâtiments. Pour obtenir le maximum d'efficacité d'un produit bien intégré, il est nécessaire que l'initiateur du système exerce un certain contrôle sur l'ensemble du processus de conception et de production du produit.⁽²⁾

Autrement dit, pour encourager l'innovation et accroître l'efficacité des méthodes technologiques, il est indispensable d'avoir un certain contrôle sur le produit tout entier. Tel est d'ailleurs le principe des systèmes fermés de construction. Ces systèmes sont considérés comme un processus

de construction dans lequel la responsabilité est entre les mains d'une personne ou d'une firme patronant le système. Un système fermé typique est un système breveté, subventionné par une grande entreprise ou un consortium de fabricants. Ce système présente certains inconvénients du fait qu'il nécessite une demande régulière qu'il est difficile de réaliser et qui limite la liberté de l'architecte lorsqu'il conçoit le bâtiment en fonction des désirs de l'usager.

En réponse à ces critiques, une approche de compromis a été développée; il s'agit de la méthode des sous-systèmes qui combine à la fois les avantages des systèmes ouverts et fermés.

Cette méthode de construction à l'aide des sous-systèmes peut être définie comme un système de construction dans lequel toutes les fonctions, considérées comme des entités séparées, sont finalement toutes coordonnées. Dans cette situation, un nombre limité de pièces composantes est choisi pour un type de construction spécifique; ces pièces peuvent être assemblées de différentes façons pour obtenir les divers effets recherchés par l'architecte. Lorsqu'on parle de coordination fonctionnelle, on implique que l'organisation des caractéristiques de performance permet d'obtenir un rendement maximum des sous-systèmes et des composants utilisés.

Grâce à cette approche, le bâtiment est divisé en sous-systèmes fonctionnels, tels que l'éclairage et les plafonds, la structure, le revêtement extérieur, les cloisons, etc.

Un sous-système est défini comme une série de composants physiquement intégrés qui fonctionnent comme une unité en tenant compte des critères de performance qui ont été prescrits. Les dimensions sont spécifiées à partir de la trame de planification et de la hauteur des sections; les tolérances sont mentionnées, mais les fabricants doivent collaborer à l'étape de la conception et du développement pour assurer que tous ces sous-systèmes pourront s'adapter et seront compatibles. Le résultat final est un bâtiment dont les fonctions sont totalement intégrées, à condition que les limites fonctionnelles de chaque sous-système coïncident avec celles de tous les autres.

La concurrence et l'innovation ont été encouragées par les spécifications de performance qui indiquent aux fabricants la performance qui est exigée du sous-système, en termes quantitatifs, c'est-à-dire en fonction de l'entretien et du fonctionnement. Le but de ces spécifications de performance est de permettre à l'architecte d'évaluer les produits offerts par l'industrie sans être influencé par des propositions commerciales alléchantes et au fabricant d'utiliser plus librement les matériaux et les techniques, tout en satisfaisant les critères de performance identifiés.

La section 3.5 décrit l'application de la méthode des sous-systèmes pour un programme de construction dans le Grand Nord.

Notes:

- 1 - Ehrenkrantz, Ezra, Modular Number Pattern: Flexibility through standardisation (Les nombres combinatoires: la flexibilité grâce à la normalisation), Alex Tiranti Ltd., Londres, 1956.
- 2 - Abel, C., Ditching the Dinosaurs' Sanctuary (Détruisons le sanctuaire des Dinosaures), Architectural Design, août 1969.

3:4 LES INFORMATIONS NECESSAIRES A LA CONCEPTION, LA RETROACTION ET LA PLANIFICATION DES PROJETS

Les difficultés rencontrées lorsqu'on construit dans le Nord accentuent les problèmes qui existent déjà dans le sud, dans le domaine de la construction. Ces problèmes sont dûs à:

- des informations inadéquates à l'étape de la conception qui handicapent la prise des décisions;
- l'absence d'une application systématique des informations de rétroaction;
- enfin, au manque de coordination et de planification.

Cette section décrit les différentes techniques et procédures qui permettent de surmonter ces problèmes.

LES INFORMATIONS CONCERNANT LA CONCEPTION

Un grand nombre de participants de la conférence soulignent le manque d'informations adéquates à l'étape de la conception des bâtiments nordiques. Guy Gérin-Lajoie montra que la situation serait améliorée si on utilisait des manuels spéciaux qui contiendraient des informations sur la construction nordique. Ces informations seraient arrangées d'une façon systématique et pourraient être présentées comme le A.J. Handbook britannique. En conclusion, Colin Davidson suggéra que l'Arctic Institute devrait s'intéresser au problème des informations sur la construction nordique et faire des propositions positives pour encourager cette initiative.

LA COLLECTION DES INFORMATIONS EN VUE DE LA CONCEPTION

Mark Fryer

Analyse faite d'après l'exposé présenté par M. Fryer.

Des connaissances précises et suffisantes sur les conditions locales de l'environnement constituent probablement la clé du succès d'un projet. L'exemple présenté ci-dessous démontre l'importance de ces données.

La température moyenne annuelle de Fairbanks en Alaska est de 25.6°F (-3,5°C). A environ 100 milles de cette ville, et plus précisément à Big Delta (Alaska), la température moyenne est de 27.1°F (-2,7°C). Si l'on considère qu'une tâche peut être accomplie à l'extérieur par une équipe de trois hommes en une semaine pendant le mois de novembre à Fairbanks, il est raisonnable de supposer qu'une opération similaire pourra être réalisée par la même équipe pendant une semaine à Big Delta. Si l'on vérifie la température moyenne mensuelle pour ces deux endroits, on découvre les indications suivantes:

	<u>Big Delta</u>	<u>Fairbanks</u>
Température moyenne journalière (maximum)	-10°C	-11,5°C
Température moyenne mensuelle	-14,6°C	-14,2°C
Température moyenne journalière (minimum)	-18°C	-20,6°C

Pendant le mois de novembre, Big Delta est nettement plus chaud que Fairbanks. (1)

Cependant, si l'on compare les taux de refroidissement pour les deux localités, on constate que pendant 50% du temps, la température de refroidissement pour une personne qui travaille à l'extérieur est de 0°F (-18°C) à Fairbanks et de -14°F (-24°C) à Big Delta. C'est pourquoi, pendant le mois de novembre, les vents rendent toutes les activités humaines extérieures plus difficiles dans la région de Big Delta que dans la région de Fairbanks, quoique l'équipement lourd soit à peine affecté dans l'un ou l'autre endroit.

Pour rendre la collection des informations plus systématique, Fryer a proposé de rassembler des données de génie. Cette présentation des informations est particulièrement utile au cours de la phase de planification des grands bâtiments, des zones urbaines et des projets d'exploration du domaine public.

Pour les projets qui regroupent plusieurs zones où les conditions sont différentes, un autre système de classification des données a été développé. Ce dernier implique la collection, la compilation et le rangement automatisé de données sur l'environnement, le climat et les conditions géologiques.

Des informations sur les caractéristiques du sol, des évaluations sur la profondeur des strates rocheuses, les types de végétation, les nappes d'eau et l'étude des formes géologiques sont classées et rangées par l'ordinateur et constituent une collection de données sur les sols. L'utilisation de l'ordinateur est nécessaire non seulement à cause de la quantité d'informations disponibles qu'il est nécessaire de manipuler, mais aussi à cause de la

conception des fondations qui peut être établie à partir d'une étude statistique des données.

L'utilité d'une banque de données est évidente, puisqu'elle permet de résoudre des problèmes, tels que la détermination des conditions du sol gelé et dégelé dans une région donnée. En général, les sols gelés sub-arctiques sont hétérogènes, puisqu'ils sont ordinairement constitués par une distribution plus récente de la glace. Pour déterminer les conditions du sol, il est possible de faire une série de forages ou une analyse des sols à partir de laquelle on définit les travaux de génie et les méthodes de construction qui s'appliquent dans différentes régions.

Une étude faite récemment en Alaska sur l'utilité des matériaux nécessaires à la formation de remblai est un bon exemple pour illustrer l'importance des statistiques fournies par un index de données sur un type de sol particulier que l'on retrouve à différents endroits dans la province. Les routes construites en Alaska nécessitent presque toujours de faire de nombreux remblais. Dans la plupart des cas, les matériaux excavés ne peuvent pas être utilisés du fait de la quantité excessive d'humidité qu'ils contiennent. Cependant, certains autres sols contiennent des matériaux ré-utilisables, mais pour déterminer le pourcentage de ces matériaux une fois qu'ils ont été excavés, il faut:

- (i) déterminer les critères qui indiquent que le matériau est utilisable, c'est-à-dire son pourcentage d'humidité et la nature du sol;
- (ii) définir les propriétés du sol d'après les données fournies par la banque, selon la région physiogéographique et selon la constitution du sol;
- (iii) déterminer le pourcentage de matériaux utilisables en fonction de la profondeur et analyser les données selon une régression polynomiale, c'est-à-dire établir une "courbe d'utilité".

La figure 14 donne un exemple de ces courbes pour les limons qui proviennent de la solifluxion, les tillites et les dépôts d'alluvions. Une fois que cette courbe d'utilité a été établie, un programme à l'aide de l'ordinateur permet de calculer la quantité de matériaux utilisables et la quan-

tité de déchets en fonction de la quantité totale donnée à chaque niveau, en tenant compte:

- (i) de la géométrie de l'espace excavé ou de l'espace à remplir,
- (ii) du type de terrain le long de la route,
- (iii) et des résultats de l'analyse de la courbe d'utilité.

Cette méthode automatisée est très utile parce que les informations sur les sites nordiques sont souvent incomplètes et que le traitement statistique des informations existantes permet aussi de prévoir les paramètres de l'environnement.

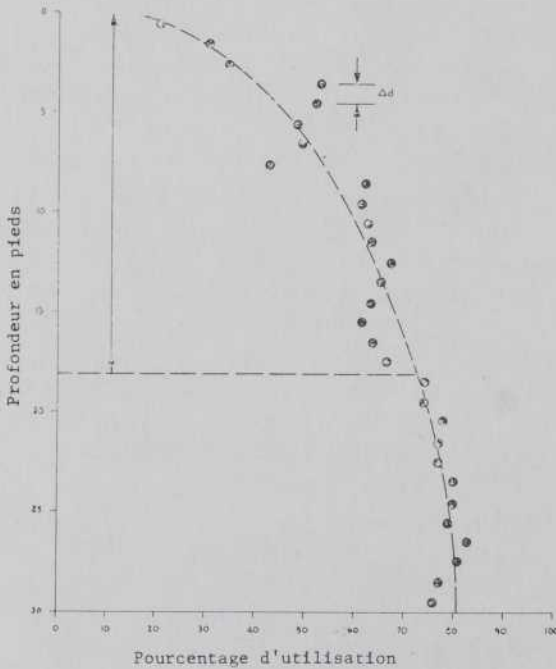


Figure 14

Relation entre la profondeur et le pourcentage d'utilisation de l'argile à blocs.

Notes:

- 1 - Searby, H.W. et M. Hunter, Climate of the North Slope Alaska (Le climat du côté nord de l'Alaska), NOAA Technical Memorandum AR-4, février 1971.

UNE APPLICATION SYSTEMATIQUE DE LA RETROACTION

Wayne Tobiasson souligna le besoin d'appliquer des informations de rétroaction d'une façon systématique. Il montra que l'architecte, inconscient des problèmes inhérents aux bâtiments qu'il conçoit, continue à utiliser des solutions qui ne sont pas toujours satisfaisantes parce qu'il ne peut pas tenir compte des informations de rétroaction. Bien des problèmes pourraient être évités si les structures étaient munies d'instruments qui contrôleraient leur performance. Cependant, le coût d'une telle suggestion empêche sa réalisation même si elle offre des avantages considérables à long terme, puisque les instruments pourraient signaler les problèmes latents et diminuer les travaux d'entretien. Malheureusement, les informations sur la performance sont rarement disponibles et lorsqu'elles existent, les ingénieurs n'en tirent pas suffisamment de profit; c'est pourquoi un grand nombre de décisions sont prises arbitrairement. George Jacobsen commenta que selon son expérience, tout architecte qui bâtit dans l'arctique pour la première fois, considère et agit comme si son projet était unique et qu'aucun autre n'avait été construit auparavant. Du fait de cette attitude, l'architecte néglige et méprise toutes les informations qui peuvent être disponibles.

Selon Jacobsen, ce dédain des informations existantes est coûteux pour le client, car l'architecte ne "ré-invente" que ce que les autres ont déjà fait. Par ailleurs, Mark Fryer souligna qu'il est important de faire une analyse complète du projet afin de confirmer et d'améliorer toutes les phases de la planification, de la conception et de la construction.

LA PLANIFICATION ET LA COORDINATION DES PROJETS

Dans tous les projets de construction, la planification et la coordination sous une forme ou sous une autre sont in-

dispensables. De plus, comme le souligne Fryer, les projets nordiques nécessitent une programmation minutieuse. Quoique l'été soit la saison la plus économique pour la construction, le transport par air ou par les voies terrestres est souvent plus facile pendant le printemps; quant au transport par mer, il peut être retardé par la condition de la glace jusqu'à la fin de l'été. Il est donc nécessaire que le client et l'architecte planifient les travaux afin que l'entrepreneur puisse commander les matériaux et planifier les dates de livraison en tenant compte des difficultés de transport. La programmation d'un projet doit être réaliste et non pas optimiste; elle doit tenir compte de facteurs tels que la lenteur du processus de décisions dans les services administratifs et l'insuffisance de productivité de la main-d'oeuvre dans les conditions extrêmes du Grand Nord. Des techniques de programmation, telles que PERT ou la Méthode du Chemin Critique sont évidemment essentielles, quoique les impondérables qui affectent la construction dans l'Arctique sont tels qu'une utilisation à la lettre de ces méthodes n'est pas vraiment possible.

3:5 LE PROGRAMME DE CONSTRUCTION DE L'UNIVERSITY OF ALASKA

R. Holden

Analyse préparée par l'Editeur. (1)

Comme nous l'avons mentionné, la construction dans le nord présente un grand nombre de problèmes. Ceux-ci résultent du froid extrême, des problèmes inhérents à la situation dans le nord et en particulier le manque de main-d'oeuvre, les problèmes de transport et de logistique et la brièveté de la saison pendant laquelle il est possible de construire. Toutes ces difficultés sont aussi accentuées par les déficiences de l'organisation de l'industrie de la construction, c'est-à-dire le manque d'informations à l'étape de la conception, l'absence d'informations de rétroaction, le manque de contrôle et de planification, la division assez vague de la responsabilité, les restrictions imposées par les codes de construction, etc. Tels sont les problèmes auxquels il faut faire face lorsqu'on cherche à satisfaire les exigences des usagers et que l'on veut créer un environ-

nement bâti de haute qualité. Enfin, il existe des contraintes économiques qui entravent la construction dans le Nord; ce sont les coûts élevés, l'accroissement rapide du taux de l'inflation, l'existence d'un marché limité, l'incertitude économique et les fluctuations de la demande. Cette section décrit un programme de construction réalisé en Alaska, au cours duquel on a essayé de surmonter l'ensemble de tous ces problèmes.

Le contexte: l'University of Alaska

L'University of Alaska possède plusieurs campus, le premier à Fairbanks, le second à Anchorage, le troisième à Juneau et un grand nombre de petits collèges locaux qui offrent des programmes d'apprentissage. Du point de vue administratif, ces facilités sont organisées selon trois régions géographiques sous le contrôle du Conseil de l'Université. Actuellement, celle-ci est en plein développement. Les chiffres récents indiquent que son taux d'accroissement est de 8% par an à Fairbanks, 22% à Anchorage et 8% à Juneau. Au cours de la période qui s'étend de 1960 à 1970, le nombre d'étudiants à temps complet est passé de 1 200 à 14 000 et on prévoit que la population étudiante doublera pendant la prochaine décennie.

Tous les programmes de construction de l'université sont administrés par l'Office of Planning and Institutional Studies qui se trouve sur le campus de Fairbanks.

Les fonds de l'université pour ce programme de construction proviennent de la vente de Bons du Trésor qui a lieu tous les deux ans au cours du mois de novembre avec l'autorisation des électeurs de l'état. Avant d'émettre ces bons, l'université doit soumettre une demande de capitaux au gouverneur de l'état. Ce dernier peut rejeter, approuver ou modifier la requête. Dans le cas où cette requête est approuvée par le gouverneur, elle est envoyée aux autorités législatives de l'état afin que l'émission des bons soit autorisée. A cette étape, la requête peut encore être modifiée ou rejetée; si cette autorisation est gratifiée, la requête est soumise aux électeurs pour obtenir une approbation finale.

Avant la soumission de la requête, le comité de l'univer-

sité a déjà passé presque une année à élaborer un programme. Cependant, neuf mois encore sont nécessaires pour traduire les propositions du comité en un programme architectural et pour prévoir le budget. Ce programme concret est ensuite soumis à l'université et l'ensemble de tous ces processus demandent encore plusieurs mois. Ensuite, le gouverneur doit approuver ce programme, l'envoyer aux autorités législatives de l'état et le soumettre aux électeurs pour approbation. Ce processus demande encore six à huit mois. Finalement, l'approbation de l'émission des bonds est votée en novembre. Or, en Alaska, les travaux de construction ne peuvent être envisagés que pendant la période de l'été lorsque le temps est plus doux. Ces travaux commencent généralement au début d'avril à Anchorage et environ un mois plus tard à Fairbanks. Dans ces deux régions, le temps froid s'installe au début d'octobre. Excepté dans des circonstances spéciales, la saison de construction se termine avec les premiers grands froids. La brièveté de la période qui s'étend entre le moment où les bonds sont émis, c'est-à-dire en novembre et la fin de la première saison de construction, en octobre de l'année suivante, ne donne pas assez de temps aux architectes qui ont recours aux méthodes conventionnelles, de compléter la programmation, la conception et les appels d'offres nécessaires à la construction de bâtiments universitaires. En conséquence, le travail sur chantier ne peut commencer que dix-huit mois après que l'émission des bonds a été approuvée. La construction dure en général une année entière. C'est pourquoi depuis le moment où la décision de construire a été prise officiellement, il y a un délai d'environ sept ans avant que le bâtiment puisse être construit. Pendant cette période, la population étudiante et les exigences éducatives rendent le programme de construction original inutilisable. De plus, étant donné l'inflation, le retard entre la première estimation pour laquelle l'approbation a été obtenue et la soumission finale, il est peu probable que le bâtiment puisse être construit pour le prix qui avait été prévu.

Dans cette situation, il est possible d'envisager plusieurs alternatives; on peut renoncer au projet, envisager un programme de construction moins important dans les limites du budget prévu, augmenter le budget initial ou bien encore poursuivre l'architecte. Une approche plus positive, qui a été adoptée par l'University of Alaska, consiste à essayer

de développer des techniques de construction et de gestion qui permettent de contrôler ces problèmes.

L'université commissionna donc plusieurs agences de planification et plusieurs conseillers afin d'étudier des procédures qui permettraient de commencer la construction sur chantier au cours de la première saison de construction, à la suite de l'approbation de l'émission des Bonds du Trésor. Ces études permirent à l'université d'envisager quatre procédures pour concevoir et construire ses bâtiments universitaires. Ces procédures étaient (i) une programmation accélérée, (ii) une application des spécifications de performance et l'utilisation de la technologie des sous-systèmes, (iii) des appels d'offres préliminaires pour certains sous-systèmes et (iv) l'application de méthodes de gestion pour les projets les plus importants.

Conception et construction selon la méthode des espaces génériques

Pour simplifier le processus de conception et de construction traditionnel, on décida qu'un bâtiment typique universitaire pouvait être divisé en deux fonctions génériques: la structure du bâtiment et les divisions fonctionnelles internes. Ces deux divisions correspondent à deux processus séparés, mais constamment mis en relation puisqu'ils peuvent être considérés simultanément. En séparant le long processus de programmation et de conception de l'implantation fonctionnelle du bâtiment du processus de conception de l'enveloppe, on considéra que la durée de la conception pourrait être suffisamment réduite pour permettre de commencer les travaux sur chantier pendant l'été qui suivrait l'émission des bonds. Afin d'appliquer plus facilement cette procédure en deux étapes, on développa le concept "d'espaces génériques". Les différents types d'espaces génériques correspondent aux différents espaces qui sont nécessaires dans une université, c'est-à-dire:

- (i) les classes (lieux secs)
- (ii) les laboratoires (lieux humides)
- (iii) les ateliers

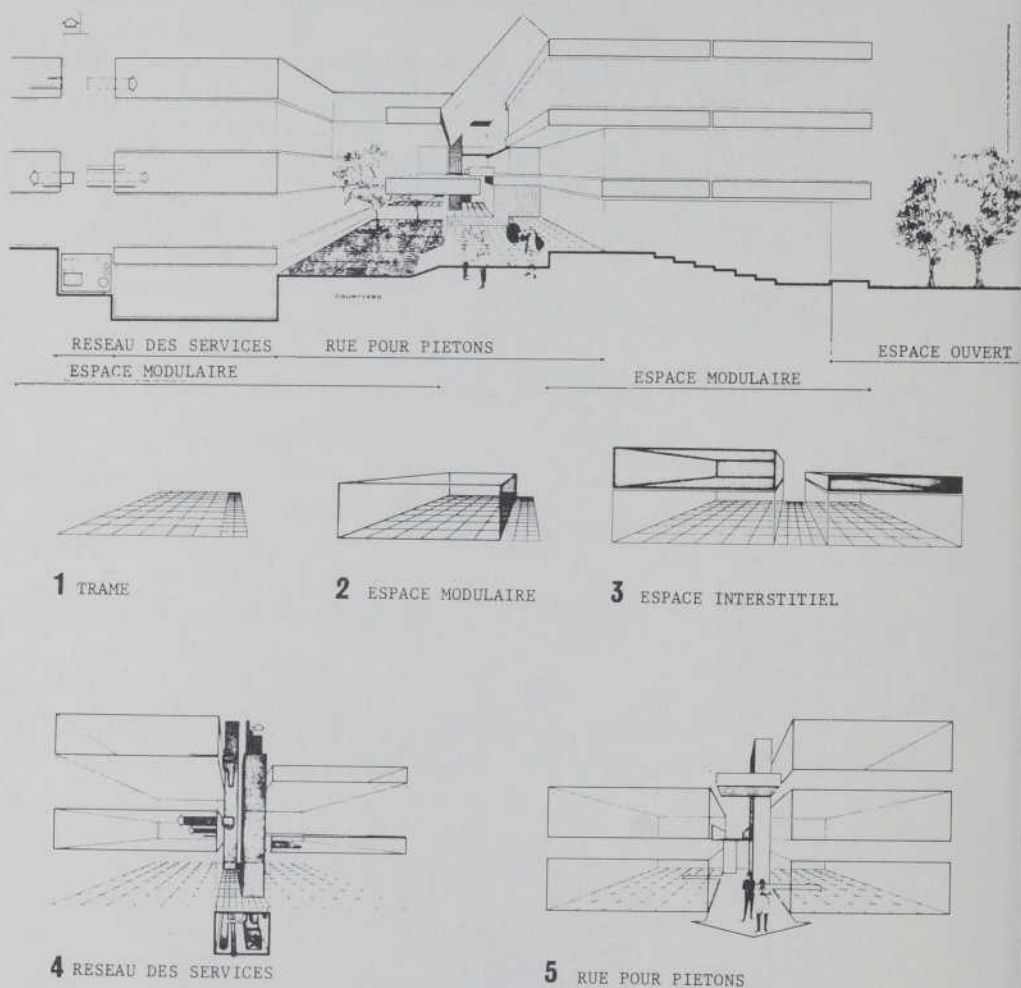


Figure 15 Conception des espaces génériques

Les figures 15, 16 et 17 ont été publiées dans *Building Systems on the Campus: The University of Alaska* (Les systèmes de construction sur le campus: l'University of Alaska), BSIC/EFL Newsletter, Vol. 4, No. 2, 1972.

- (iv) les espaces pour usages spéciaux
- (v) les résidences

Il est possible d'utiliser des systèmes pour les trois premières catégories d'espaces, c'est-à-dire les classes, les laboratoires et les ateliers. Les espaces pour usages spéciaux et les résidences sont plus facilement réalisés par une conception et des processus de construction conventionnels. Pour chacun des trois premiers types d'espaces, l'université et ses conseillers décidèrent de préparer des critères de performance et de planification qui furent inclus dans le manuel qui fut rédigé pour chaque projet de construction universitaire.

Selon la méthode des espaces génériques, le bâtiment peut être divisé en trois éléments; l'enveloppe, les modules spatiaux et le réseau des services. L'enveloppe contient et fournit des services à plusieurs groupes d'espaces modulaires. Chaque espace modulaire contient un type d'espace générique et son équipement. Le réseau des services fournit un espace pour les services de tous les types de modules avoisinants. Ces services incluent: les escaliers, les toilettes, les conduites, les gaines, etc. Ce réseau constitue l'élément central de l'université, si celle-ci ne comprend qu'un seul bâtiment ou l'élément central de chaque bâtiment sur les campus qui sont formés de plusieurs bâtiments. L'implantation détaillée de chaque espace modulaire est étudiée ultérieurement.

Cette façon de concevoir différents types d'espaces génériques accélère le développement du programme de construction. Au lieu de concevoir un programme détaillé dès le début de la phase de planification, l'Office of Planning and Institutional Studies fait une analyse de l'effectif des étudiants et du personnel que l'université pourra accepter, étudie les programmes des études proposées et analyse l'utilisation des espaces existants sur chaque campus. Ces besoins sont alors interprétés en espaces génériques. A la suite de ces études, une demande de subventions est préparée. Pendant ce temps, le processus d'autorisation des bons du trésor se poursuit dans les services administratifs, tandis que l'Office de Planification interprète les besoins de l'université en des programmes détaillés, tenant compte des exigences des usagers.

Application des sous-systèmes à la construction.

L'adoption des sous-systèmes a de nombreux avantages, c'est-à-dire :

- (i) une flexibilité spatiale à long terme,
- (ii) une planification fonctionnelle interne au moment du processus de construction,
- (iii) la garantie de la performance des sous-systèmes,
- (iv) une réduction de la durée de la conception et de la construction,
- (v) des économies financières en faisant des appels d'offres pour plusieurs projets de construction en même temps,
- (vi) la participation des grands fabricants pour des projets d'importance moyenne dans des régions isolées en combinant en un seul programme de construction plusieurs petits projets universitaires avec des projets urbains qui sont plus importants et plus profitables.

Les sous-systèmes du programme de 1971

Les architectes de chaque projet reçurent les programmes qui définissaient les espaces génériques et les critères de performance au début du mois de décembre 1970, après que l'approbation des bons du trésor avait été accordée. Ils devaient compléter leurs avant-projets pour obtenir les approbations nécessaires et préparer les documents des appels d'offres pour les sous-systèmes avant le mois de février. Les rédacteurs des spécifications de performance commencèrent à rédiger les documents de contrat immédiatement après l'émission des bons du trésor. Ces documents obligeaient les fabricants à produire, outre la preuve de la performance de leurs produits, deux prix pour chaque sous-système, le premier portant sur un groupe de six projets et le second étant une décomposition des prix pour chaque projet particulier. En accord avec ce processus de conception et de construction en deux phases, les premiers appels d'offres pour la structure,

le système de chauffage/ventilation/climatisation et le système de l'éclairage/plafond furent soumis aux fabricants intéressés le 21 février 1971, et les soumissions furent reçues le 14 avril 1971. Les propositions soumises par les fabricants choisis étaient 27% en dessous du budget et par conséquent, 20% en dessous des prix qui avaient été prévus.

Une fois l'émission des bons approuvée, le programme définissant les espaces génériques, le budget et les autres informations fournies par l'université furent rassemblés dans un manuel pour chaque projet. A partir de ces informations, l'architecte put préparer son avant-projet.

Le contrat de gestion du programme de 1971

En Alaska, les travaux publics ne peuvent pas être entrepris sans un appel d'offres concurrentielles afin d'avoir une documentation suffisante sur les prix, car les lois de l'Alaska ne permettent pas de négocier les contrats de travaux publics. C'est pourquoi on cherche à développer les espaces génériques afin de réduire les retards causés par l'achèvement de la documentation nécessaire pour les appels d'offres. Ces problèmes affectent particulièrement les grands projets de construction universitaires. Le problème est moins sérieux lorsqu'il s'agit de petits projets.

Par ailleurs, on décida qu'un contrat de gestion était nécessaire et on s'inspira des procédures utilisées par le programme d'URBS de l'University of California. Selon ce programme,

- "(i) on ferait appel à des entrepreneurs généraux ayant une grande expérience dans le domaine de la gestion,
- (ii) on sélectionnerait les candidats en fonction de leur expérience et de leurs moyens financiers,
- (iii) à la suite d'un appel d'offres révélant le taux des honoraires et des frais, on choisirait un entrepreneur capable de gérer le projet;
- (iv) la réalisation de la plupart des travaux serait faite par des sous-entrepreneurs qui soumettraient leurs prix publiquement à l'entrepreneur général ou

PERIODE DE CONSTRUCTION A L'EXTERIEUR

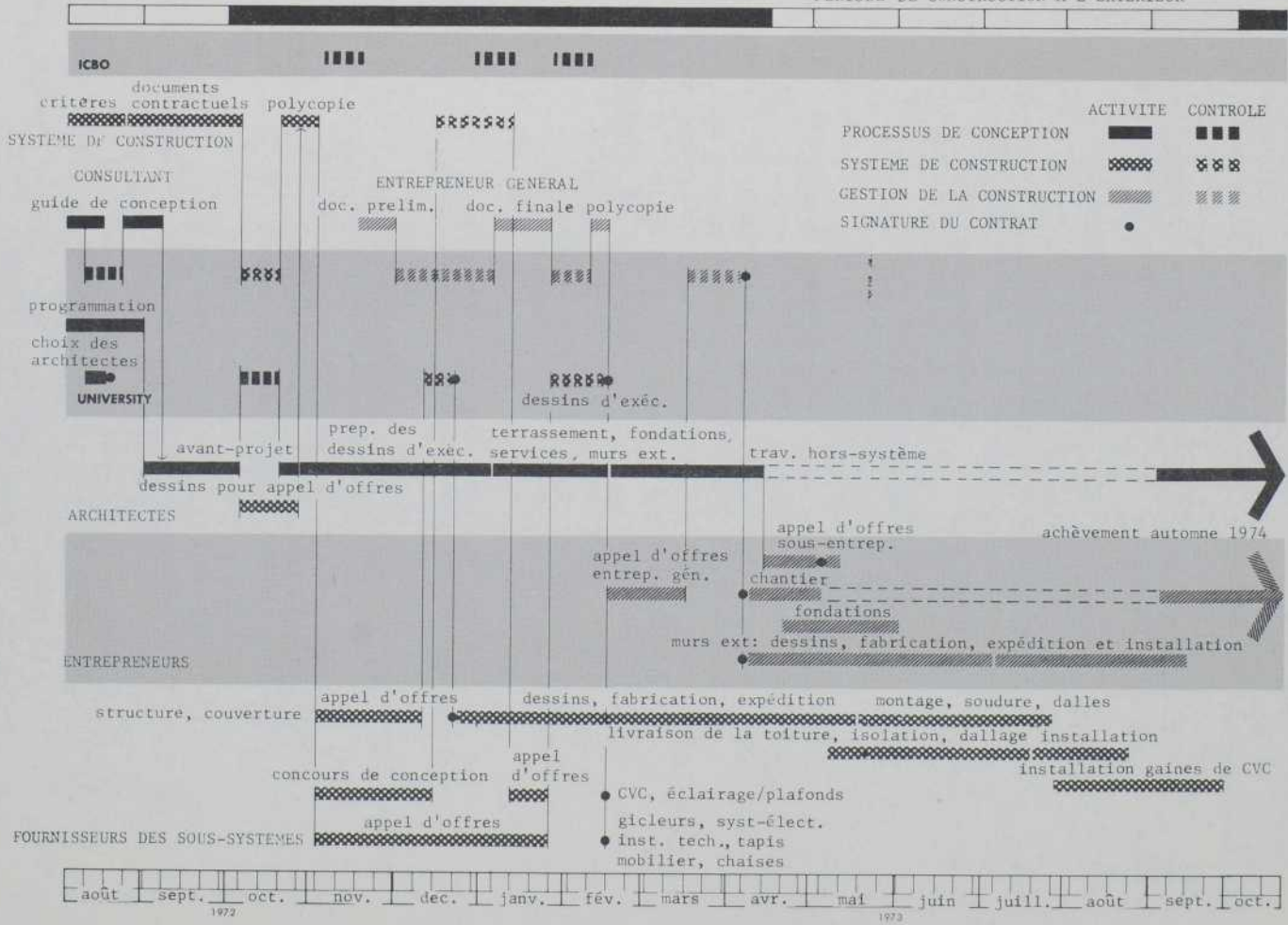


Figure 16 Programme de construction de l'University of Alaska

au client; cependant, l'entrepreneur général pourrait lui-même réaliser un certain pourcentage des travaux et faire des offres pour les travaux sous-traités;

- (v) un prix-plafond serait établi par l'entrepreneur général à partir des coûts indiqués;
- (vi) on tiendrait compte des conseils de l'entrepreneur-général pendant la phase de la conception;
- (vii) on rembourserait à l'entrepreneur général ses frais directs et certaines dépenses indirectes". (2)

En réponse aux objections de certains entrepreneurs généraux locaux et de certaines réserves exprimées par le Gouverneur sur les difficultés éventuelles et les coûts élevés de cette procédure si elle était utilisée en Alaska, les techniques de gestion furent modifiées. Selon ces nouvelles procédures,

- "(i) on utiliserait des entrepreneurs expérimentés dans le domaine de la gestion;
- (ii) on choisirait un entrepreneur général en fonction:
 - du taux des honoraires sur tous les travaux,
 - du coût de la caution,
 - du coût des assurances versées pour les ouvriers,
 - du coût de la main-d'oeuvre indirecte, déterminé dans les documents du contrat;
- (iii) l'entrepreneur général pourrait réaliser 15% de l'ensemble des travaux avec sa propre main-d'oeuvre selon un prix déterminé;
- (iv) on accepterait les soumissions des sous-entrepreneurs pour les travaux réalisés selon les méthodes conventionnelles; l'entrepreneur général pourrait faire une soumission pour ces travaux;
- (v) l'administration des travaux des sous-entrepreneurs et des sous-systèmes des fabricants, serait sous le contrôle de l'entrepreneur général;
- (vi) l'entrepreneur général donnerait des conseils au

cours de la phase de la conception en échange d'honoraires établis sur une base journalière;

- (vii) l'entrepreneur général garantirait un prix-plafond pour chaque projet, établi à partir de prix connus, ne pouvant être changés qu'avec une autorisation spéciale."⁽³⁾

LE PROGRAMME DE CONSTRUCTION DE 1973

L'expérience acquise au cours du programme de 1971 mena l'université à entreprendre certains changements concernant la conception des espaces génériques, des sous-systèmes de construction et du contrat de gestion pour élaborer le programme de 1973.

La conception des espaces génériques du programme de 1973

D'une façon générale, l'application du concept des espaces génériques donna satisfaction et seules quelques modifications mineures furent envisagées.

Les sous-systèmes de construction du programme de 1973

Comme l'approche préconisant l'utilisation des sous-systèmes de construction avait été satisfaisante, puisqu'elle permettait de contrôler les coûts et d'accélérer l'assemblage, l'université décida d'augmenter la proportion des travaux réalisés à l'aide de cette technique, qui représenta alors 60% de l'ensemble des coûts de construction. On apporta quelques modifications aux exigences de performances techniques soumise en 1971 concernant la structure, les systèmes de chauffage/ventilation/climatisation et d'éclairage/plafond, les cloisons mobiles, les réseaux des services, les tapis, les meubles et les chaises. A ces sous-systèmes, l'université ajouta les sous-systèmes suivants: la distribution secondaire électrique, les toitures et les extincteurs automatiques. Le processus d'appels d'offres et de soumissions pour les sous-systèmes fut tout à fait satisfaisant. Cependant, il y avait certains problèmes d'incompatibilité puisque le processus d'appels d'offres en deux étapes retardait l'approbation des pièces composantes par les inspecteurs de construction et par conséquent, la livraison et les

travaux de montage. Pour résoudre ces problèmes, l'université décida d'accélérer la phase de soumission des sous-systèmes. Au cours de ce processus, les contrats d'appels d'offres pour tous les sous-systèmes furent soumis juste après l'approbation de l'émission de bons du Trésor. La préparation des plans et des dessins nécessaires pour les appels d'offres et la préparation des spécifications de performance et des documents de contrat furent achevées au moment où les bonds furent approuvés. Ces activités avaient été entreprises en août et soumises pour approbation en novembre, grâce à des ressources provenant d'un fond constitué par des subventions spéciales de l'état. Ce fond de prêt d'ailleurs, fut remboursé par la suite. Du fait de ces nouvelles procédures, les appels d'offres pour les sous-systèmes de la structure et du toit purent être faits en décembre. Les propositions concernant les systèmes de chauffage/ventilation/climatisation et de l'éclairage/plafond furent envoyées une semaine plus tard et finalement, les propositions des prix pour tous les sous-systèmes arrivèrent fin janvier. Les contrats furent passés en mi-février et c'est alors que les documents d'appels d'offres pour les contrats de gestion furent soumis.

Les procédures du contrat de gestion du programme de 1973

Les procédures du contrat de gestion du programme de 1973 furent pratiquement identiques à celles de 1971. Certains changements plus ou moins importants affectèrent le choix et le rôle de l'entrepreneur général. L'université avait trouvé que, dans le programme de 1971, le rôle de l'entrepreneur général en tant que conseiller pour les travaux de génie n'assurait pas des avantages suffisants. En effet, l'entrepreneur qui connaît bien les problèmes de gestion, ne possède pas nécessairement une grande expérience dans le domaine des techniques de construction, puisque la majorité des travaux sont réalisés par des sous-entrepreneurs. Par conséquent, l'université décida de ne pas demander les conseils de l'entrepreneur pour toutes les questions de génie du programme de 1973.

Lorsqu'il fallut choisir l'entrepreneur général du programme de 1973, l'université exigea que les entrepreneurs intéressés soumettent un prix forfaitaire au lieu de proposer des honoraires et un remboursement de certains frais comme en 1971. L'université inclut dans les documents de contrat

le prix des sous-systèmes et les estimations des autres travaux qui furent répartis en seize catégories. Chaque entrepreneur soumissionna donc en proposant un prix forfaitaire en fonction de facteurs tels que le coût de la main-d'oeuvre, le coût d'administration des sous-systèmes, etc. Les frais devaient être aussi remboursés sur une base forfaitaire, selon les procédures de contrat ordinaire. La principale raison de ce changement était d'éviter que le client puisse être exploité par l'entrepreneur général.

LE ROLE DU CLIENT

L'introduction de techniques imaginatives et de nouvelles procédures eut trois grands avantages:

- (i) on put tirer profit de la flexibilité inhérente à tout système de construction pour concevoir le bâtiment et assurer son adaptation à l'usage;
- (ii) quoique les données ne soient pas suffisantes pour établir des comparaisons de coûts, l'université cependant obtint une superficie de bâtiments plus grande que celle qu'elle avait prévue à l'origine, sans dépasser le budget prévu;
- (iii) la réduction de la période de livraison due à la conception des espaces génériques, à l'utilisation des systèmes de construction et au contrat de gestion permit à l'université d'obtenir des bâtiments plus rapidement que si elle avait utilisé des techniques traditionnelles. En fait, grâce à cette méthode, elle put gagner une année entière.

Cependant, ces avantages n'auraient pas donné des résultats satisfaisants sans la participation du client au cours du processus de construction. Son rôle consista à rationaliser la structure traditionnelle de l'industrie de la construction en regroupant tous les participants et en resserrant les liens entre eux. La participation du client permit aussi de réduire certains des problèmes inhérents au système d'appels d'offres (manque de coordination et de planification, carence d'informations de rétroaction et division assez vague de la responsabilité).

La coordination et la planification

En cherchant à coordonner et à planifier les activités, le client s'intéressa à deux aspects principaux de la construction, c'est-à-dire au contrôle des coûts et à la programmation du projet. Afin d'aider l'architecte à contrôler les coûts, le client adopta une approche systématique. Il établit les prix-plafond des différents éléments du bâtiment et il les soumit à l'architecte pour avoir son opinion. L'architecte et le client discutèrent les diverses priorités, et ensemble, ils purent déterminer les coûts définitifs. Une autre technique de contrôle permit d'isoler les coûts qui étaient excessifs. Pour faciliter le contrôle des coûts, le client organisa aussi une banque de données qui indiquaient les coûts en fonction de chaque unité.

Le Planning Office utilisa des diagrammes de chemin critique pour coordonner les activités de tous ceux qui étaient impliqués avec le processus de construction, c'est-à-dire le Planning Office, les représentants des usagers, le Conseil de l'université, les conseillers, les architectes du projet, les ingénieurs, l'entrepreneur général et les sous-entrepreneurs. Au cours des phases préliminaires du processus de construction, la méthode du chemin critique fut utilisée comme technique de gestion pour inciter ceux qui devaient prendre les décisions à faire leur choix en mettant en évidence les coûts et les retards causés par la lenteur du processus de décisions.

Les informations de rétroaction

Outre l'établissement d'une banque de données sur les coûts, l'université développa un programme automatisé pour enregistrer tous les coûts d'entretien (matériaux de nettoyage, remplacement des articles usagés, salaires du personnel, etc.). Une analyse de ces données est essentielle pour les futurs projets de construction. Par conséquent, un des principaux objectifs du Planning Office était d'agir comme centre de triage des informations et de fournir aux architectes et aux entrepreneurs les données dont ils avaient besoin.

Le partage des responsabilités

L'objectif d'un grand nombre de changements proposés par l'université était de redistribuer la responsabilité des deux principaux participants traditionnels, - c'est-à-dire l'architecte et l'entrepreneur - entre les nouveaux participants du processus de construction - c'est-à-dire les fabricants, les sous-entrepreneurs, les conseillers techniques, etc. Le Planning Office dut passer beaucoup de temps pour résoudre les problèmes politiques puisque certains architectes et certains entrepreneurs n'acceptaient pas facilement les changements qui avaient été proposés. Il était important de les convaincre des avantages des nouvelles procédures et il ne faut pas sous-estimer l'importance de ces négociations.

Les restrictions imposées par les codes de construction

Pour assurer l'approbation rapide des travaux par les inspecteurs de la construction, l'université signa un contrat spécial avec les représentants du Congrès International des Inspecteurs de la Construction (ICBO) qui rédigent et administrent un code de construction uniforme appliqué en Alaska. L'université fut responsable de tester la performance de chaque sous-système afin d'assurer que les exigences des spécifications de performance étaient satisfaites et que les systèmes étaient adéquats et ne comportaient pas de dangers pour les occupants. Il est intéressant de noter, par exemple, qu'un plafond qui devait résister pendant une heure à l'incendie, s'effondra au bout de 35 minutes. Comme la responsabilité était clairement définie par les arrangements contractuels, il n'y eut pas d'arguments et le fabricant de ce plafond dut améliorer son produit. De cette façon, les tests et l'approbation des inspecteurs furent achevés sans un retard excessif.

L'UNIVERSITE EN TANT QU'ORGANISME EDUCATIF

"Le problème était de savoir s'il fallait employer des architectes, des entrepreneurs et des conseillers locaux ou s'il fallait aller chercher des personnes du dehors" pour assurer le développement de ce programme de construction. L'université en vint à la conclusion qu'il fallait utiliser les ressources disponibles pour subventionner des programmes qui non seulement satisfaisaient les besoins universitaires mais aussi qui permettaient de développer

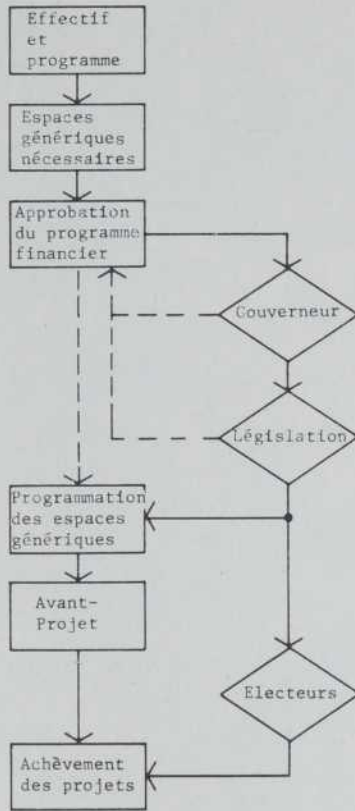


Figure 17 Séquence des décisions pour les travaux de construction de l'University of Alaska.

les ressources locales.

"Pour un environnement tel que l'Alaska, où l'expérience est encore assez limitée, il était nécessaire d'aller chercher de l'aide en dehors de l'état. Cependant, l'université décida que ces experts "étrangers" devraient "éduquer" les professionnels et les industries locales, car par la suite, l'université dépendrait uniquement des architectes locaux pour construire les bâtiments universitaires en utilisant des procédures qui assurent le contrôle des coûts et la performance des systèmes." (4)

Notes:

- 1 - Building Systems on the Campus: The University of Alaska (Les systèmes de construction sur le campus: l'University of Alaska), BSIC/EFL Newsletter, Vol. 4, No. 2, 1972.
- 2 - Ibid.
- 3 - Ibid.
- 4 - Ibid.

Ce chapitre décrit cinq projets de construction récemment achevés dans le Grand Nord. Les informations sur ces études de cas sont présentées d'une façon systématique selon les rubriques suivantes: le type de construction, le lieu et le climat, la planification et la conception, la technologie de la construction et la préfabrication, le transport et la logistique et la disponibilité de la main-d'oeuvre.

4:1 ETUDE DE CAS : LES BATIMENTS SCOLAIRES

G. Gérin-Lajoie

Analyse préparée par l'Editeur.

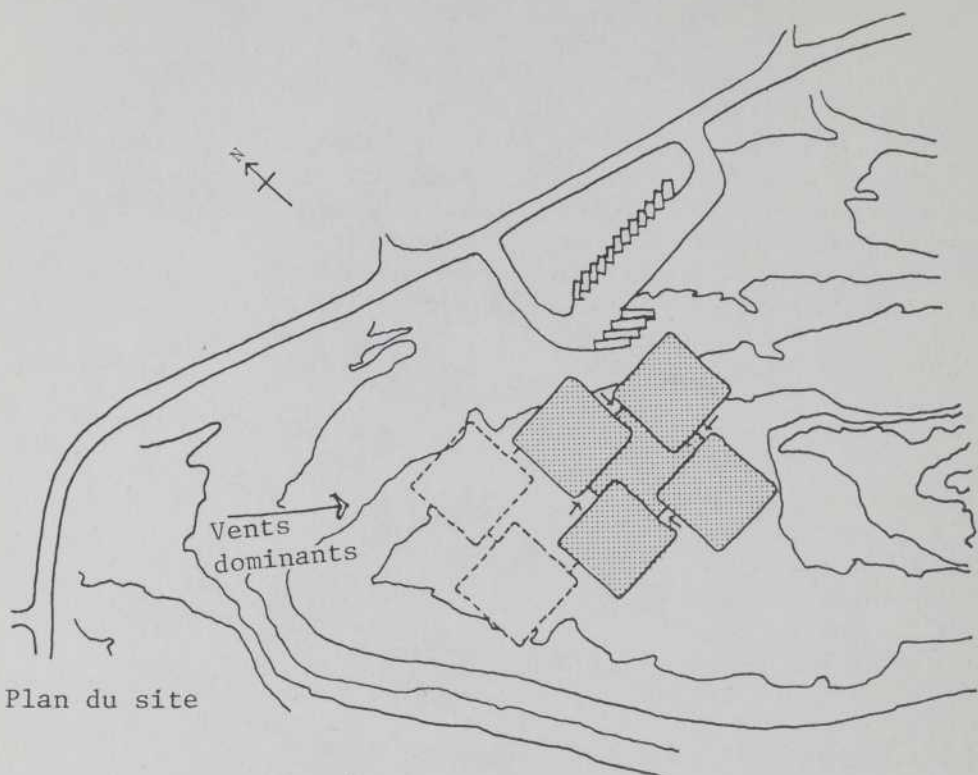
Le lieu et le climat

L'école de Frobisher Bay est située dans une région vallonnée, pratiquement dépourvue de toute végétation. Les conditions climatiques sont sévères et les vents dominants atteignent une vitesse de 100 milles à l'heure (160 km/h.).

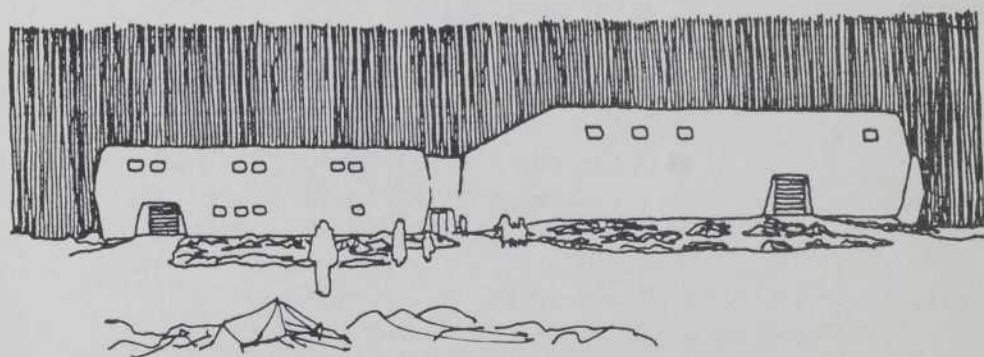
La planification et la conception

L'Academic and Occupational School de Frobisher Bay, connue maintenant sous le nom de Gordon Robertson Educational Center, fut construite pour le Ministère des Affaires Indiennes et du Nord Canadien par le Ministère des Travaux Publics. Cette école pourra recevoir environ 475 étudiants dont la plupart sont des enfants esquimaux de l'Ile de Baffin.

Etant donné les méthodes éducatives actuelles, on adopta un plan ouvert pour cette école. Dès le début de la conception, on décida que le bâtiment ne présenterait pas de saillies et qu'on utiliserait des formes plutôt plates et des matériaux lisses pour éviter l'action de la pluie, de



Plan du site



Perspective

Figure 18 Plan et perspective de l'Academic and Occupational School de Frobisher Bay

de la neige ou du gel; de plus, les surfaces vitrées seraient réduites à un minimum et il y aurait plusieurs portes d'entrées pour remédier aux problèmes causés par les amoncellements de neige imprévisibles.

Comme il fallait réduire les pertes de chaleur et les difficultés causées par l'accumulation de la neige et par les vents violents, les architectes décidèrent de choisir une forme caractéristique constituée par quatre cubes disposés de façon à former une svastika.

La technologie de la construction et la préfabrication

Cette école est constituée par une structure métallique revêtue d'un mur-rideau léger. Ce revêtement devait satisfaire certains critères et en particulier la rapidité du montage, la réduction de la main-d'oeuvre sur chantier, la facilité de manipulation, l'absence de saillie, l'utilisation de matériaux lisses ayant une grande capacité d'isolation et des coûts avantageux. Après une étude des différents matériaux éventuels, on décida que les critères essentiels seraient satisfaits si l'on choisissait des panneaux légers constitués par un sandwich en plastique renforcé à l'aide de fibres de verre et d'uréthane dont la capacité d'isolation pouvait être adaptée pour obtenir la valeur exigée. La grandeur de ces panneaux fut déterminée par le poids qu'il serait possible de manipuler, le processus de fabrication et le nombre de joints qui devait être réduit à un minimum.

Les tests de performance

On fit des essais pour satisfaire un certain nombre de spécifications:

- chaque panneau ne devait pas peser plus de 120 livres (55kg)
- la température prévue à la conception était de -50°F (-45°C)
- la température maximum 70°F (20°C)
- la vitesse maximum de vents: 100 milles à l'heure (160 km/h)
- et la valeur "U" de l'isolant: 0.1 ($4,5 \text{ kcal}/^{\circ}\text{C}/\text{m}^2/\text{h}$).

Les panneaux furent soumis à de nombreux tests (essais d'expansion, de résistance structurale, de résistance aux chocs, essais sur des joints de l'isolant en fibre de verre, sur les charges de fatigue cyclique et l'étanchéité des joints à la pluie et aux vents d'une vélocité de 50 milles à l'heure (80 km/h), qu'on réalisa à l'aide d'un jet d'eau débitant 5 gallons (22 l.) par heure et aux fuites d'air correspondant à une vélocité du vent de 100 milles à l'heure (160 km/h).

Le processus de fabrication

Les panneaux qui étaient légèrement incurvés pour augmenter leur résistance, nécessitaient la construction d'un moule qui avait la même grandeur que la surface exposée et qui avait été conçu pour tenir compte de l'épaisseur du moule et du rétrécissement du moule et du produit. De plus, il fallait éliminer toute distorsion pour éviter les problèmes au cours des opérations subséquentes. Des extensions sur les bords du moule permirent de fabriquer les brides des panneaux. L'assemblage de tous les éléments du moule fut un travail de grande précision.

La surface du moule, lisse et de bonne qualité, fut recouverte en vaporisant une substance à base de vinyle. Pour le rendre plus rigide, on utilisa un produit de jointolement en plastique qui reliait tous les éléments. Selon la forme désirée, du bois, de la masonite, des planches reconstituées, du plâtre, de la cire et diverses substances de remplissage purent être utilisées pour réaliser la surface voulue et les formes incurvées.

Pour faciliter le démoulage, on utilisa des composés à base de cire et d'alcool de vinyle. Des trous prévus dans les brides furent marqués à l'aide d'un gabarit afin que tous les panneaux aient exactement les mêmes dimensions. Chaque moule fut fabriqué avec un plastique renforcé avec de la fibre de verre qui rétrécissait relativement peu. Ce moule fut aussi renforcé par des éléments transversaux et longitudinaux pour maintenir la forme de panneaux qui était assez grande.

Une fois préparés, les moules furent revêtus d'une couche de résine d'une épaisseur de 0.015" (0,375 mm). Des

fragments de fibre de verre furent ensuite appliqués et pressés pour éliminer les bulles d'air qu'ils pouvaient contenir. Ensuite, ils furent recouverts par un matelas de toile imprégné de résine. Le poids du renforcement en fibre de verre de l'enveloppe extérieure était de 5.44 onces par pied carré (1,5 kg/m²). La résine utilisée résistait à la propagation des flammes et ne s'enflammait pas.

L'enveloppe extérieure contenait environ 65% de résine. Cependant, les brides encastrées des panneaux furent renforcées par une couche supplémentaire de toile imprégnée de résine et les bords, supérieur et inférieur, par deux épaisseurs de ce même matériau.

Comme la résine polymérisait, les bords des panneaux furent nettoyés pour enlever tout excès de plastique. Le panneau fut achevé en réalisant un sandwich à l'aide d'une mousse de polyuréthane rigide, appliquée au pistolet sur une épaisseur de deux pouces (5 cm).

Après le durcissement, l'excès de mousse fut enlevé et on appliqua une autre couche de fibre de verre - à raison de une once par pied carré (250 g/m²) et on scella la mousse avec de la résine. Cette seconde couche de fibres recouvrait les brides supérieures et inférieures pour sceller tout le sandwich. Puis, le panneau était retiré de son moule et nettoyé; des trous étaient alors percés aux endroits indiqués et finalement, les panneaux étaient placés dans des caisses à claire-voie, cerclées par des bandes métalliques. Une fois les panneaux enlevés, les moules étaient nettoyés et préparés pour recommencer les mêmes opérations.

Il fallut des caisses spéciales pour les panneaux d'entrée et les panneaux contenant les événements à cause de leur poids. Les modifications nécessaires pour les fenêtres, les bouches d'incendie, les événements et l'entrée furent réalisées en ajustant certaines pièces aux moules standards.

Quelques pièces de charpente de la structure en acier furent apportées à l'usine de fabrication des panneaux pour pouvoir vérifier les processus d'assemblage. Des membres de l'équipe de montage - qui comprenait deux Esquimaux de Fro-bisher Bay - participèrent à ces travaux d'assemblage.

Le transport et le montage

Trois cent quatre-vingt-quatre panneaux répartis dans soixante caisses furent transportés à Montréal pour être chargés sur un bateau.

Les caisses furent placées de façon à faciliter le chargement et le déchargement. Les panneaux furent fixés dans les caisses qui étaient elles-mêmes constituées par des éléments en bois de 2" x 4" et 2" x 6" (5 x 10 cm et 5 x 15 cm) pour accroître leur rigidité.

L'embarquement de ces panneaux ne créa aucun problème et il n'y eut aucun panneau endommagé. Seule une caisse fut cassée lorsqu'elle fut déchargée à Frobisher Bay. Les caisses furent amenées vers le rivage par des chalands, débarquées sur la berge par une grue puis de nouveau rechargées et transportées sur le chantier par des camions basculants. Afin de fermer le bâtiment le plus rapidement possible, le montage commença dès que la structure légère en acier fut achevée. Malgré le mauvais temps, les retards causés par l'installation de la charpente du toit et les problèmes dus à l'alignement des pièces métalliques, les panneaux furent tous érigés en 35 jours. Les panneaux maintenus par des brides faciles à attacher furent soulevés par un appareil de levage très simple, attaché à une échelle en aluminium solide. On utilisa des appareils électriques pour fixer les boulons et les parements contre les intempéries.

4:2 ETUDE DE CAS : LE DEVELOPPEMENT D'UN CENTRE HYDRO-ELECTRIQUE

H. M. Tomlinson

Analyse préparée par l'Editeur.

Le lieu et le climat

Le développement de Churchill Falls est situé sur le plateau du Labrador, à 700 milles (1150 km) à vol d'oiseau au nord-est de Montréal et à plus de 1 500 pieds (500 m) au-dessus du niveau de la mer. Les glaciers qui se retirèrent de cette

partie du Canada il y a environ 6000 ans, laissèrent de grands dépôts de matériaux dans la région de Churchill Falls et creusèrent le sous-sol précambrien qui offre un relief physique assez irrégulier.

Les précipitations moyennes annuelles de la région varient autour de 30 pouces (75 cm), sous forme de pluie (16 pouces - 40 cm) et de neige (189 pouces - 4,75 m), dont la plupart reste sur le sol pendant 7 mois de l'année. La température moyenne en juillet est d'environ 56° F (7,5°C) et la température moyenne de janvier -9°F (-22,5°C). Quant à la température hivernale qui affecte le plus la construction, elle varie autour de -55°F (-48°C). Ces basses températures accrues par la vélocité du vent, qui est en moyenne de 20 milles à l'heure (30 km/h), provoquent un refroidissement qui correspond à une température de -110°F (-78,5°C). Dans ces conditions, la pénétration du gel dans les régions exposées peut descendre jusqu'à 15 pieds (5 m). Malgré ces difficultés, il y a peu de pergélisol dans la région et le problème ne s'est pas présenté au cours de la construction du projet.

Les vents dominants viennent de l'ouest et du nord-ouest. Leur vitesse peut atteindre jusqu'à 50 ou 60 milles à l'heure (80 à 96 km/h) et rares sont les jours où le vent ne souffle pas.

La planification et la conception

Le projet de Churchill Falls consistait à développer une centrale électrique de 5 225 mégawatts (7 000 000 chevaux-vapeur). Ce projet nécessita d'excaver 2 350 000 verges cubes (2 300 000 m³) de roches pour les travaux en sous-sol, l'installation de 11 générateurs, la construction de digues de plus de 40 milles (66 km) et le montage d'environ 475 milles (760 km) de lignes de transmission de très haut voltage, outre la construction d'un aéroport, d'un entrepôt, de bâtiments provisoires pour 6 000 ouvriers, de routes d'accès et d'une communauté permanente.

Les installations permanentes prévues à l'origine comprenaient un bâtiment communautaire, quatre immeubles à appartements de douze unités, cinquante-neuf maisons et un hôpital. Un groupe de deux cents maisons mobiles séparait

l'emplacement permanent de la ville et le camp des ouvriers.

Dès le début de la phase de conception, on décida d'établir le site permanent de la ville près du camp de construction. Cette décision avait un certain nombre d'avantages:

- (i) elle permettait d'intéresser un personnel hautement qualifié;
- (ii) d'accroître les facilités prévues sur le site de construction puisqu'il y aurait des services dans le centre de la ville;
- (iii) de réduire le nombre des habitations temporaires puisqu'il y aurait des logements permanents;
- (iv) d'avoir des facilités médicales et hospitalières pendant la phase principale de la construction, et
- (v) de faire de grandes économies sur l'ensemble des coûts.

Le bâtiment central de la ville fut divisé en quatre grandes sections: l'hôtel, l'école, le noyau central et les facilités de loisir. La partie centrale comprend une boutique d'alimentation, un grand magasin, une banque, une poste, un restaurant, un auditorium, un cinéma, des espaces pour des bureaux, des clubs, un coiffeur, un salon de beauté, une boutique de souvenirs, un gymnase, des allées pour le jeu de quilles, une piste pour le curling, une piscine, des saunas et un bassin où les enfants peuvent patauger.

L'organisation du projet

L'ampleur du projet, le grand nombre de tâches spécifiques à accomplir, la durée de la programmation de la construction, outre les problèmes particuliers de la construction nordique, nécessitèrent des techniques de génie et de gestion originales. Ces techniques existaient déjà; il s'agissait de les coordonner.

Les travaux de coordination furent entrepris par une firme canadienne, H.G. Acres & Company, qui se joignit à la

Bechtel Corporation pour former une organisation connue sous le nom de Acres Canadian Betchel. Acres s'occupa particulièrement des questions de génie et Bechtel des questions de management. La compagnie fut divisée en quatre groupes; ceux-ci étaient responsables de l'entrepôt des matériaux et de l'équipement, des services électriques et des services annexes. Chaque groupe avait un directeur secondé par un personnel qualifié qui comprenait un ingénieur responsable de la gestion du contrat, un ingénieur responsable des travaux sur chantier et des inspecteurs pour contrôler les travaux et les coûts.

La Churchill Falls Labrador Corporation (C.F.L.C.) contrôla et administra l'organisation A.C.B. On choisit délibérément que le groupe de construction de la C.F.L.C. soit constitué par un petit nombre de gens, extrêmement qualifiés, dont l'organisation serait flexible afin de pouvoir être constamment au courant sur toutes les questions affectant le projet. Le but de cette organisation était d'accélérer les décisions et de veiller à ce que la corporation soit informée de tous les changements et de toutes les difficultés qui pouvaient survenir. Ce groupe confia à l'A.C.B. un certain nombre d'activités, telles que les questions de génie, le choix des conseillers, la présentation finale des dessins et des spécifications et l'allocation des fonds.

Le transport et la logistique

Pendant la période de construction initiale du centre de la ville entre 1968 et 1970, environ 450 000 tonnes de marchandise arrivèrent pour la construction de ce projet. Vingt pour cent de ces marchandises, c'est-à-dire 90 000 tonnes, furent nécessaires pour créer toutes les facilités de support; cette cargaison incluait la nourriture et l'huile de chauffage.

Toutes les marchandises nécessaires pour ce projet furent transportées sur le chantier depuis Montréal ou St-Jean (Terre-Neuve), grâce à un système de management totalement intégré et automatisé sous le contrôle de l'entrepreneur. Ce système contrôlait non seulement les divers moyens de transport par air, par mer, par chemin de fer et par la route, mais aussi l'équipement et les entrepôts nécessaires pour stocker les marchandises entre chaque type de transport.

Pour simplifier toutes les activités de manutention, on veilla à ce que chaque cargaison soit relativement volumineuse et grâce au système automatisé, il fut possible de suivre jour par jour l'acheminement des diverses marchandises au cours de leur déplacement.

4:3 ETUDE DE CAS : LES FACILITES INDUSTRIELLES

E. Romer

D'après une analyse préparée par M. Romer.(1)

Le lieu et le climat

Ce projet est situé dans la partie la plus extrême de la Province de Québec, dans la Péninsule d'Ungava, appelée maintenant le Nouveau-Québec - à une latitude de 62° nord et à une longitude de 74° ouest. Le projet fut construit sur deux sites séparés. Les mines et l'usine sont situées à Asbestos Hill et les entrepôts d'amiante et l'embarcadère à Deception Bay. Quarante-cinq milles (72 km) de route séparent les deux sites; l'altitude s'élève jusqu'à 2000 pieds (650 m) entre Deception Bay et Asebstos Hill où elle n'atteint que 1450 pieds (460 m).

Ces sites sont accessibles par air puisque chacun d'eux possède une piste de 6000 pieds (2 km) pouvant recevoir différents types d'avions, y compris des jets. Comme Deception Bay est accessible par mer pendant les trois mois d'été, on en profita pour transporter les matériaux et l'équipement. La distance d'Asbestos Hill à Montréal est de 1250 milles par air (2000 km) et de 2400 milles par mer (3840 km). Quoique le site ne soit pas réellement situé sur le cercle polaire, il se trouve cependant à 400 milles (640 km) au-delà de la ligne des arbres dans une région de pergélisol soumise à toutes les conditions arctiques.

Les températures estivales varient autour de 40 et 60°F (5°C et 15°C), atteignant de temps en temps 70°F (21°C). De décembre à mars, la température reste en dessous de 0°F (-17°C), variant entre -20°F et -40°F (-29°C et -40°C).

Les vents violents sont fréquents et du fait des basses températures produisent un très grand refroidissement. Pendant la période de la construction, il y eut plusieurs tempêtes au cours desquelles les vents soufflèrent à une vitesse de 60 à 80 milles à l'heure (96 à 130 km/h) et les températures oscilèrent entre -35° et -40°F (-38°C et -40°C). Durant ces tempêtes, tous les travaux extérieurs sont arrêtés et l'on concentre tous les efforts sur le fonctionnement des systèmes d'électricité et de chauffage. La vélocité maximum du vent enregistrée à Deception Bay fut de 110 milles à l'heure (176 km/h) en octobre dernier.

La planification et la conception

Les travaux entrepris sur le site d'Asbestos Hill consistaient à construire une usine, des entrepôts pour l'amiante, des galeries et des stations de déchargement complétées par l'installation mécanique et électrique d'un concasseur, outre l'installation électrique qui comprenait 5 générateurs diesel de 930 kilowatts, un réseau électrique, des services annexes et la construction du camp qui devait servir de base pour le centre de la ville par la suite.

Les travaux entrepris à Deception Bay consistaient à bâtir des entrepôts pour stocker 230 000 tonnes de fibres d'amiante et pour recevoir des bateaux d'une capacité pouvant atteindre jusqu'à 50 000 tonnes, des appareils mécaniques pour entreposer l'amiante et la recharger sur les bateaux, des citernes d'essence, des installations électriques et une station pour décharger les camions d'amiante.

La technologie de la construction et la préfabrication

Les dômes prévus pour entreposer l'amiante à Asbestos Hill devaient être construits en acier et recouverts par des plaques d'acier galvanisé ondulé. Mais, par la suite, on décida de construire des structures en bois laminé, ayant un diamètre de 190 pieds (62 m) et une hauteur maximum de 90 pieds (28 m). Les 16 arcs en bois laminé furent reliés par des anneaux en acier au-dessus de la structure; il fallut 40 000 pieds (10250 m) de bois laminé, collé et 25 000 pieds carrés (2500 m^2) de feuilles de contreplaqué, pour les revêtir.

La structure de l'entrepôt de Deception Bay fut construite de la même façon. Ce bâtiment a environ 760 pieds de long (250 m), 305 pieds de large (100 m) et 144 pieds de haut au point maximum (48 m), et couvre une superficie de 230 000 pieds carrés ou 5,3 acres (22 500 m²), sans qu'il y ait de colonnes ou de supports intermédiaires, si bien que ce bâtiment est probablement la plus grande structure du monde en bois laminé.

Le transport et la logistique

La distance et l'insuffisance des moyens de transport firent de la logistique un facteur d'une extrême importance.

Pour des raisons financières, les marchandises furent expédiées par mer chaque fois que cela fut possible, le transport par air étant coûteux et imposant des limites de volume et de poids. En effet, tout envoi volumineux nécessite un avion spécial ou ne peut tout simplement pas être expédié par air.

Le déchargement des bateaux à Deception Bay n'est possible que pendant trois mois de l'année; les premiers bateaux quittent Montréal vers le 15 juillet et arrivent à Deception Bay environ 12 jours plus tard. En fin de saison, les derniers bateaux quittent Montréal vers la fin de septembre et le voyage de retour ne doit pas être remis après le 23 octobre. D'ailleurs, les assurances ne couvrent les bateaux qui naviguent dans les eaux arctiques, c'est-à-dire au-delà du Cap Chidley, que pendant la période qui s'étend entre le 25 juillet et le 25 octobre. Comme le Cap Chidley se trouve à deux jours de navigation de Deception Bay, une fois les dates limites passées, le transport par mer est coûteux et incertain.

Les restrictions imposées par la navigation obligèrent de placer les commandes à l'avance pour assurer les livraisons; en effet, les matériaux qui ne furent pas embarqués en septembre, durent attendre la saison suivante.

Au cours des premiers voyages de la saison, c'est-à-dire de juin à octobre 1970, sept bateaux comprenant une cargaison de 9 934 tonnes furent débarqués sans incidents sérieux.

La cargaison de 1971 comprenait tous les matériaux structuraux qui n'avaient pas été acheminés l'année précédente, l'équipement de construction, les appareils pour la mine et les divers accessoires nécessaires pour toute l'installation, constituant au total une cargaison de 11 541 tonnes expédiée à l'aide de neuf bateaux.

Le transport par air fut le seul moyen d'établir un contact permanent avec le chantier. Il fut utilisé pour transporter les hommes, les denrées alimentaires, le courrier et toutes les marchandises qui n'avaient pas été expédiées par mer et qui étaient en général des pièces de rechange pour l'équipement.

Malheureusement, le transport par air jusqu'à Deception Bay, est souvent affecté par les intempéries ou par l'insuffisance des moyens de communications. Etant donné l'absence de services techniques et de points de repère, les pilotes dépendent de la visibilité et des vents modérés - conditions qu'il est impossible de prévoir à Montréal avant le décollage. Pendant deux ans environ, 3800 passagers furent transportés dans les deux directions et environ 4 000 000 de livres (1 800 000 kg) de marchandises furent transportées par air sans le moindre incident.

Ensuite, les matériaux durent être transportés depuis Deception Bay jusqu'à Asbestos Hill; trente sept milles (60 km) séparent l'entrepôt du site de construction. Par ailleurs, pour faciliter la programmation des travaux, certaines marchandises furent entreposées près d'un embarcadère qui se trouve à 3 milles (5 km) de Deception Bay. Le transport fut réalisé à l'aide de camions et de remorques pouvant porter entre 20 et 30 tonnes. Au cours du déchargement final à la fin de 1971, des véhicules qui devaient être utilisés par la suite pour transporter l'amiante permirent de transporter les différentes pièces mécaniques. Au total, environ 9 000 tonnes de marchandises furent transportées à Asbestos Hill et 7 000 tonnes dans les entrepôts à proximité de Deception Bay.

Notes:

- 1 - Romer, R.E., "Asbestos Hill", The Foundation Bulletin 1972 Review.

4:4 ETUDE DE CAS : LES FACILITES MILITAIRES

J.K. Komocki

D'après une analyse préparée par M. Komocki.

Le lieu et le climat

Alert est situé sur la pointe extrême au nord de l'Ile de Ellesmere à 2510 milles (4000 km) de Montréal, 2650 milles (4950 km) de Vancouver, 2076 milles (3350 km) de Glasgow et 2436 milles (3900 km) de Moscou.

Les roches de cette région sont constituées par différents types d'ardoises et de schistes. A une profondeur qui varie entre 0 et 18 pouces (0 à 45 cm) en dessous de la surface du sol, se trouve le pergélisol qui s'étend sur une profondeur de plusieurs centaines de pieds.

La température la plus basse enregistrée à Alert atteignait -56°F (-48,5°C). Juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne journalière de 39,5°F (4°C). En moyenne, il n'y a que 73 jours sans gel par an. Les précipitations moyennes annuelles varient entre 5 et 7 pouces (12 à 17,5 cm) et par conséquent, cet endroit est pratiquement désertique.

Les vents sont violents. Le Code National de Construction considère que les bourrasques d'une vélocité de 100 mph (160 km/h) surviennent tous les trente ans. Les bourrasques maximum observées à Alert par l'équipe de construction furent de 96 mph (155 km/h), soufflant depuis le sud.

Le brouillard et la mauvaise visibilité créent de grands dangers. De juin à septembre, le brouillard qui obstrue toute visibilité sur la mer, se forme lorsque l'air humide se déplace au-dessus de l'eau froide ou de la glace qui s'en va à la dérive. En hiver, la neige balayée par le vent rend la visibilité encore plus déféctueuse. Au cours du printemps et de l'automne lorsque le soleil est près de l'horizon et que la surface de la neige et les nuages ont la même blancheur, il est encore plus difficile de distinguer

l'horizon et les objets qui en sont proches. Ce phénomène est connu sous le nom de "brouillard blanc". Par ailleurs, les longues périodes de lumière et d'obscurité créent des problèmes particuliers. Du 8 avril au 5 septembre, il fait constamment jour et du 12 octobre au 8 mars, il fait constamment nuit. Entre le 3 mars et le 8 avril et entre le 5 septembre et le 12 octobre, le jour et la nuit alternent sur une période de 24 heures puis progressivement, l'obscurité remplace le jour.

La planification et la conception

Le projet comprend l'amélioration des facilités existantes, la construction d'unités résidentielles pour le personnel et un nouveau centre communautaire.

Le module des unités résidentielles mesure 20' x 17.6' (6,50 m x 5,90 m) et comprend une unité de salle de bain préfabriquée. La superficie des chambres à coucher est de 280 pieds carrés (27 m²) mais elle peut être subdivisée si nécessaire en deux chambres d'une personne. Ces unités sont disposées de part et d'autre d'un corridor.

Les facilités prévues pour le centre communautaire sont: des salles de jeux et de bricolage, un coiffeur, une cantine, un drugstore, des salles de repos, des bars, des cinémas, un emplacement pour le squash, pour le tir et pour le lancer du poids, une piscine, une salle d'exposition et une bibliothèque. Les unités résidentielles et le centre communautaire sont reliés par un passage qui protège les piétons contre les intempéries.

La technologie de la construction et la préfabrication

La conception détaillée de ce projet n'est pas encore achevée. Les dimensions des composants seront limitées par la grandeur de l'avion Hercules qui doit assurer le transport.

Le transport et la logistique

Du fait de la persistance de la glace, l'accès par mer est difficile et bien souvent impossible; de plus, comme le terrain est vallonné, le transport terrestre ne peut pas être envisagé. C'est pourquoi le transport par air est le

moyen le plus sûr pour transporter hommes et marchandises. Le trafic par air est généralement bon pendant les mois d'hiver, excepté pendant les tempêtes de neige. On prévoit d'utiliser un avion Hercules C130 d'une capacité d'environ 30 000 livres (15 000 kg) de marchandises.

4:5 ETUDE DE CAS : UN PROGRAMME DE LOGEMENTS

G.B. Allen

D'après une analyse préparée par M. Allen.

Le lieu et le climat

Au lieu d'adopter une approche particulière pour chaque projet de logements, on a regroupé tous les projets de plusieurs localités en un seul programme de construction.

La planification et la conception

Au cours de ces dernières années, la conception et la planification du logement ont beaucoup évolué et elles ont été modifiées à chaque fois que les techniques utilisées n'avaient pas donné satisfaction. Des informations de rétroaction fournies par les Associations de Logement esquimaudes permirent de faire certains changements. On abaissa, par exemple, la hauteur des plans de travail et des placards dans les cuisines, on construisit de plus grands espaces de rangement, on rendit l'espace des chambres à coucher plus flexible et on réduisit la grandeur des fenêtres. D'une façon générale, les gens du nord semblent vouloir de grandes unités d'habitation comprenant deux ou trois chambres à coucher. La superficie d'une unité normalisée est actuellement limitée à environ 700 pieds carrés (68 m²).

L'accumulation de la neige est un grand problème et pour éviter cet inconvénient, le porche d'entrée doit avoir un vestibule. L'entrée proprement dite de la maison se trouve alors à angle droit par rapport à la porte extérieure. On a prévu également une porte séparée pour entrer dans la

remise, qui est attenante à la maison de façon à pouvoir y entrer même s'il y a une grande accumulation de neige. Pour accéder plus facilement aux "sacs à miel", la salle de bain est située contre le mur extérieur. La citerne d'eau est accessible depuis l'entrée de la maison sans qu'il soit nécessaire de pénétrer dans la zone habitable. On utilise toujours le même plan pour les maisons, que la construction soit traditionnelle ou préfabriquée.

La technologie de la construction et la préfabrication

Dans le passé, on a utilisé une grande variété de méthodes de construction et en particulier des ossatures traditionnelles, des unités fabriquées en usine et des systèmes de panneaux modulaires.

L'expérience a prouvé que le système utilisant des panneaux modulaires a de nombreux avantages:

- (i) il permet d'ériger rapidement un très grand nombre d'unités,
- (ii) d'employer une main-d'oeuvre non qualifiée ou semi-qualifiée sur le chantier et en usine,
- (iii) de contrôler la qualité des composants des bâtiments en usine et non plus sur le chantier,
- (iv) et de réduire les coûts puisque la demande est importante.

La maison est construite comme une enveloppe isolée, au-dessus d'une épaisseur de gravier pour que l'air puisse circuler entre le sol et le bâtiment. Cette unité est constituée par un assemblage de panneaux de contreplaqué à paroi contrainte remplis par des matériaux isolants. Des barres de cisaillement et des membrures continues relient l'ensemble de la construction formant une boîte rigide. Les fenêtres ont un double vitrage et des coupe-bise efficaces pour réduire les infiltrations d'air. Les joints des panneaux de mur sont des joints ouverts à écran. Les panneaux des murs, des planchers et du toit sont reliés sans calfatage ni clavettes. Le joint intérieur est recouvert par un joint métallo-plastique ou par la barrière de vapeur et le

fini du mur. Les joints extérieurs des panneaux de mur sont couverts avec des couvre-joints peu resserrés. Les panneaux du toit sont scellés pour empêcher la pénétration de la neige, mais les panneaux du plancher n'ont aucun revêtement externe.

En général, on utilise des matériaux solides, tels que le verre trempé pour les fenêtres, l'Hypalon pour les toitures et plus récemment, des bardeaux particulièrement résistants, et des finis internes en contreplaqué pour les murs et les plafonds et en linoléum pour les planchers afin de réduire les frais d'entretien.

Le système de chauffage varie énormément; la maison est chauffée soit par une cuisinière ou un poêle à huile indépendant, soit par une chaudière sans système de distribution mécanique ou par une chaudière qui alimente un système de chauffage central.

Le montage de ces maisons est simple et nécessite très peu d'outils spéciaux. Des serre-joints extensibles de plomberie sont utilisés pour maintenir les panneaux ensemble avant de les fixer en position. Les cloisons internes sont fabriquées sur chantier; les doublures en contreplaqué des murs et des plafonds et les installations mécaniques et électriques sont faites également sur chantier.

Le transport et la logistique

Quand on réalise un programme de logements dans le nord, il est nécessaire de concevoir un système de construction qui permet de transporter les composants de différentes façons (camion, chemin de fer, bateau, hélicoptère, avion, tracteur, etc.), puisque les unités sont réparties dans plusieurs endroits isolés. Bien souvent, les caisses à claire-voie qui contiennent les panneaux restent exposées pendant plusieurs jours à la pluie et à l'eau de mer, puis elles sont soumises à un traitement encore plus brutal à la fin du voyage, puisqu'elles sont souvent traînées sur des plages rocheuses par des bulldozers ou à l'avant de camions et finalement abandonnées en tas pêle-mêle pendant plusieurs jours ou plusieurs semaines avant d'être amenées sur le site de construction.

Pour résoudre ces problèmes, un système de caisses à claire-voie efficace, pouvant résister à des manipulations brutales, a été conçu pour transporter les matériaux.

La disponibilité de la main-d'oeuvre

Dans la mesure du possible, les communautés locales fournissent la main-d'oeuvre de chantier. Dans plusieurs cas, des coopératives esquimaudes ont entrepris elles-mêmes avec succès la construction d'unités de logement préfabriquées.

Ce chapitre étudie certains aspects psychologiques et sociologiques de la conception de l'environnement bâti dans le Grand Nord.

Il est évident que les conditions climatiques et géographiques du Grand Nord imposent à l'individu des épreuves physiques extrêmement pénibles, surtout si cet individu n'est pas habitué aux conditions nordiques. Il est évident aussi que ces conditions extrêmes peuvent créer des problèmes psychologiques. La première partie de ce chapitre présente une analyse des relations entre les conditions géoclimatiques et les problèmes psychologiques qui en résultent, décrivant certaines méthodes qui permettent de contrôler ces problèmes au moment de la conception des bâtiments. La seconde section fournit des informations de rétroaction sur les aspects psychologiques de la planification des communautés nordiques, en fonction de l'expérience de Ralph Erskine qui a beaucoup étudié les problèmes des villes nordiques.

Souvent, les professionnels du sud, responsables de la construction nordique envisagent les problèmes en fonction de leur propre conception de l'habitat. Quoiqu'ils bâtissent dans le Grand Nord, c'est-à-dire dans des conditions climatiques extrêmes, ils essaient d'imposer leurs concepts à la situation nordique. Souvent, aussi, en concentrant leurs efforts sur des questions technologiques, ils oublient de tenir compte des valeurs et du mode de vie des gens des pays nordiques. Comme l'a fait remarquer Hartkopf, cette négligence affecte particulièrement la population indigène qui est elle-même dans une période d'instabilité, puisqu'elle passe d'un mode de vie nomade et insouciant à un mode de vie fixe, cherchant à prévoir l'avenir. En fait, il est fréquent que l'habitat qu'on offre aux indigènes ne reflète pas réellement ce changement. L'environnement bâti dans le nord et conçu dans le sud, ne convient qu'à un groupe ethnique, c'est-à-dire à l'homme blanc venu du sud. Pour résoudre ce problème, Crittenden a proposé de rechercher des moyens pour que les gens des pays nordiques participent au processus de conception afin de pouvoir identifier leurs besoins, leurs aspirations et leurs objectifs. Les gens du nord connaissent bien les conditions nordiques et leur

participation pourrait fournir des informations de base qui seraient fort utiles pour la conception et la planification de l'environnement bâti.

Avant de discuter la façon dont on pourrait intégrer cette expertise dans le processus de conception des bâtiments, nous ferons référence - dans la section 3 - à l'historique du développement des communautés nordiques et à l'influence de ce développement sur la population. La section 4 présentera une technique possible, qui permet aux gens du nord de participer indirectement au processus de conception de leur milieu.

5:1 LES PROBLEMES PSYCHOLOGIQUES ET LA CONCEPTION DE L'ENVIRONNEMENT NEMENT

Léo Zrudlo

D'après une analyse préparée par M. Zrudlo.

Cette section comprend une analyse systématique des relations qui existent entre les conditions climatiques et géographiques et les problèmes psychologiques qui en résultent pour l'immigrant du sud. Pour faciliter cette étude, les conditions psychologiques et géographiques sont classées selon diverses catégories.

La classification des problèmes psychologiques

A la suite d'une étude préliminaire, les problèmes psychologiques furent groupés selon trois catégories: l'isolement, le dépaysement et le manque de stimuli. Ces facteurs correspondent à des besoins humains mentionnés par l'Institute for Creative Studies de Washington dans des études qui ont été faites sur les missions spatiales de longue durée et la psychologie humaine. L'institut avait mentionné entre autres, l'insécurité, la perte d'identité de l'individu et l'insuffisance des stimulants.

L'isolement

L'isolement survient lorsque l'immigrant se sent coupé ou séparé physiquement ou socialement de l'environnement familial, satisfaisant et confortable dans lequel il trouvait son identité. Cette image idéale de l'environnement peut dépendre de l'entourage dans lequel l'individu a grandi et mûri ou bien d'une image de rêve en contraste avec l'environnement familial peu satisfaisant. Toute identification de l'individu avec le nouveau milieu dépendra de la façon dont celui-ci s'harmonise avec le milieu idéal auquel l'individu a tendance à se référer pour retrouver sa sécurité. L'isolement peut aussi entraîner des phobies et en particulier la crainte de ne plus pouvoir se réfugier dans son environnement idéal et par conséquent, de créer chez l'individu un sentiment d'insécurité et d'abandon.

Le dépaysement

Le dépaysement survient lorsque des immigrants se déplacent dans un entourage complètement différent de celui dans lequel ils avaient coutume de vivre. Normalement, les gens qui changent d'environnement, essaient de s'installer dans des lieux où ils peuvent retrouver un entourage similaire à celui qu'ils ont connu. Le nouveau venu qui ne retrouve pas un nombre suffisant de ressemblances avec lesquelles il peut s'identifier, est incapable de retrouver son identité dans le nouveau milieu. Le dépaysement entraîne chez lui des sentiments de crainte et d'insécurité parce qu'il n'a pas encore trouvé des moyens pour jouir dans le nouveau milieu des satisfactions qu'il avait coutume de connaître dans le milieu où il vivait auparavant.

Le manque de stimuli

La pauvreté de stimuli est due à l'uniformité de l'environnement. L'homme a un besoin inhérent d'explorer son entourage pour trouver constamment des stimulations. S'il échoue, il s'ennuie et éventuellement, il se laisse aller à la dépression et à la mélancolie.

La classification des conditions géographiques

Les conditions géographiques sont classifiées en cinq groupes

selon la latitude, la température, le vent, la topographie et les précipitations.

L'interaction des conditions géoclimatiques et psychologiques

L'interaction entre les problèmes psychologiques et les conditions géographiques fut étudiée en faisant des analogies et des extrapolations à partir de recherches de psychologie expérimentale, de psychologie de la perception, des études générales de psychologie et des travaux russes et américains sur les effets physiologiques du climat polaire.

Certains facteurs furent mis en évidence en fonction de:

(i) La latitude:-

(a) L'éloignement:

- dû aux grandes distances entre les zones de population,
- à la faible densité des communautés,
- et aux moyens de transport limités.

Tous ces facteurs créent des problèmes d'isolement et de dépaysement. La faible densité de population limite la variété des relations sociales et ne permet pas de rencontrer une grande variété de comportements.

(b) Les radiations solaires:

Celles-ci sont caractérisées par:

- le jour et la nuit polaires,
- la faible inclinaison des rayons solaires.

La continuité du jour et de la nuit pendant six mois cause des problèmes d'isolement et de dépaysement. L'obscurité continuelle et la faible inclinaison des rayons solaires rendent le champ visuel homogène et terne, privant l'individu de tous les stimuli visuels.

(ii) La température:-

(a) La température annuelle est extrêmement basse:

Ce facteur crée des problèmes d'isolement, de dépaysement et indirectement entraîne un manque de stimulations parce que les gens ont tendance à vivre volontairement comme des reclus et par conséquent, à limiter leur environnement visuel à leur entourage immédiat.

(b) Les distorsions visuelles:

Du fait des phénomènes de mirages et de brouillard et de la disparition des points de repère bien connus, les distorsions visuelles produisent des problèmes d'isolement et de dépaysement.

(c) Les limites visuelles:

Le brouillard renforce les problèmes d'isolement et diminue les stimulations puisqu'il limite le champ visuel.

(iii) Le vent:-

(a) Les vents violents:

Ces vents atteignent généralement 40 ou 50 milles à l'heure (60 à 80 km/h) et parfois même des vitesses de 80 à 90 milles à l'heure (130 à 135 km/h) pendant de courtes périodes, créant dans ce cas encore le dépaysement et l'isolement.

(b) L'accumulation de la neige:

La fréquence de l'accumulation de la neige oblige les gens à rester à l'intérieur, les privant de toute stimulation et leur donnant une impression d'abandon et d'ennui.

(iv) La topographie:-

(a) Les lieux ne permettent pas d'établir une échelle de comparaison,

(b) de plus, ils manquent totalement de couleur.

Ces deux facteurs augmentent encore l'impression d'isolement et de dépaysement.

(v) Les précipitations:-

(a) La neige:

Les problèmes psychologiques causés par la fréquence de la neige sont accrus parce que la neige couvre le sol très longtemps, rendant le paysage homogène et uniforme.

(b) Les brouillards blancs:

Ce phénomène empêche toute perception en profondeur et de ce fait crée des problèmes psychologiques. Dépressions et élévations disparaissent, créant un champ visuel dangereux puisque son uniformité et son homogénéité annihilent toute stimulation visuelle.

(c) Les champs de glace:

Il arrive souvent que les champs de glace et la neige recouvrent le sol sur une telle profondeur qu'il est impossible de distinguer où l'un commence et l'autre finit. Là encore, l'uniformité, l'homogénéité provoquent l'isolement, le dépaysement et la pauvreté des stimulations.

LES SOLUTIONS PROPOSEES

Les différents problèmes psychologiques que nous avons mentionnés en relation avec les conditions géoclimatiques du Grand Nord peuvent être résolus par une meilleure conception de l'environnement et par l'application d'un programme d'acclimatation pour aider l'immigrant pendant la période de transition. Les notes qui suivent suggèrent quelques-unes de ces possibilités.

(i) L'acclimatation

Elle peut se présenter sous diverses formes, telles que:

- des programmes d'information sur la géographie locale et régionale, la géologie, la flore, la faune et le climat, pour les enfants et les adultes.
- des cours proprement dits sur l'environnement, le système écologique, l'historique de la vie indigène, la culture, le langage, etc. complétés par des expéditions et illustrés par de nombreuses photos et des expositions; ces cours devraient être organisés par les gens des pays nordiques;
- un enseignement disponible dans chaque localité jusqu'au niveau du secondaire grâce à un système automatisé ayant recours à la télévision et aux machines permettant l'auto-enseignement reliées à des centres éducatifs compétents installés dans le Grand Nord;
- l'accès aux services de recherche gouvernementaux et universitaires installés dans le Nord, qui pourraient avoir un rôle éducatif, outre leurs propres activités de recherche;
- des programmes de télévision, de radio, de cinéma, de théâtre, de danse, etc., choisis et organisés par les indigènes eux-mêmes;
- des subventions pour rendre les services du téléphone et des transports plus abordables, c'est-à-dire comparables à ceux du sud.

(ii) La conception urbaine

- Il faudrait développer des bâtiments à plusieurs usages faisant transition avec les zones résidentielles, les espaces publics internes et externes, et les lieux de récréation;
- installer des éléments longs et fins sur ces bâtiments à plusieurs usages pour éviter les distorsions visuelles;
- avoir des points de repère constitués par des éléments hauts et très colorés permettant la réflexion

du soleil et par des phares qui balayeraient le ciel;

- des salles de séjour, des terrasses, des balcons sur les façades des grands bâtiments pour donner une certaine échelle au paysage et une impression de distance;
- développer des sites de construction sur les pentes orientées vers le sud qui ont un micro-climat naturel, prévoyant la façade du bâtiment sur le côté sud;
- des bâtiments orientés vers le sud-est pour recevoir le soleil du matin mais disposés de telle façon qu'ils ne fassent pas d'ombre sur les autres bâtiments;
- des bâtiments hauts à multi-usages du côté exposé aux vents pour créer une zone de micro-climat;
- des bâtiments à multi-usages et des utilidors qui serviraient de passages pour les piétons et qui seraient élevés sur des pilotis afin d'éviter l'accumulation de la neige et la boue au printemps.
- des couleurs chaudes, un bon éclairage, l'utilisation de radiateurs infra-rouges dans les lieux publics et les zones de récréation;
- des lumières pour recréer l'alternance du jour et de la nuit dans les espaces publics et sur les routes de circulation à l'extérieur;
- des monorails, des funiculaires, des aéroglisseurs, ou tout autre véhicule qui ne dépend pas des conditions du terrain, entre les localités nordiques et le sud.

(iii) La conception des bâtiments

- Il faudrait prévoir des formes de construction aérodynamiques qui réduiraient les pertes de chaleur et l'accumulation de la neige;

- des formes simples, faciles à reconnaître à distance;
- des sections de bâtiment qui pourraient s'ouvrir (surtout dans les toits et les murs des bâtiments à multi-usages), afin de laisser pénétrer l'air et le soleil de l'été;
- des rues internes, des entrées pour les appartements, des éléments architecturaux rendant le cadre plus humain et des espaces spéciaux à l'échelle des enfants;
- une superficie habitable pour chaque personne plus grande que dans le sud;
- des stores pour les fenêtres afin de cacher le soleil de minuit;
- des fenêtres placées de façon à pouvoir jouir de la vue s'il y en a une;
- des balcons et des terrasses protégées du vent afin de pouvoir jouir des conditions extérieures lorsque cela est possible et surtout de réfléchir le soleil dans les pièces;
- une pièce de transition entre l'intérieur et l'extérieur pour faciliter l'adaptation physiologique et psychologique de l'individu aux conditions externes.

(iv) La conception de l'environnement

- Il faudrait encourager les loisirs à l'extérieur, tels que le ski, le patinage, les glissades en toboggan, les promenades en motoneige, etc., en hiver et la bicyclette, la marche, le tennis, le football, etc. en été;
- prévoir des abris le long des pistes qui seraient signalés par des drapeaux et des phares;
- des indications montrant les distances, des marques spéciales pour limiter les effets des brouillards

blancs et encourager les gens à utiliser les pistes;

- des écrans et des amas de neige colorés ou éclairés artificiellement;
- des abris d'urgence, des sculptures et des roches mis en évidence pour marquer les pistes, les points pittoresques et les endroits où la neige forme des sculptures naturelles;
- des collines artificielles pour faire du ski ou du tobogan;
- des plantations d'arbres et de buissons dans les zones de micro-climat pour accentuer les couleurs et créer des points d'intérêt;
- des plantations en dehors du vent dans des jardins d'été et dans des serres en hiver;
- enfin, développer un jardin d'hiver avec une végétation tempérée.

5:2 LA RETROACTION ET LA PLANIFICATION DE LA COMMUNAUTE

R. Erskine

Analyse préparée par l'Editeur.

Dans cette section, certaines informations sur la planification des communautés nordiques ont été proposées par Ralph Erskine qui a conçu un certain nombre de communautés dans le Nord.

La conception originale de la nouvelle ville de Svappavaara a été établie en fonction du concept qui préconise une planification compacte. Les avantages présentés par une telle conception ont été exposés par Schoenauer et Grainge.

Ces avantages incluent: une protection adéquate contre le

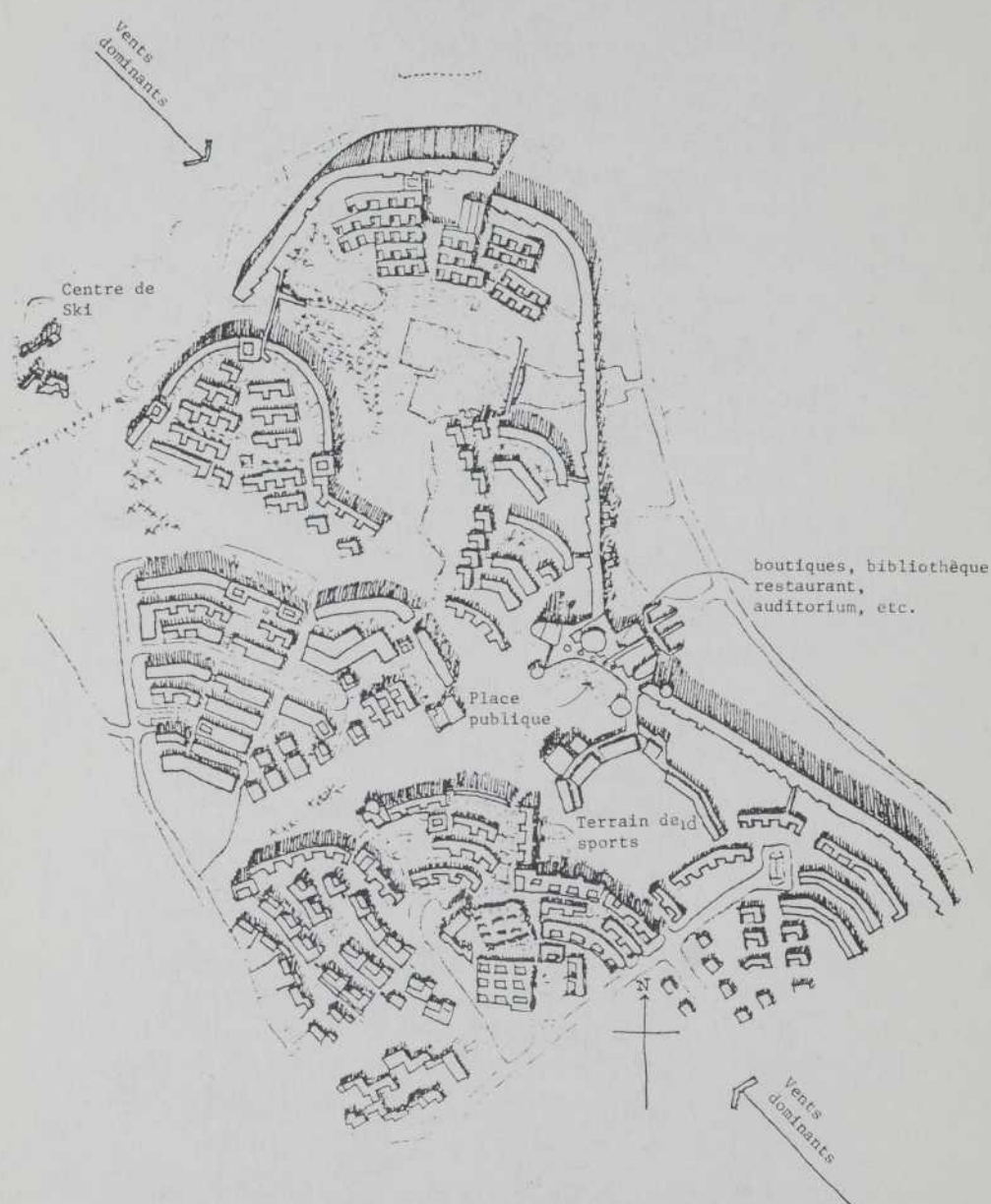


Figure 19 Plan de Svappavaara, Suède

vent, un meilleur système d'égouts, l'enlèvement de la neige et la réduction des coûts d'entretien. La conception de cette nouvelle ville comprend des rangées de maisons situées sur les pentes exposées au sud-ouest formant des sortes de murs de défense autour de la communauté, semblables à ceux des villes médiévales. L'idée de créer ces murs est de réfléchir le plus de lumière possible sur la communauté et de fournir une protection adéquate contre la neige et le vent. Cependant, cette solution n'est peut-être pas absolument satisfaisante et il est possible qu'un plan plus fragmenté fournirait une variété et une complexité visuelles, qui, du point de vue psychologique, offriraient une meilleure solution.

Les inconvénients d'un plan compact sont:

(i) les problèmes causés par le bruit:

En effet, dans les pays arctiques, les gens sont actifs la nuit pendant le long été; malheureusement, la communauté n'est pas planifiée pour satisfaire ces activités nocturnes;

(ii) un manque de variété:

Quoiqu'il existe différents types d'habitations, l'orientation des bâtiments est toujours identique et toutes les maisons se ressemblent;

(iii) une distorsion des relations spatiales:

La création de terrains de jeu à la périphérie de la ville ne facilite pas la surveillance des enfants par les adultes et par conséquent, ces terrains ne sont pas réellement utilisés.

Les autres inconvénients inhérents à cette solution incluent:

- le manque de facilités communautaires, typiques dans de nombreuses communautés nordiques;
- le manque de coopération ou de communication entre les différentes firmes architecturales, si bien que, par exemple, les trottoirs se terminent par un

cul-de-sac au lieu de relier une école avoisinante;

- le nombre de familles dans chaque groupe. En effet, la communauté de Svappavaara regroupe 70 familles et il semble que ce nombre soit trop grand;
- les problèmes de bruit et de vandalisme dans les passages couverts de certains bâtiments à tel point que les enfants ne peuvent pas les utiliser;
- la nature du terrain et les extensions de la communauté qui durent être installées sur une autre pente exposée au sud-ouest et qui entraînerent un certain nombre de problèmes techniques.

Cependant, la plus grande difficulté était due au fait que les gens n'avaient pas l'habitude de vivre aussi proches les uns des autres, d'autant plus que les promoteurs de cette communauté donnèrent assez peu d'indications sur la façon dont les gens auraient pu l'exploiter. Il aurait peut-être suffi qu'un groupe d'animateurs développât un esprit de communauté pour que tous les problèmes soient en partie résolus et que le plan fonctionne. Dans certaines villes scandinaves, des groupes de jeunes gens ont essayé de créer de telles organisations; elles sont formées par des animateurs qui viennent dans les nouvelles communautés pour créer diverses activités et donner leur support jusqu'à ce que les gens soient indépendants.

Les hypothèses de l'architecte en ce qui concerne les exigences des résidents pourraient être plus adéquates si la communauté était impliquée plus directement avec le processus de conception. Malheureusement, les efforts de l'architecte pour intégrer la communauté sont souvent entravés par le client qui ne souhaite pas réellement que les résidents aient leur mot à dire au cours de la planification, puisqu'ils risqueraient d'être exploités par d'autres promoteurs. Il est certain que l'intégration de la participation de la communauté n'est pas facile, mais il serait nécessaire de trouver des solutions pour que l'environnement bâti soit vraiment adapté aux besoins des habitants du Grand Nord.

5:3 LE DEVELOPPEMENT DES COMMU -
NAUTES DANS LE GRAND NORD

K.W. Stairs

Analyse préparée par l'Editeur à partir de l'exposé de l'auteur.

On peut distinguer quatre grandes phases au cours de l'évolution du gouvernement local dans le Nord.

La première phase est caractérisée par l'installation des pionniers. A l'origine des organisations explorant le Grand Nord obtinrent d'assez grandes parcelles du patrimoine national sur lesquelles elles pouvaient ériger des résidences pour leurs employés et des entrepôts pour les vivres, l'équipement et diverses fournitures. Ces réserves étaient en général construites sur la meilleure terre de la région et occupaient une superficie beaucoup plus grande que nécessaire. Les échanges entre les communautés se faisaient à l'aide de bateaux ou de traîneaux tirés par des chiens, mais les contacts avec le reste du monde étaient assez limités. Chaque établissement était responsable de son chauffage, de l'éclairage, de la distribution d'eau potable, de l'évacuation des eaux usées et de la collection des déchets.

Ces réserves étaient administrées soit par des missions religieuses, soit par la Compagnie de la Baie d'Hudson ou la Gendarmerie Royale du Canada. Au cours de cette première phase, aucun effort ne fut fait pour tenir compte des désirs des gens qui vivaient dans ces réserves d'une façon permanente. Le seul but était de satisfaire les exigences du négoce. Les institutions religieuses fournissaient un minimum d'activités sociales sous forme d'instruction religieuse, d'éducation et de services de santé. A certains moments de l'année, les populations indigènes vivaient autour des réserves dans des igloos ou dans des tentes, tirant profit des ressources qui provenaient des échanges commerciaux.

Lorsque les agences du gouvernement commencèrent à travailler dans cette région, elles suivirent les coutumes

traditionnelles et obtinrent de grandes parcelles de terrains sur lesquelles elles construisirent les bâtiments dont elles avaient besoin. Les terres qu'elles choisissaient, étaient probablement les meilleures, laissant celles qui étaient plus médiocres pour les autres organisations et les indigènes. La plupart des facilités construites à cette époque étaient habitées par des hommes seuls qui vivaient en dortoirs, jouissant du vivre, du couvert et des loisirs disponibles sur les lieux. Les relations avec la population locale n'étaient guère encouragées.

Lorsque des communautés commencèrent à se former, on développa des plans afin de satisfaire les besoins de la population locale plutôt que ceux du personnel des organisations commerciales, des services du gouvernement fédéral ou des grandes institutions. La terre fut subdivisée en plusieurs lots et la construction fut entreprise en accord avec les plans qui avaient été approuvés. Ces plans tenaient compte de la circulation, de la distribution de l'eau, de l'évacuation des égouts, de la collection des déchets et d'un système de réseau électrique. Ces facilités étaient généralement rattachées à la communauté. Des logements, des écoles et de petits services hospitaliers furent alors construits dans chaque communauté. Les employés du gouvernement associés à ces programmes sociaux furent alors encouragés à intégrer leurs familles dans les communautés nordiques.

La troisième phase peut être identifiée par le transfert de l'autorité administrative du gouvernement fédéral aux gouvernements territoriaux de Whitehorse et de Yellowknife.

La quatrième phase - qui correspond à la période actuelle - est caractérisée par l'apparition d'une autonomie locale qui se manifesta particulièrement par le développement du Yukon et des territoires du Nord-ouest. Les gouvernements de ces territoires encouragèrent les populations locales à développer leurs communautés et à prendre leurs propres responsabilités. Des villages, des hameaux et de petites villes formèrent alors des sortes de gouvernements locaux. Ces administrations locales contrôlent et développent les communautés par l'intermédiaire des associations de logement et des coopératives. Cette tendance, caractérisée par une participation de plus en plus grande de la communauté

et par l'effacement de l'administration du gouvernement fédéral continuera à s'affirmer à l'avenir.

5:4 LA CONCEPTION DES COMMUNAUTES
A L' AIDE DES METHODES PSYCHO -
GRAPHIQUES

E.B. Crittenden

Analyse préparée par l'Editeur.

Il n'est pas facile d'utiliser à la fois l'expertise du nord et du sud et de les intégrer dans le processus de conception des communautés.

Un professionnel travaillant dans le sud peut tenir compte de la température, de la force des vents, des précipitations et des méthodes technologiques pour remédier et surmonter tous ces facteurs. Il peut aussi être conscient des effets psychologiques d'isolement, de dépaysement et de l'insuffisance des stimuli qui affectent l'immigrant qui vient du sud et il peut essayer de concevoir un environnement bâti qui réduira les effets de ces facteurs. Cependant, il sera plus difficile pour lui de tenir compte des aspects socio-culturels qui ne peuvent pas être décrits, mesurés ou observés facilement. En conséquence, ces aspects indéfinissables sont souvent négligés au cours du processus de construction. Pour pallier à ces difficultés, des efforts ont été faits pour développer des techniques qui permettent d'établir des rapports entre les constructeurs et la communauté sans qu'il soit nécessaire d'envoyer une équipe d'architectes ou d'ingénieurs sur les lieux pendant une année ou de faire venir un indigène dans l'agence de l'architecte où il sera trop dépaycé pour pouvoir apporter une coopération positive. La méthode qui a été développée pour résoudre ce problème est connue sous le nom de procédure psychographique.

Cette technique psycho-graphique permet à l'utilisateur de participer indirectement au processus de conception. Elle implique une étude de probabilités à partir des informations

recueillies au cours d'interviews, des notions de psychologie et une connaissance de la représentation automatisée de l'ensemble des données collectées. Cette technique a été utilisée dans le Nord pour déterminer les attitudes, les sentiments et les besoins d'un groupe qui devait s'installer dans la nouvelle communauté minière de Lost River.

Il n'y a actuellement aucun établissement à l'emplacement prévu pour cette nouvelle communauté. La plupart de la population viendra probablement des régions avoisinantes du nord-ouest de l'Alaska. Le but de cette étude était de faire des interviews assez approfondis auprès de certaines personnes habitant des régions voisines afin de savoir quelles seraient les exigences physiques et sociales considérées comme indispensables ou souhaitables dans une nouvelle communauté.

Une centaine de personnes furent choisies au hasard et interviewées. Des spécialistes qui connaissaient bien la région et qui étaient particulièrement entraînés à faire ces interviews d'une façon méthodique, leur posèrent une série de questions. Les réponses furent codifiées et traitées par l'ordinateur et les résultats furent évalués en pourcentages en fonction du sexe, de la race, de l'âge, de l'éducation et de la communauté. De plus, une matrice d'informations tenant compte également de l'âge, du sexe, de la famille, de l'éducation et des ressources dans chaque foyer fut constituée pour déterminer la composition des familles, les variations des revenus et les besoins scolaires.

Les questions étaient réparties selon sept principaux domaines:

- (i) le problème de la migration et le besoin de fonder une nouvelle communauté
- (ii) le logement
- (iii) le travail
- (iv) les facilités et les services de la communauté
- (v) les déplacements éventuels

(vi) les relations sociales

(vii) la nouvelle communauté de Lost River.

La conception psycho-graphique est un moyen indirect pour obtenir la participation des futurs habitants d'une communauté, puisqu'ils peuvent identifier les besoins physiques et sociaux du nouveau cadre qu'ils aimeraient habiter. Il est évident que cette technique a des limites et que d'autres recherches devront être faites avant de pouvoir l'appliquer automatiquement. D'ailleurs, il faudrait entreprendre beaucoup plus de recherches sur les régions nordiques surtout dans le domaine psycho-social avec la collaboration de spécialistes du sud et en particulier des psychologues, des sociologues et des anthropologistes et des spécialistes du nord, car les indigènes sont dans un sens des experts en ce qui concerne les problèmes physiques et humains rencontrés dans le Grand Nord. Cette participation est nécessaire non seulement pour le succès d'un tel projet de recherches mais aussi pour le développement de l'autonomie des gens du nord, car ils devraient contrôler non seulement le développement de leur environnement bâti, mais aussi tout le Grand Nord.

Notes:

- 1 - Rowan Group Inc., An Exploration of Psycho-graphic Research Techniques, (Une exploration à l'aide des techniques psycho-graphiques), Washington, D.C., document non publié, 1973.
- 2 - Alaska Consultants et Rowan Group Inc., Socio-economic Survey, City of Lost River (Enquête socio-économique, la ville de Lost River), Anchorage, Alaska, document non publié, 1972.

Selon l'opinion de M. Rounthwaite, le processus de conception pourrait être divisé en deux phases distinctes: (i) la phase d'avant-projet qui correspondrait à l'identification des critères de conception et (ii) la solution ou l'approche équilibrée qui consisterait à ajuster les critères antagonistes de la conception jusqu'au moment où l'on obtiendrait une solution équilibrée et satisfaisante. Ce chapitre étudie l'interaction entre les différents critères antagonistes montrant comment on pourrait utiliser la technologie moderne pour satisfaire les exigences des gens du nord. Les critères de conception que nous avons déjà identifiés peuvent être divisés selon quatre groupes:

- l'obligation de satisfaire les exigences fonctionnelles qui résultent des conditions géoclimatiques extrêmes du nord et tous les autres facteurs interdépendants, tels que l'équilibre écologique extrêmement fragile, les effets du manque d'énergie et le besoin de construire des bâtiments plus durables et de meilleure qualité;
- le besoin d'accroître l'efficacité des processus de construction malgré les difficultés dues à la brièveté de la saison de construction, le manque de main-d'oeuvre qualifiée, les problèmes de transport et l'insuffisance de l'organisation traditionnelle du processus de construction;
- la participation des usagers pour assurer que les valeurs humaines et sociales des gens du nord soient intégrées dans la conception des bâtiments;
- l'influence du marché de la construction, c'est-à-dire les types de bâtiments, la fluctuation de la demande, la fragmentation géographique, les constructions temporaires et l'inflation des coûts.

En ce qui concerne la façon dont on pourrait utiliser la technologie pour satisfaire ces exigences, il semble qu'il

y ait eu un certain désaccord entre les participants de la conférence. Deux écoles s'affrontèrent, puisque les uns étaient partisans d'une approche révolutionnaire et les autres d'une approche évolutionnaire.

UNE APPROCHE REVOLUTIONNAIRE

Pour résoudre les problèmes de construction dans le nord, M. Rounthwaite considéra qu'il n'était pas suffisant de continuer à lutter avec les problèmes du passé et qu'il était préférable d'envisager une nouvelle approche, c'est-à-dire de créer des systèmes de bâtiments selon des principes dynamiques. Les bâtiments d'aujourd'hui, dit-il, reflètent une conception statique et passive, permettant par exemple, des pertes de chaleur excessives ou l'utilisation de matériaux inflammables sans qu'on réagisse d'une façon radicale. Des systèmes de construction dynamique, par contre, tiendraient compte des situations extraordinaires comme celles du Grand Nord. De plus, elles résoudraient aussi les problèmes de condensation, de l'humidité, des ponts thermiques, des risques de feu, des tremblements de terre et bien d'autres facteurs qui affectent la construction nordique, car la technologie de la construction nordique devrait être supérieure à celle qui est normalement acceptée dans le sud du Canada et dans le nord des Etats-Unis, étant donné les conditions extrêmes.

Ce concept fut repris par Volker Hartkopf qui préconisa une approche totalement différente pour aborder le processus technologique. Il considérait en effet que la technologie de la construction devait tenir compte de la situation unique du Grand Nord plutôt que d'essayer d'adapter la technologie du sud aux conditions climatiques extrêmes. Reprenant le développement historique de la technologie de la construction et comparant la flexibilité d'utilisation et le degré d'industrialisation, il montra que la flexibilité d'utilisation augmente avec le développement de la technologie. Faisant une extrapolation, il en conclut que dans un avenir encore lointain, il sera possible de créer un environnement bâti qui répondra automatiquement à tous les besoins des usagers - que ces besoins soient fonctionnels ou humains. La création d'une technologie cybernétique éliminerait le besoin de recourir aux compétences traditionnelles

des professionnels de la construction et intégrerait automatiquement la participation des usagers dans le processus de conception.

UNE APPROCHE EVOLUTIONNAIRE

D'autres participants se montrèrent plus modérés et optèrent pour une approche plus prudente pour résoudre les problèmes de construction dans le Nord.

George Jacobsen souligna qu'il fallait être réaliste et admettre que l'environnement sévère de l'Arctique n'était pas un endroit pour expérimenter des idées farfelues. Si des solutions imaginatives étaient employées, il était indispensable qu'elles réussissent. Karl Stairs se montra en faveur de l'approche évolutionnaire. Simplifiant la situation, il souligna que si le mode de vie des gens du nord est le même que celui des gens du sud, la technologie devrait être similaire dans les deux cas. Si au contraire le mode de vie est différent, il est évident que la technologie doit être abordée d'une autre façon. En effet, M. Stairs considérait que les solutions extrêmes devaient être évitées, puisque les communautés nordiques n'étaient peut-être pas si différentes des communautés du sud.

Faisant une distinction entre les bâtiments conçus pour les indigènes et les bâtiments conçus pour les immigrants, il montra que les immigrants recherchaient toujours des solutions conventionnelles, c'est-à-dire des types de maisons qu'ils ont eu l'habitude d'habiter. Dans le cas du logement esquimau, le problème est beaucoup plus complexe, mais jusqu'à un certain point, le même raisonnement peut aussi s'appliquer. De plus, M. Stairs argumenta que la demande pour les bâtiments nordiques n'était pas suffisante pour garantir le développement de technologies totalement révolutionnaires dans le sud du Canada pour des problèmes qui ne s'appliquent que dans le Grand Nord.

LA TECHNOLOGIE DE LA CONSTRUCTION: UNE SOLUTION DE COMPROMIS

D'après des notes préparées par l'Editeur.

En conclusion, l'Editeur présente ses propres réactions à

ces discussions sur l'approche révolutionnaire et l'approche évolutionnaire.

Selon son point de vue, il semble que ces deux approches reflètent les deux attitudes antagonistes de la construction industrialisée, à savoir les systèmes ouverts et les systèmes fermés. En examinant cet aspect du problème, il essaiera de montrer que dans certaines circonstances, une approche évolutionnaire est probablement la meilleure solution.

Comme on l'a souligné précédemment, l'initiateur d'un système de construction fermé doit exercer autant de contrôle que possible sur l'ensemble du processus de conception et de production pour atteindre le maximum d'efficacité et de performance de son système. L'introduction d'un système de construction fermé entraînerait donc un remplacement de l'organisation traditionnelle, ouverte et fragmentée de l'industrie de la construction par quelques organisations, fermées et contrôlées d'une façon hiérarchique. Malheureusement, cette approche aurait un certain nombre d'inconvénients et en particulier, l'utilisateur ou ses représentants professionnels seraient écartés de plus en plus du processus de décisions. Par contre, avec l'organisation des systèmes ouverts actuels et la séparation formelle de la conception et de la construction, il est possible que l'utilisateur puisse participer au processus de construction. D'autre part, comme des études récentes ont pu le montrer, l'organisation d'un système ouvert est particulièrement appropriée à la situation économique incertaine du marché.⁽¹⁾ Il est évident que la situation est très complexe. S'il est question d'optimiser la performance fonctionnelle et l'efficacité du processus de construction, le système fermé et son organisation constituent une solution idéale. Par contre, s'il est question d'optimiser la participation des usagers dans le processus de construction et de satisfaire les besoins d'un marché incertain, le système ouvert et son organisation constituent la meilleure solution.

Dans le cas de la construction nordique, quatre points essentiels devraient être pris en considération: la performance fonctionnelle, l'efficacité du processus de construction, l'optimisation de la participation des usagers et la satisfaction d'un marché extrêmement changeant. L'équilibre de ces facteurs antagonistes ne nécessite

pas seulement un compromis satisfaisant, mais aussi un compromis recherché.

Un tel compromis pourrait être réalisé en utilisant un système de construction à la fois ouvert et fermé, qui essaierait de combiner les avantages technologiques d'un système fermé et les avantages de l'organisation d'un système ouvert. Le programme de construction de l'University of Alaska est un bon exemple de ce type de compromis.

Une telle approche, en effet, permet une amélioration progressive et systématique des sous-systèmes de construction, c'est-à-dire une approche évolutionnaire du processus technologique, complétée par une approche évolutionnaire de l'organisation de ce nouveau processus.

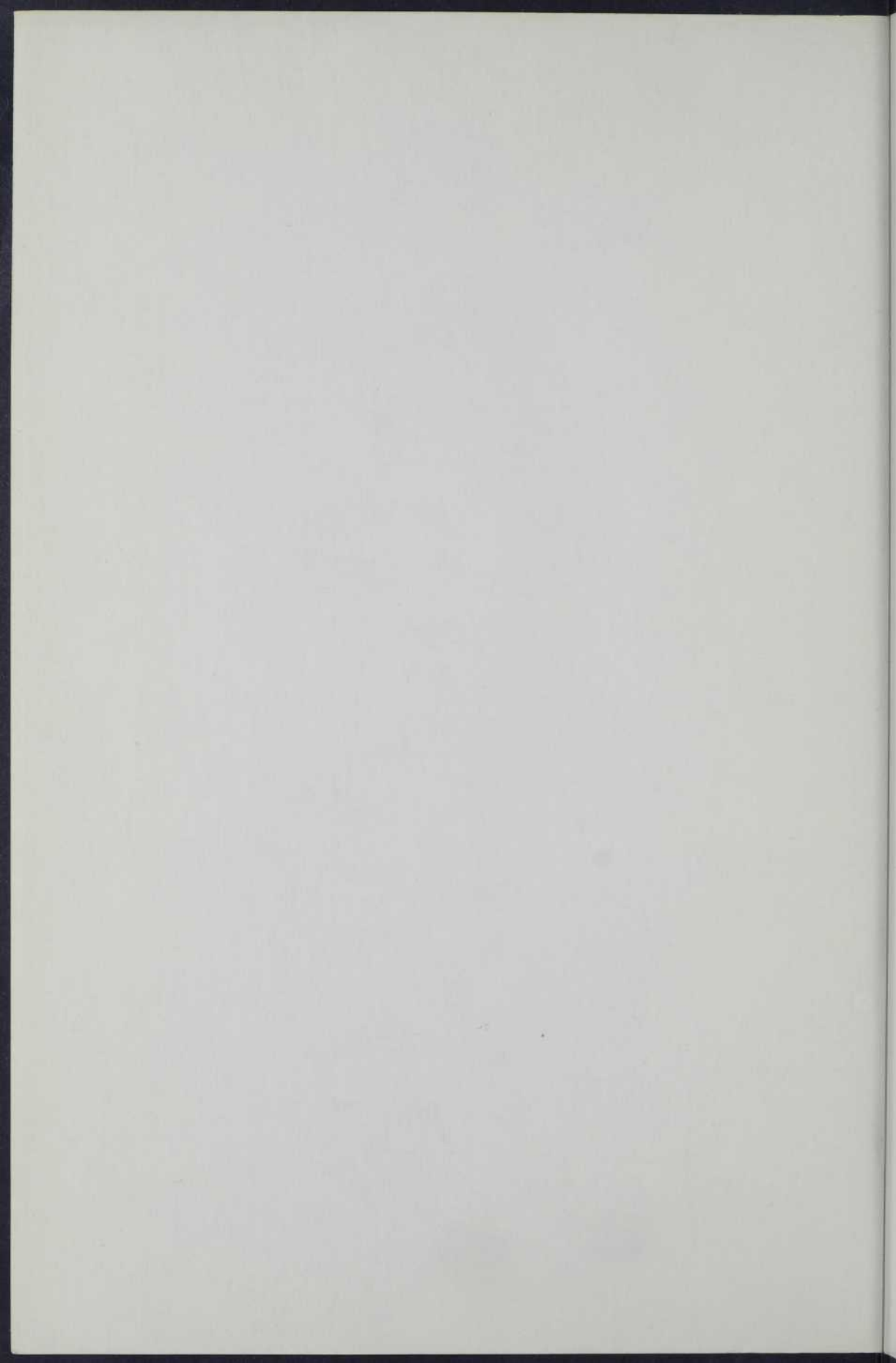
Notes:

- 1 - B.I.R.D. Group, Component Building and the Organisation of the Building Process, (B.I.R.D. Group, La construction à l'aide de composants et l'organisation du processus de construction), Washington University, St.Louis, 1973 (non publié).

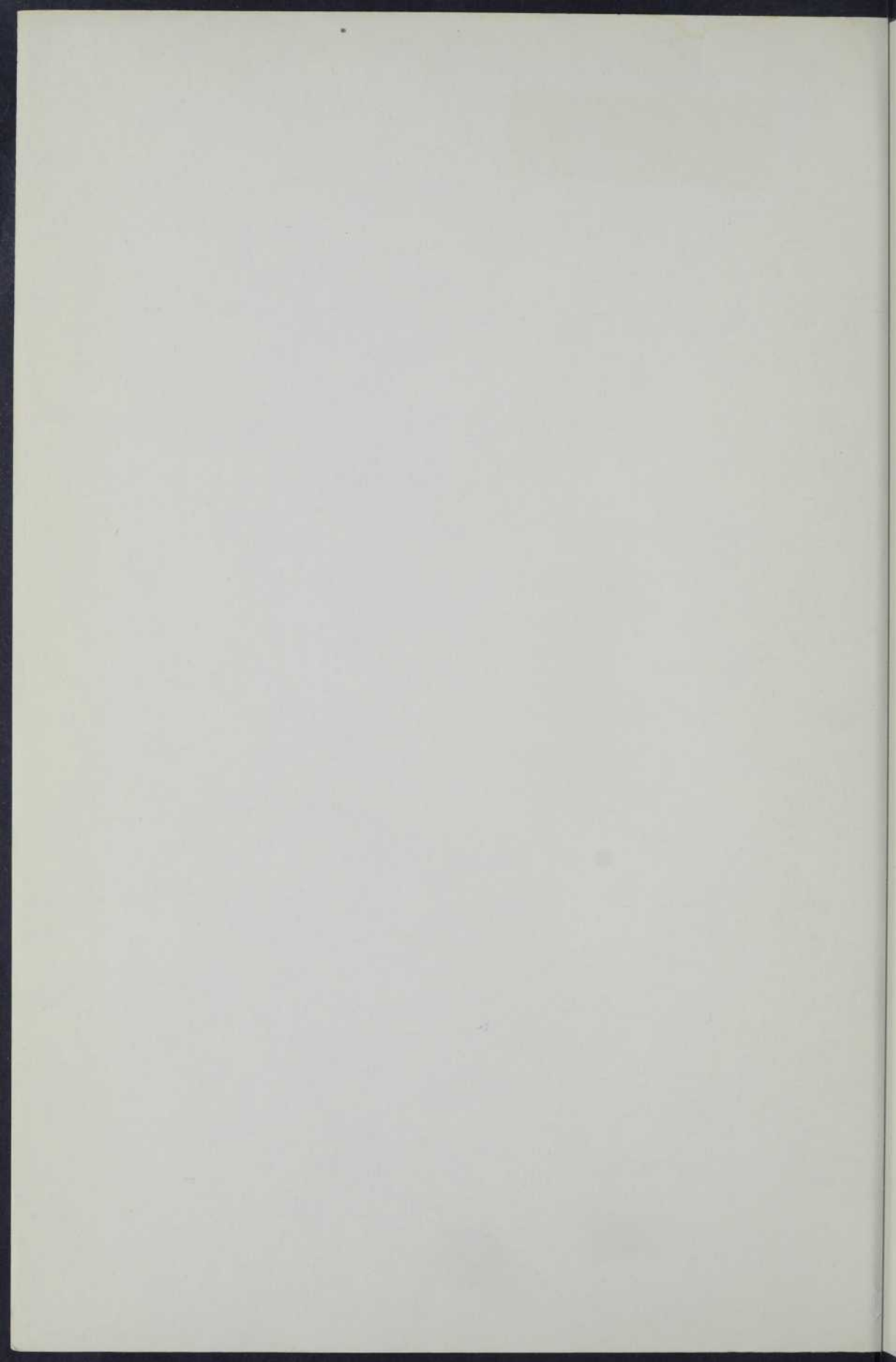


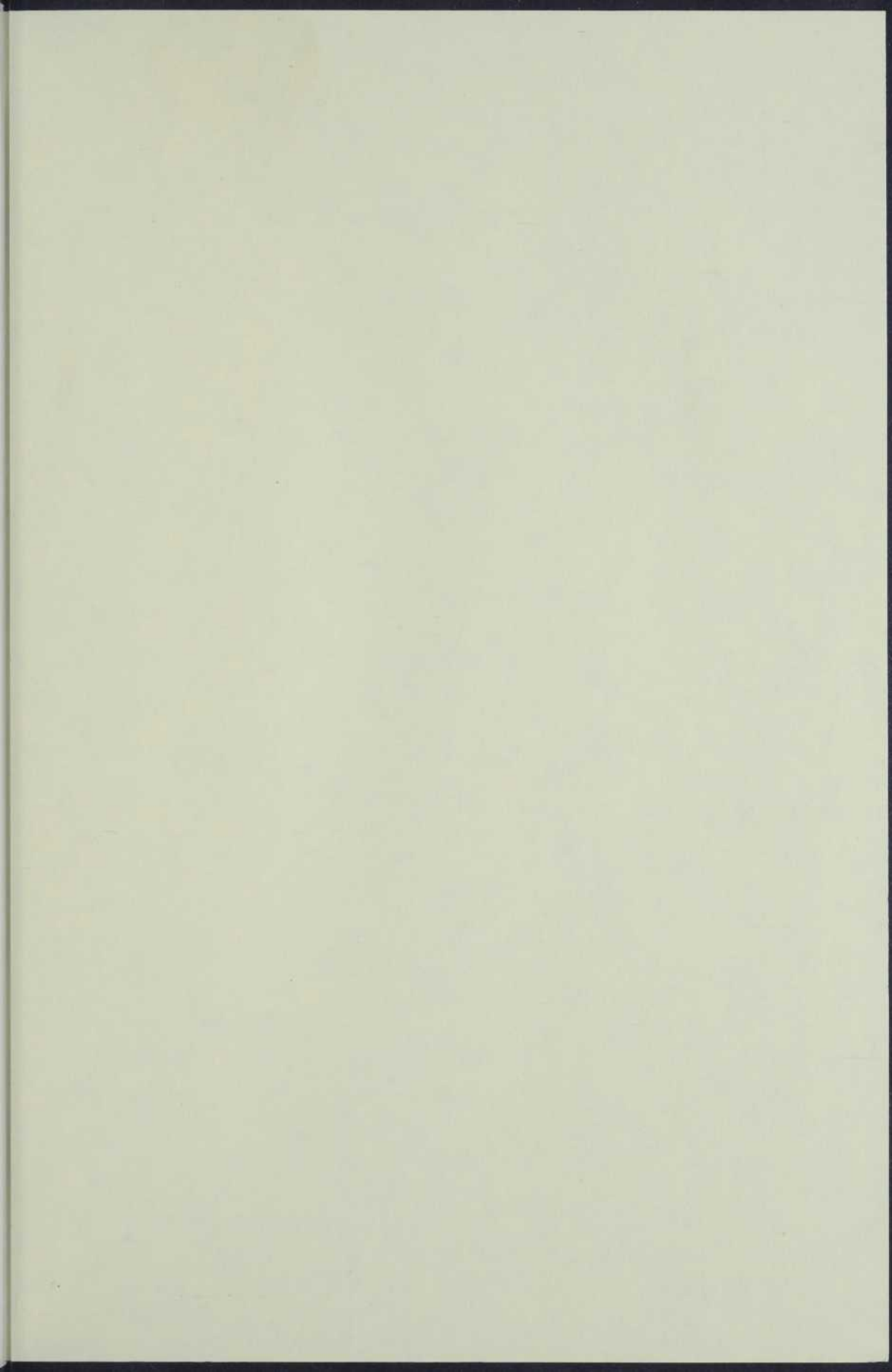


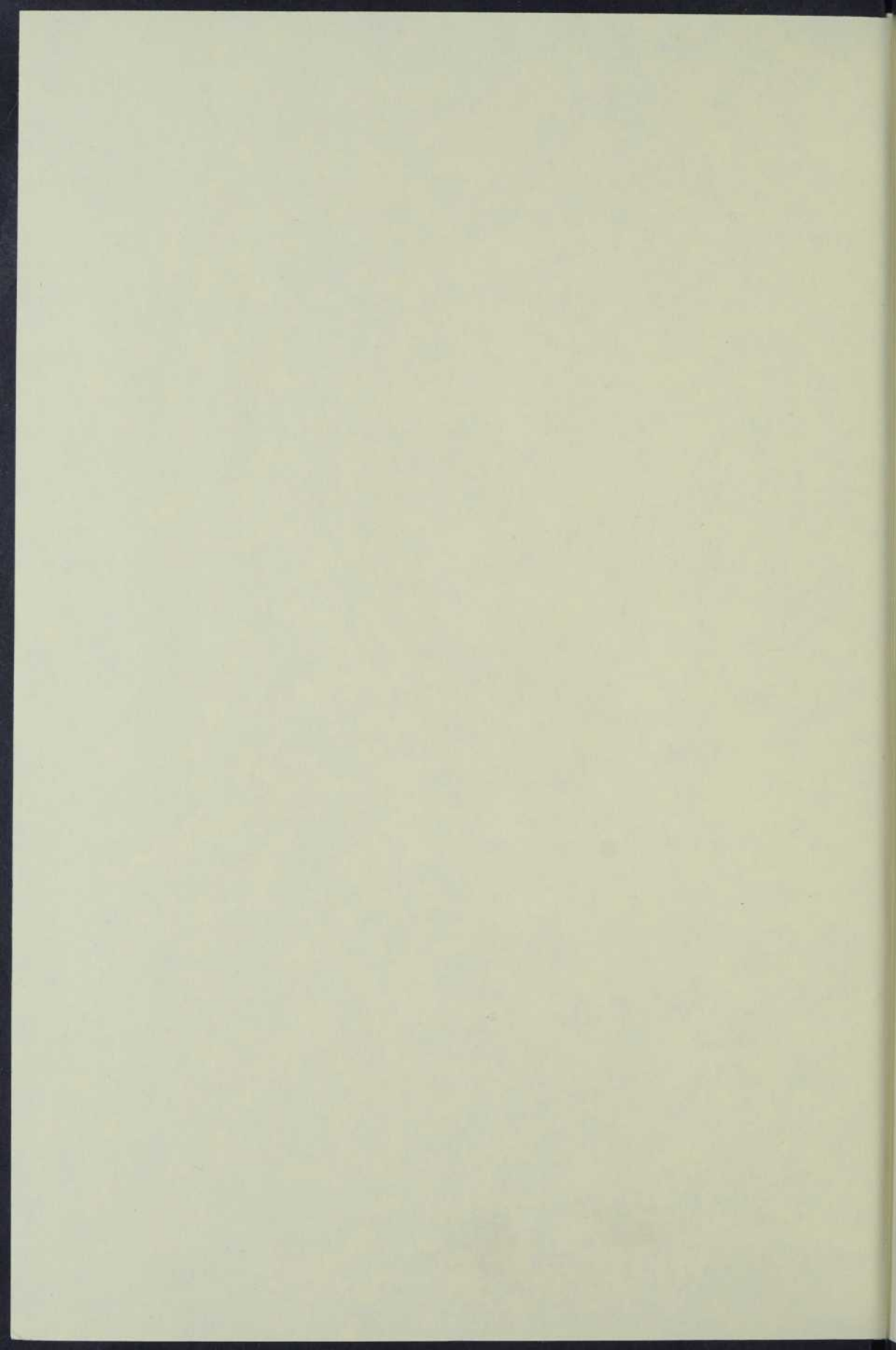


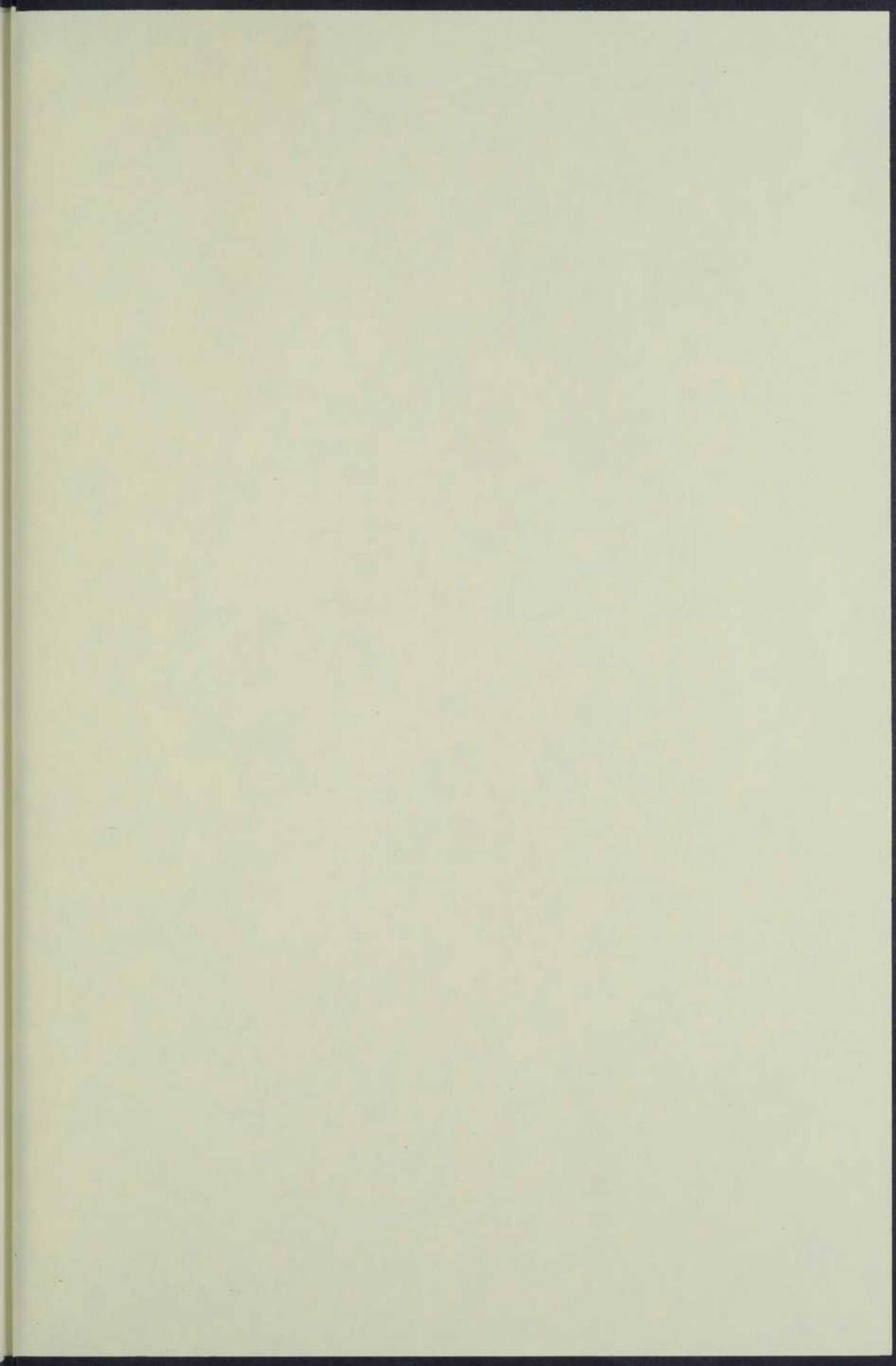


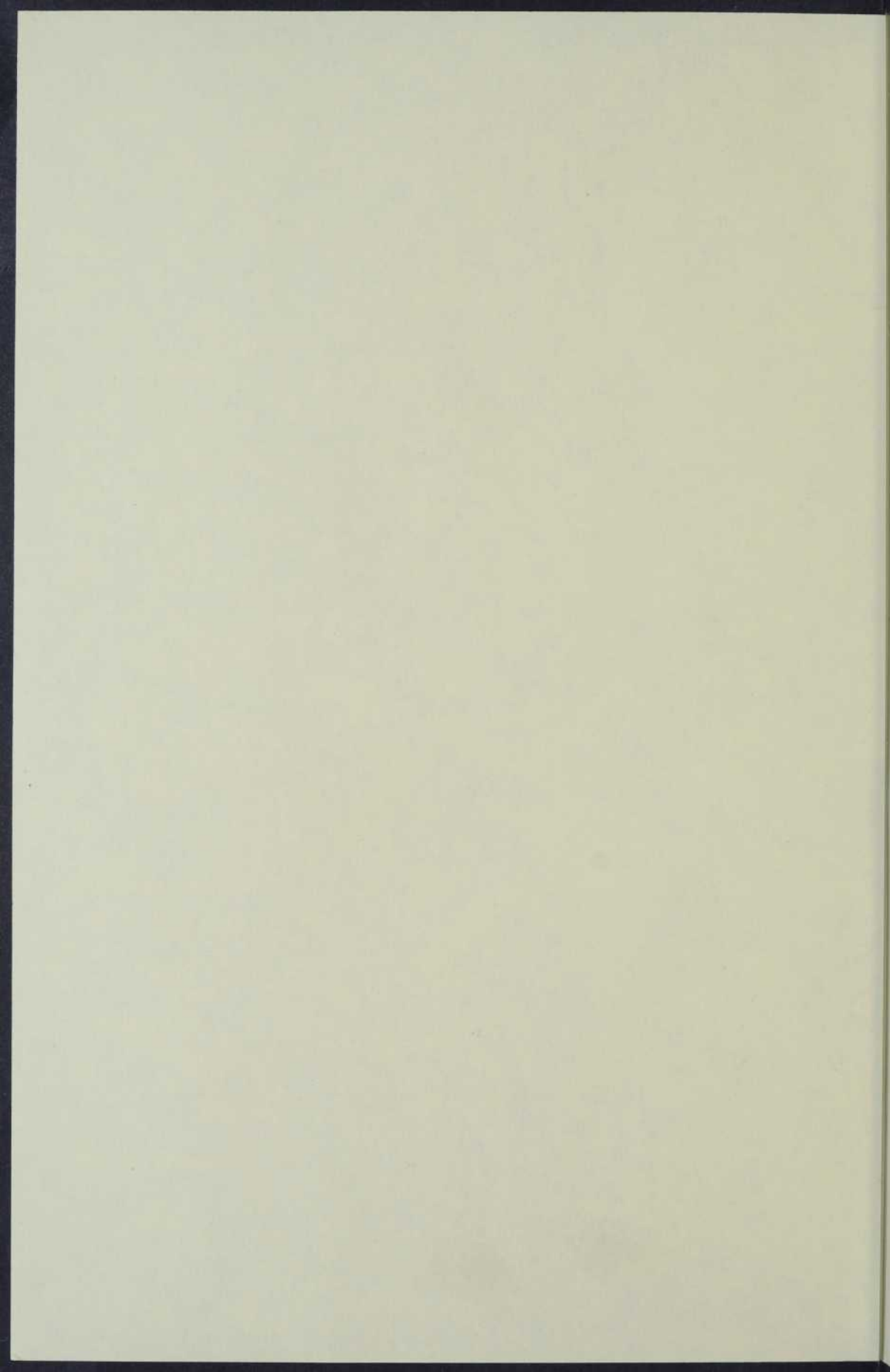


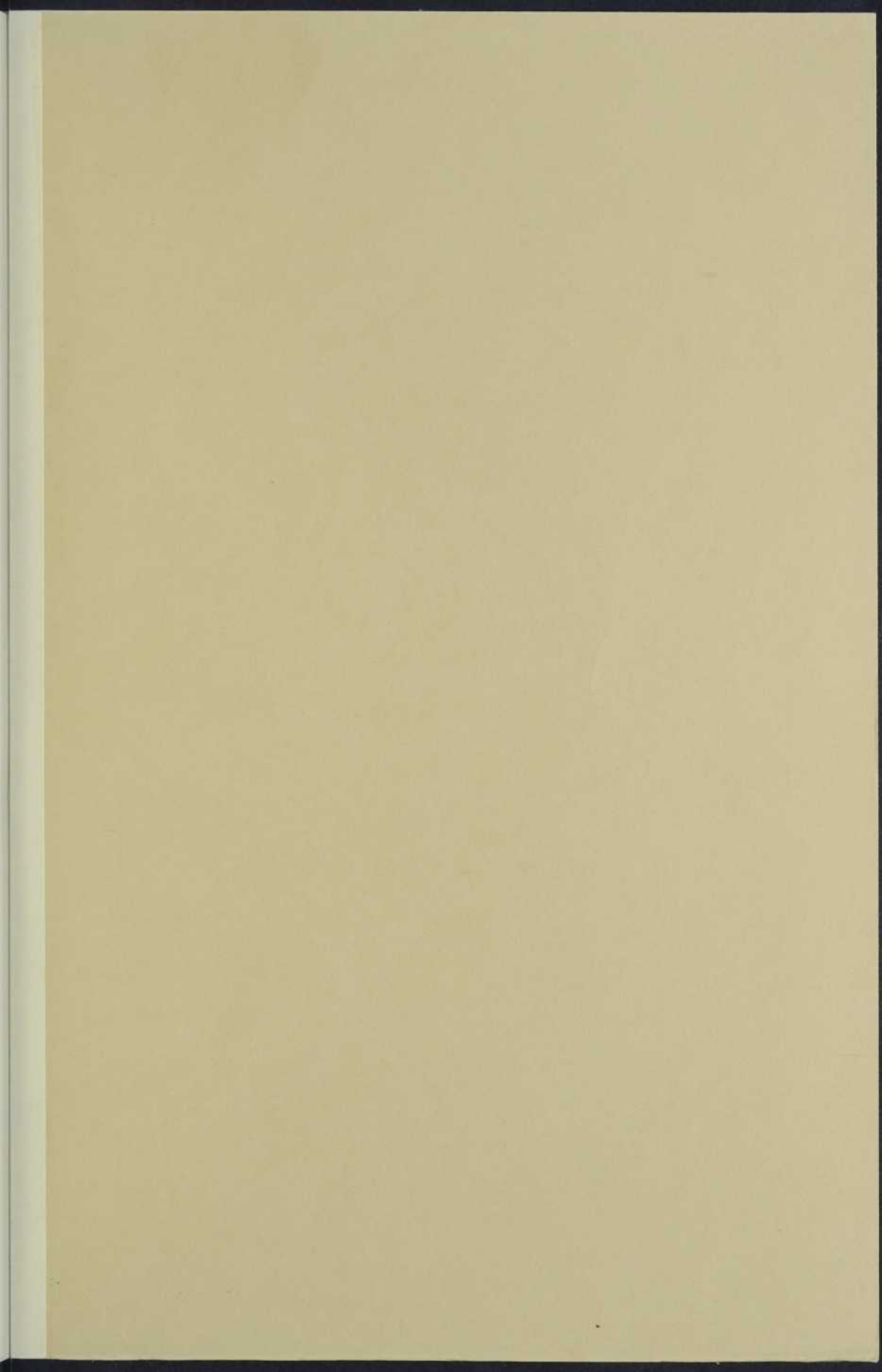




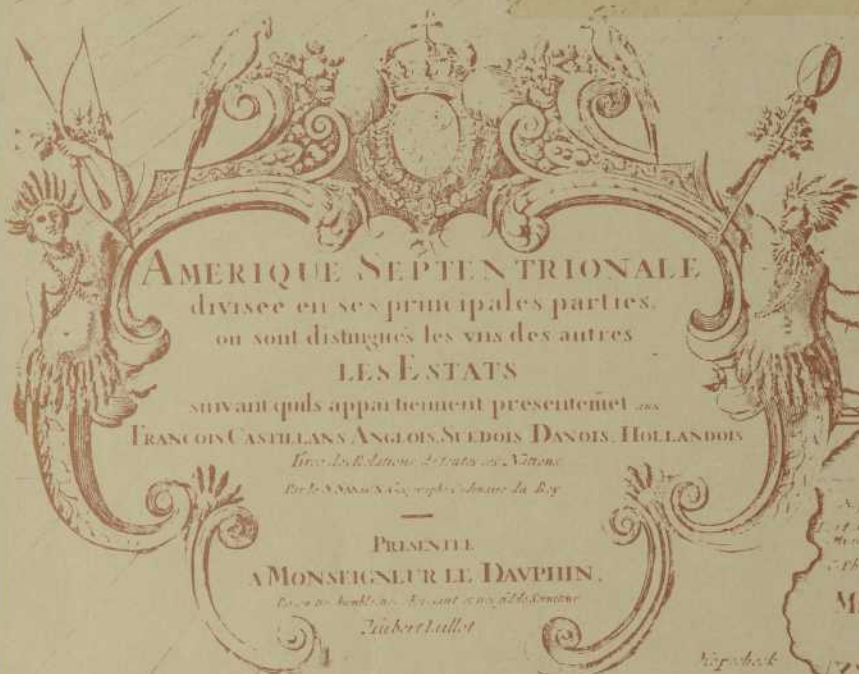








BNQ
000 227 149



AMERIQUE SEPTENTRIONALE
divisee en ses principales parties,
ou sont distingues les vns des autres
LES ÉTATS
suivant quils appartiennent presentement aux
FRANCOIS CASTILLANS ANGLAIS SUEDOIS DANOIS HOLLANDOIS
avec les Colonies de tous ces Virois
Par les S^{rs} J. B. de La Motte & J. B. de La Roche

—
PRESENTÉ
A MONSIEUR LE DUCHÉ
Par le Sr. de La Motte & J. B. de La Roche
Tubert l'aité

NOUVEAU DANEMARCK

MER GLACIALE

TERRA

NEW NORTH WALLE
New York
New Jersey
New England
New South WALLE
New South Wales
Mer CHRISTIANE
New Zealand

BUTTONS BAY

TAC SERRIA

CANADA
Acadiah
LES ÎLES
LES ÎLES PEAKS
A S. L. de la Baye de N. de la

APACHES DE NAVAJO

APACHES DE XIA

Tosq

