



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
BUREAU DE DÉVELOPPEMENT DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

CONFÉRENCE MONDIALE DE DÉVELOPPEMENT DES  
TÉLÉCOMMUNICATIONS (CMDT-98)

Document 17-F  
17 décembre 1997  
Original: anglais

La Valette, Malte, 23 mars - 1 avril 1998

*Pour information*

Point de l'ordre du jour: 3.1

SÉANCE PLÉNIÈRE

**TELE Greenland A/S**

GRANDES STATIONS TERRIENNES À SATELLITE  
SITUÉES DANS DES ZONES REÇULÉES

**Résumé**

Pour fournir des services de communication par satellite aux agglomérations du Groenland, TELE Greenland a mis au point une station terrienne bon marché, offrant une certaine souplesse d'utilisation, universelle, télécommandée et conforme aux spécifications d'INTELSAT. Plusieurs de ces stations terriennes fonctionnent maintenant depuis deux ans. Le présent document décrit les problèmes rencontrés lors de la mise au point de ce type de station et l'expérience que l'on a pu en tirer. On trouvera également une estimation du coût par minute de trafic ainsi que certaines conclusions et recommandations générales.

**TELE Greenland**

**Services**

TELE Greenland est un fournisseur de services de télécommunication appartenant à 100% au Gouvernement autonome du Groenland. Cette société assure des services de télécommunication sur tout le territoire du Groenland, y compris des services:

- de téléphonie et de communication de données à commutation;
- de communications mobiles terrestres;
- de communications en ondes métriques et hectométriques côtières-navires;
- de radiodiffusion et de télévision.

L'ensemble du réseau fixe de communication du Groenland est entièrement numérisé, et conforme aux normes des pays industrialisés, en particulier en matière de disponibilité. L'exploitation et le développement du réseau sont entièrement autofinancés (redevances des abonnés).

Le chiffre d'affaires total de TELE Greenland s'est élevé en 1996 à 92 millions de dollars EU. Chaque année, près de 25% de ce chiffre d'affaires est investi dans le développement du réseau. Le bénéfice net réalisé permet de diminuer les taxes téléphoniques au Groenland (baisse totale de 20% entre 1995 et 1997).

- Pour des raisons d'économie, ce document n'a été tiré qu'en un nombre restreint d'exemplaires. Les participants sont donc priés • de bien vouloir apporter à la réunion leurs documents avec eux, car il n'y aura pas d'exemplaires supplémentaires disponibles.

## **Abonnés**

Le Groenland est la plus grande des îles du monde avec une superficie de 2 millions de km<sup>2</sup> environ, dont 80% est en permanence recouverte de glace. Les 55 000 habitants sont répartis en 18 villes et 60 agglomérations situées sur le littoral. On compte 22 000 abonnés (lignes fixes), ce qui donne un taux de pénétration téléphonique de 40%.

En 1993, le Gouvernement autonome du Groenland a décidé que toutes les villes et agglomérations de plus de 50 personnes devraient disposer d'un système fixe de télécommunication et de radiodiffusion et de télévision avant l'an 2000. C'est sur cette base que TELE Greenland a élaboré son plan de développement des services de télécommunication. Bien que la plupart de ces agglomérations puissent être desservies par des systèmes de Terre, il a été avantageux dans certains cas d'utiliser des communications par satellite. C'est pour cette raison qu'un type particulier de station terrienne à satellite a été mis au point.

## **Les communications par satellite au Groenland**

TELE Greenland exploite des communications par satellite depuis 1978, les satellites étant aujourd'hui le seul moyen de rattacher le Groenland au monde extérieur et de relier les diverses zones de cette région. Trois systèmes à satellites sont utilisés:

- INTELSAT;
- EUTELSAT;
- GE Americom.

La carte ci-après illustre l'implantation au Groenland des stations terriennes des trois systèmes utilisés. INTELSAT est le plus important de ces trois systèmes; à l'heure actuelle TELE Greenland loue une capacité de répéteur de 72 MHz dans le faisceau mondial sur le satellite placé à la position 325,5 °E.

Treize stations terriennes fonctionnent avec ce secteur spatial, huit stations de norme B (une au Danemark), deux de norme F3, une de norme F2, une de norme D1 et une station de réception de télévision uniquement fonctionnant avec une antenne de 9,3 m. La raison pour laquelle des antennes relativement grandes sont utilisées dans un système à satellites national est que le faisceau mondial d'INTELSAT est le seul faisceau de satellite arrosant l'ensemble du Groenland.

## **Station terrienne type pour une agglomération**

### **Conditions requises**

Les conditions requises pour qu'une station terrienne soit utilisée dans une agglomération sont les suivantes:

- capacité à recevoir et à émettre une porteuse numérique pour les télécommunications;
- capacité à recevoir un signal numérique de 4,8 Mbit/s pour la télévision et la radiodiffusion;
- compatibilité avec les normes INTELSAT et d'autres normes internationales;
- surveillance et commande à distance;
- haute élévation;
- résistance à des conditions climatiques extrêmes;
- faible consommation d'énergie et compacité;
- faible coût.



## Réalités

En 1993, TELE Greenland a fait un appel d'offres pour une station terrienne destinée à une agglomération.

Le cahier des charges était le suivant:

- une antenne de 6-7 mètres (INTELSAT F2);
- deux amplificateurs à faible bruit (convertisseurs à faible bruit) de 45 K;
- un amplificateur à semi-conducteurs à faible puissance (p.i.r.e. 60 dBW);
- convertisseur de fréquence à la fréquence intermédiaire 70 MHz;
- des modems numériques (INTELSAT IESS-308);
- réception de signaux numériques de télévision et de radiodiffusion;
- interface avec un système de surveillance et de commande.

Les réponses obtenues n'étaient pas encourageantes. Certains fournisseurs n'ont même pas répondu du tout. Seule une réponse parmi celles reçues correspondait assez bien à ce que nous avons demandé, mais le prix en général était trop élevé.

L'analyse des différentes offres a montré qu'en associant une antenne avec un ensemble d'amplificateurs de puissance à semi-conducteurs d'un constructeur à un modem d'un autre constructeur, nous pouvions presque obtenir la station terrienne souhaitée.

Après avoir pris des renseignements auprès des différents soumissionnaires et demandé les différents prix, nous avons également constaté qu'en constituant la station de différents modules acquis auprès de différents constructeurs et non d'une seule unité intégrée, le prix de cette station ne représenterait plus que 33 à 50% des prix proposés dans les premières soumissions.

## Configuration finale

La configuration que nous avons obtenue en définitive était la suivante:

- une antenne fixe de 7,3 mètres;
- un amplificateur de puissance à semi-conducteurs de 5 W;
- deux convertisseurs à faible bruit de 45 K (pour les bandes C à L);
- un ensemble de convertisseurs élévateurs/abaisseurs de fréquence (FI 70 MHz);
- un modem de satellite (IESS-308);
- un récepteur pour la télévision numérique;
- une interface de surveillance et de commande.

A l'exception du modem, du récepteur de télévision et d'une partie de l'interface de surveillance et de commande, toutes les unités devaient être logées au niveau de l'antenne même. Cela simplifiait l'installation et permettait d'utiliser plus efficacement l'amplificateur de puissance à semi-conducteurs (pas d'affaiblissement dans le guide d'ondes).

Les éléments suivants n'ont pas été inclus dans la station:

- dispositif de poursuite et moteurs d'antenne;
- dégivrage de l'antenne;
- redondance.

Il n'est pas nécessaire d'avoir un système de poursuite et des moteurs lorsqu'on exploite une station terrienne équipée d'une antenne de 9 mètres avec un satellite INTELSAT sur orbite non inclinée. L'installation de l'antenne est bien plus simple, bien qu'il faille un peu plus longtemps pour pointer l'antenne vers un satellite avec une manivelle!

Le dégivrage n'est pas nécessaire dans de nombreux emplacements du Groenland en raison des faibles angles de site et des basses températures (neige poudreuse). En tout état de cause, rares sont les systèmes d'alimentation électrique des agglomérations groenlandaises qui pourraient fournir un système de dégivrage pour une antenne de 7 mètres. S'il y a de la neige mouillée dans l'antenne, la population sait comment l'enlever manuellement.

Renoncer à un dispositif de redondance permet de réduire très sensiblement le prix de la station terrienne. Compte tenu des valeurs MTBF des équipements électroniques modernes, ce choix n'a pas posé de problème.

### **Autres éléments**

Afin d'assurer des télécommunications et de diffuser des programmes de télévision/radio à une communauté, il est nécessaire d'ajouter au système d'autres éléments, à savoir:

- un équipement de multiplexage, y compris un dispositif de codage réducteur de débit;
- un central téléphonique rural;
- des émetteurs de diffusion pour la radio et la télévision;
- une alimentation électrique ininterrompue;
- bâtiment et fondations.

Bien que ces éléments ne concernent pas les communications par satellite, il faut néanmoins en tenir compte pour calculer le prix du circuit.

### **Installation et ingénierie**

Le délai requis pour concevoir, installer et mettre en service le système tel qu'il est décrit ci-dessus est évalué à 6 mois/homme environ. Ce délai tient compte de tous les problèmes supplémentaires susceptibles de se poser dans un endroit reculé du nord du Groenland (transport onéreux, pas de routes, pas de grues, énergie limitée, conditions climatiques extrêmes, etc.).

### **Prix effectifs**

Le chiffre le plus important à connaître est le prix par circuit et par minute. Pour calculer ce prix, on tient compte des coûts suivants:

- équipement de communication par satellite;
- autre équipement utile;
- frais de mise en place;
- capacité du satellite;
- frais d'exploitation et de maintenance.

Par "autre équipement utile", on entend l'équipement nécessaire pour les télécommunications. L'équipement de radiodiffusion sonore et télévisuelle n'est pas compris étant donné qu'il est financé par d'autres sources.

Nous avons obtenu les prix suivants pour la station (en milliers de dollars EU):

**Frais de mise en place**

Station terrienne à satellite	120
Autres éléments:	
- multiplex	
- central téléphonique	
- alimentation électrique ininterrompible	
- bâtiment et fondations	
- réseaux d'abonnés	240
ingénierie et installation	45
indemnités et transport	30

---

Total	435
-------	-----

**Dépenses annuelles et trafic**

Mise en place (7 ans, 8%)	83,5
Capacité du satellite	
- (2* 192 kbit dans un répéteur du faisceau mondial d'INTELSAT)	28,0
Exploitation et maintenance	7,5

---

Total des dépenses annuelles	\$ EU	119 000
------------------------------	-------	---------

**Trafic**

TELE Greenland s'efforce toujours de dimensionner ses circuits de manière à obtenir un taux de rejet de 1% pendant les heures de pointe. Pour assurer un trafic de 5 erlangs pendant cette période pour l'agglomération concernée, nous avons calculé, en nous servant de la formule des erlangs, qu'il faudrait 11 circuits pour maintenir le taux de rejet d'appel à 1%.

Cela s'est avéré suffisant, mais tout juste. En outre, le nombre annuel total de minutes de trafic pour l'agglomération est, selon les mesures effectuées, de 735 000. Etant donné que le nombre total annuel de minutes de trafic s'élève à 525 600 (365 jours), le trafic moyen acheminé par la station est de 1,4 erlang.

Prix par circuit et par minute:  $119/735 = 0,16$  dollars EU.

Ce chiffre ne tient pas compte du fait que le central téléphonique permet également des communications locales dans l'agglomération. Etant donné que TELE Greenland taxe aussi ses abonnés pour ce type de communication, le prix de revient par minute pour les communications entrantes et sortantes à la station est même inférieur à celui de 0,16 dollars EU calculé ci-dessus.

Enfin, il faut mentionner que le nombre de circuits est déterminé par les caractéristiques du trafic et n'est pas fonction de la conception de la station terrienne. La station peut acheminer une porteuse à 512 kbit/s vers une station terrienne de norme B via un répéteur du faisceau mondial. Etant donné que l'on utilise des modems à débit variable, la capacité de la station peut être augmentée sans que l'on doive en changer le matériel.

S'il faut une capacité supérieure, le prix par circuit diminuera. S'il faut un débit supérieur à 512 kbit/s, il faudra uniquement un amplificateur à semi-conducteurs plus puissant (10, 20 ou 50 W).

### **Expérience acquise**

La première des quatre stations fonctionne depuis trois ans maintenant. Les résultats ont été en général si satisfaisants que trois autres stations de conception similaire ont été mises en service l'année suivante. (Deux de ces stations ne se trouvaient pas dans une agglomération.)

L'installation de stations terriennes supplémentaires a été reportée faute de capacité dans le faisceau mondial d'INTELSAT.

En général, on peut dire que les stations ont fonctionné avec une disponibilité supérieure à celle prévue. Nous avons compté avec une disponibilité de 98% au moins, mais la disponibilité réelle est analogue à celle du reste du réseau de communication par satellite du Groenland conforme aux recommandations d'INTELSAT en ce qui concerne les circuits à débit binaire intermédiaire.

Le système a posé deux types de problème au départ du fait de sa conception. On constatait régulièrement une erreur au niveau du convertisseur-élévateur de fréquence qui provoquait une baisse de la p.i.r.e. à la sortie. Il a été possible de la compenser au moyen du système de télécommande en attendant qu'un technicien de la maintenance se rende sur place. Le fournisseur de l'équipement a reconnu que ce problème était imputable à une erreur de conception de l'unité même.

L'autre problème venait de l'émetteur audio MF qui interférait dans le convertisseur-élévateur de fréquence de la station au niveau des fréquences intermédiaires, provoquant le rayonnement d'une porteuse fantôme sur le satellite. Ce phénomène a été corrigé en déplaçant la fréquence de l'émetteur MF et en ajoutant des affaiblisseurs supplémentaires.

En raison de ces problèmes, nous avons dû revoir le système de télécommande, de manière à pouvoir couper l'alimentation de la station terrienne, avec redémarrage automatique après un délai de 5 minutes. L'un des principaux problèmes que posent la surveillance et la commande de ces systèmes est que le dispositif de surveillance et de commande ne fonctionne pas si la liaison par satellite est interrompue.

Outre les problèmes mentionnés, les venues sur place de techniciens de la maintenance non prévues ont été limitées à des occasions particulières, provoquées par d'autres circonstances (changement du répéteur du satellite, changement du système de télévision, etc.).

## **Conclusions et recommandations**

### **Conclusions**

On peut résumer comme suit les conclusions générales que nous tirons de notre expérience des communications par satellite pour le programme d'agglomérations du Groenland:

- 1 Il est possible de concevoir et de construire une station terrienne à satellite bon marché, conforme aux normes internationales et à même de fonctionner avec les satellites géostationnaires en orbite existants.
- 2 Si l'on associe l'équipement de différents fournisseurs et si l'utilisateur prend en charge la responsabilité globale du système, le prix de la station terrienne peut être de 33 à 50% inférieur au prix d'un système clé en main.
- 3 Abandonner la notion de redondance d'une station n'a pas d'incidence notable sur la disponibilité globale de la station terrienne.
- 4 Il est essentiel de disposer d'un système de télésurveillance et de télécommande qui fonctionne bien pour exploiter correctement la station si les visites de techniciens de la maintenance sont réduites au minimum.
- 5 Le coût de revient par minute d'un circuit de la station via un répéteur du faisceau mondial d'INTELSAT peut être maintenu à 16 cents EU, toutes dépenses comprises, réseau d'abonnés inclus.

### **Recommandations**

D'après notre expérience, nous pouvons recommander aux exploitants de pays, dont les moyens de communications avec des zones rurales sont insuffisants, ce qui suit:

- 1 Définir les besoins en trafic en fonction des villes ou des zones dans lesquelles les systèmes de communication doivent être mis en place.
  - 2 Déterminer un système à satellite adapté à l'exploitation qui sera faite. Ne pas utiliser un satellite sur orbite inclinée.
  - 3 Déterminer le type de station terrienne à satellite pouvant donner le meilleur compromis entre la puissance du répéteur et la largeur de bande afin d'obtenir la solution économique la plus favorable.
  - 4 Se conformer aux normes internationales de manière à ce que la station soit compatible avec les réseaux existants et à limiter la dépendance de l'exploitant à l'égard des fournisseurs d'équipement.
  - 5 Relier les stations terriennes à un système de télésurveillance et de télécommande informatisé.
  - 6 La redondance pour la station terrienne n'est pas nécessaire. Constituer un stock de pièces détachées centralisé.
-