

EVALUATION ● EDUCATION

L'utilisation de systèmes de satellite en
éducation au Canada:
Étude des coûts de deux réseaux et
enquête préliminaire sur les besoins.

Tome 1

Étude des coûts de deux réseaux

LES IMPLICATIONS DES EXPERIENCES EDUCATIVES REALISEES
SUR LE SATELLITE TECHNOLOGIQUE DE TELECOMMUNICATIONS

John S. Daniel - Chercheur principal

L'UTILISATION DE SYSTEMES DE SATELLITE EN EDUCATION AU CANADA:
ETUDE DES COUTS DE DEUX RESEAUX ET ENQUETE PRELIMINAIRE SUR LES BESOINS

TOME 1

ETUDE DES COUTS DE DEUX RESEAUX

Par

A.D.D. Miller et R.G. Lyons
Miller Communications Systems Limited, Kanata, Ont.

J. S. Daniel
Télé-université, Ste-Foy, Québec

D.A. George
Carleton University, Ottawa, Ontario

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
RESUME	1
1. BUT ET CONTEXTE DE L'ETUDE	5
1.1 Les communications en éducation	5
1.2 Historique de l'utilisation des systèmes de satellite au Canada	6
1.3 Utilisation possible des satellites pour des systèmes éducatifs	9
2. PORTEE DE L'ETUDE	12
3. DESCRIPTION DE DEUX RESEAUX EDUCATIFS HYPOTHETIQUES	14
3.1 Système universitaire canadien pour échanges de satellite (SUCES)	14
3.1.1 Topologie du réseau SUCES	14
3.1.2 L'utilisation du réseau	14
3.1.3 Gestion du réseau	16
3.2 Réseau éducatif régional (RER)	16
3.2.1 Introduction	16
3.2.2 La topologie du réseau	17
3.2.3 Utilisation des canaux sur le satellite	18
3.2.4 Centre de contrôle du réseau	18
4. FACTEURS INCLUENCANT LE COUT D'UN SYSTEME DE SATELLITE POUR LE RESEAU SUCES	20
4.1 Introduction	20
4.2 4/6 GHz vs 12/14 GHz	21
4.2.1 Aspects fondamentaux des satellites Anik A, Anik C et Hermès	21
4.2.2 La différence de couverture entre les systèmes 4/6 GHz et le système 12/14 GHz	23
4.2.3 Exigences fondamentales pour les terminaux terrestres	23

	<u>Page</u>
4.2.4 Localisation des terminaux	23
4.2.5 Résumé	24
4.3 Utilisation du satellite	25
4.3.1 Le coût de location des transpondeurs	25
4.3.2 Relation entre le coût et la qualité du signal TV	25
4.3.3 Utilisation du surplus de capacité à un coût moindre	26
4.3.4 Utilisation des signaux vidéo multiplexés	26
4.3.5 Utilisation des techniques digitales de transmission	27
4.3.6 Résumé	28
4.4 Exigences opérationnelles pour les terminaux terrestres	28
4.4.1 Emplacement	28
4.4.2 Besoins en puissance électrique	29
4.4.3 Maintenance	29
4.4.4 Contrôle des opérations	29
5. FACTEURS INFLUENCANT LE COUT D'UN SYSTEME DE SATELLITE POUR LE RESEAU RER	30
5.1 Introduction	30
5.2 4/6 GHz vs 12/14 GHz	30
5.2.1 Couverture offerte par les satellites 4/6 GHz et de 12/14 GHz	30
5.2.2 Emplacement	31
5.3 Utilisation du satellite	31
5.3.1 Méthode d'accès	31
5.3.2 Résumé	32
6. SYSTEME DE SATELLITE POUR LE RESEAU SUCES	33
6.1 Besoins des utilisateurs	33
6.2 Centre de contrôle du système (CCS)	33
6.3 Les stations terrestres émettrices	35
6.4 Terminal terrestre pour réception TV	36
6.5 Utilisation du satellite	36
6.6 Résumé	37

	<u>Page</u>
7. SYSTEME DE SATELLITE POUR LE RESEAU RER	38
7.1 Le réseau RER - besoins des utilisateurs	38
7.2 Le centre de contrôle du système - RER	39
7.3 Stations d'enseignement	39
7.4 Station d'apprentissage	40
7.5 Commutation et signalisation dans le réseau	40
7.6 Résumé	40
8. COÛTS DE SYSTEME POUR LE RESEAU SUCES	41
8.1 Introduction	41
8.2 Coûts de la composante spatiale	41
8.3 Coûts de la composante terrestre du système de satellite	41
8.3.1 Coût des stations émettrices (stations d'enseignement)	41
8.3.2 Coût des stations réceptrices (stations d'apprentissage)	43
8.3.3 Coûts supplémentaires du centre de contrôle du système	44
8.3.4 Equipement audio/vidéo	44
8.3.5 Coûts d'opération et de maintenance du système (centre de contrôle du système)	45
8.3.6 Coûts de l'enseignement	47
8.3.7 Résumé	47
9. COÛTS DE SYSTEME POUR LE RESEAU RER	49
9.1 Introduction	49
9.2 Coûts de la composante spatiale	49
9.3 Coûts de la composante terrestre	50
9.3.1 Coût des stations d'enseignement (stations émettrices)	50
9.3.2 Coût des stations d'apprentissage (stations réceptrices)	51
9.3.3 Coûts supplémentaires du centre de contrôle du système	52
9.3.4 Equipement audio	52
9.3.5 Coûts d'opération et de maintenance	52
9.3.6 Résumé	53

Page

ANNEXE A: COUTS D'INFRASTRUCTURE POUR LE RESEAU SUCES (Voir version anglaise, Appendix A)	A1
ANNEXE B: COUTS D'INFRASTRUCTURE POUR LE RESEAU RER (Voir version anglaise, Appendix B)	B1

RESUME

Introduction

Au Canada, le développement des applications de la technologie audio-visuelle dans le domaine de l'éducation a été plutôt lent. Les expériences sur le satellite STT, qui continuent, ont démontré le potentiel d'un système de communications avancé pour offrir des services éducatifs par des moyens audio-visuels à des localités dispersées. Le satellite a suscité un intérêt pour les systèmes de formation à distance et a fourni à plusieurs institutions éducatives l'occasion de faire des expériences et de mieux comprendre à la fois le processus et les méthodes de l'apprentissage à distance. Ce projet a permis aussi à des chercheurs de diverses institutions de se rencontrer pour partager leurs connaissances et leurs problèmes.

Nous considérons que cette recherche est dorénavant suffisamment avancée pour que l'on puisse considérer les possibilités de réalisation de systèmes de satellite opérationnels pour augmenter l'accessibilité de l'éducation sur des bases nationales et régionales.

C'est dans ce contexte que nous avons imaginé deux réseaux hypothétiques dont nous avons fait l'analyse des coûts afin de fournir aux utilisateurs potentiels une meilleure compréhension des facteurs dont il faut tenir compte dans la conception et la planification de réseaux opérationnels.

Les deux réseaux que nous avons étudiés supposent l'utilisation des systèmes de satellite opérés par Telesat Canada.

Le développement des systèmes de satellite au Canada

Contrairement à la technologie audio-visuelle, la technologie des satellites a connu un développement rapide au Canada et semble destiné à

jouer un rôle de plus en plus important dans notre réseau national de communications ainsi que dans nos communications avec le reste du monde.

A l'heure actuelle, le Canada a en orbite trois satellites opérationnels commerciaux fournissant des services de télécommunications à l'échelle nationale. Un quatrième satellite sera lancé vers la fin de l'année 1978 et trois autres satellites seront achetés cette année.

Chacun des satellites présentement en orbite (Anik 1, 2 et 3) a 12 canaux, chacun correspondant à un ou deux canaux de télévision où plusieurs centaines de canaux de voix. Les nouveaux satellites auront jusqu'à 16 canaux semblables dans une bande de fréquences nouvelle. Ainsi, on projette de créer un système nouveau de communications par satellite d'ici 1980. Ce système sera intégré au réseau national de télécommunications. On peut donc prévoir que nous aurons au Canada d'ici 1980 un surplus considérable de capacité de communications en espace. Cette capacité excédentaire crée la possibilité d'établir de nouveaux services qui pourraient être utiles à un plus grand nombre de Canadiens. La télé-éducation pourrait faire partie de ces nouveaux services.

Il faut se rappeler que les systèmes de satellite nécessitent un investissement considérable et que pour avoir accès à ces systèmes il faut passer par les propriétaires et les compagnies de téléphone. Ces compagnies s'attendent à réaliser des profits sur leur investissement. Il est donc essentiel que tout projet visant à se servir de la technologie des satellites respecte le besoin des opérateurs de systèmes de télécommunications de réaliser des profits sur leur investissement.

Il convient de noter aussi que les compagnies de télécommunications - comme toute entreprise saine - cherchent à optimiser leurs gains et donc

n'offrent pas automatiquement à l'utilisateur le service qui sera le plus rentable pour lui. C'est à l'utilisateur de définir et de spécifier clairement ses besoins.

Système universitaire canadien pour échanges par satellite (SUCES)

Le premier système hypothétique que nous avons imaginé, le réseau SUCES, permet d'émettre en vidéo et en audio de chacune de dix universités canadiennes pour réception par les neuf autres universités et 20 autres localités de réception. La possibilité d'un retour audio existe à tous les sites permettant ainsi un environnement d'apprentissage interactif. Pour réaliser le système, il y aurait des terminaux terrestres à chaque campus et ces terminaux seraient reliés à une salle de cours équipée avec un matériel audio-visuel approprié.

Le système présente une grande flexibilité permettant l'addition de canaux supplémentaires, la possibilité de transmettre des notes de cours, des références bibliographiques et de livrer d'autres documents audio ou visuels pendant les périodes creuses. Ces sites pourraient aussi jouer un rôle important dans le réseau éducatif régional (RER) que nous décrivons plus loin.

Nous calculons que le coût annuel pour créer un tel système desservant 30 localités et pour louer les canaux de télécommunications est de l'ordre de \$3,500,000 excluant le coût de l'équipement audio-visuel qui sera fonction des choix et des besoins des universités participantes. On peut donc parler d'un coût moyen provincial d'environ \$350,000 pour ce système éducatif de satellite.

Réseau éducatif régional (RER)

Le réseau RER est conçu comme un système régional ou provincial fondé sur de l'audio interactif. Pour pouvoir travailler avec un modèle réaliste,

nous avons imaginé la réalisation d'un tel réseau dans le cas concret du Québec et nous avons supposé un réseau desservant quelque 200 localités. Ce système ressemble au réseau téléphonique éducatif qui existe à l'Etat du Wisconsin. Dans cet état, dont la population est d'environ 5 millions, quelque 30,000 étudiants suivent des cours chaque année par le biais de ce réseau.

Pour ce modèle, le coût annuel par site se chiffre à un peu plus de \$11,000. La location du terminal terrestre représente la majeure partie de ce montant.

Conclusion

Cette étude analyse les méthodes et les coûts de réalisation de systèmes éducatifs fondés sur les satellites existants ou à venir. Elle propose des modèles de systèmes opérationnels et identifie les coûts qui y sont associés.

En faisant cette étude, les auteurs n'ont pas sous-estimé les difficultés de création de tels réseaux. C'est un fait que le système opérationnel est organisé en fonction des problèmes techniques plutôt qu'en fonction des besoins et des problèmes de l'utilisateur.

Si jamais de pareils réseaux voient le jour, ce sera à cause des efforts et des pressions des utilisateurs, c'est-à-dire les institutions et les personnes qui constituent le secteur de l'éducation au Canada, plutôt qu'à cause d'initiatives venant des compagnies de télécommunications. En effet, au Canada, ces compagnies n'ont pas grand intérêt à développer et à offrir de nouveaux services à l'utilisateur. C'est donc dire que l'utilisateur devra identifier ses besoins, concevoir son propre système et faire pression sur les compagnies pour qu'elles répondent à ces besoins.

Nous croyons que la présente étude examine la plupart des problèmes associés à la réalisation d'un système de satellite pour des fins éducatives.

Nous espérons que l'étude aidera les utilisateurs à comprendre les systèmes de satellite, ce qui leur permettra de mieux identifier les besoins réels.

1. BUT ET CONTEXTE DE L'ETUDE

1.1 Les communications en éducation

Le rôle, dans le domaine de l'éducation, de la technologie audiovisuelle et de celui des communications, a toujours suscité de la controverse et des attentes considérables. Toutefois, les résultats ont souvent été plutôt décevants. Il semble que même l'introduction à l'université de la presse à imprimer ne s'est pas fait sans heurts. Bien entendu, la technologie de l'imprimerie est très bien assimilée aujourd'hui, mais le rôle du tableau noir demeure très important. Bref, l'éducation est fondée principalement sur des technologies de longue date.

Toutefois, les nouvelles technologies continuent à susciter des attentes considérables. D'après Thomas Edison, par exemple, son invention du film devait avoir son application la plus importante en éducation. Plus récemment, certains ont vu dans la télévision la panacée pour les problèmes de l'éducation, mais malgré des dépenses considérables on ne peut dire que ces attentes ont été réalisées.

Cependant, en dépit des déceptions, l'utilisation des média en éducation croît d'année en année. La notion de l'éducation permanente continue à faire son chemin et on a tendance à voir les média éducatifs comme la base technologique de la formation à distance. Certains systèmes, tels que le "TV College" de Chicago, existe depuis la fin des années '50, d'autres sont des innovations plus récentes. Encore là, on peut identifier des échecs mais il y a eu également des succès. Les deux

systemes que nous analysons dans cette étude sont inspirés par deux exemples de réussite: le réseau téléphonique éducatif de l'Université du Wisconsin-Extension, et le système de télévision éducatif à l'Université Stanford en Californie. Dans les deux cas, la technologie des communications est utilisée afin d'éliminer les déplacements vers le campus où les cours se donnent. L'éducation est "livrée" à l'étudiant là où il se trouve, et il peut communiquer avec le professeur et avec les autres étudiants par le biais du système de communication.

Quoique moins satisfaisants à plusieurs égards que la présence physique avec le professeur dans la salle de classe, de pareils systèmes peuvent bien fonctionner. Si l'alternative est de ne pas pouvoir suivre le cours, la formation à distance peut susciter de l'enthousiasme chez les étudiants.

Le Canada est une confédération dans laquelle les circonstances géographiques et culturelles ont donné une importance toute particulière aux communications. Toutefois, aussi bizarre que cela puisse paraître, nous n'avons pas été très actifs dans l'application des communications en éducation. D'une part, le Canada est un leader mondial dans la technologie des communications, d'autre part, l'application de cette technologie en éducation est quasiment inexistante.

Cette étude examine les coûts associés à l'application en éducation de nos systèmes de communications les plus nouveaux, c'est-à-dire les satellites de communications.

1.2 Historique de l'utilisation des systèmes de satellite au Canada

Le lancement du satellite Anik 1 en novembre 1972 a marqué le début de nouveaux systèmes de communications canadiens. Les utilisateurs

attendaient avec impatience des services nouveaux et améliorés dans des régions mal desservies.

Dans un laps de temps extrêmement court entre la législation créant Telesat Canada (septembre '69) et le début de 1973, un nouveau système national de télécommunications avait été créé pour fournir la télévision, la radio et le service téléphonique à une trentaine de localités avant la fin de 1974.

Aujourd'hui les trois satellites Anik qui sont en orbite desservent quelque 60 localités au Canada avec des services d'une très haute qualité technique. Toutefois, le nombre d'utilisateurs demeure restreint, un facteur qui est à la fois une cause et un résultat de la non-rentabilité commerciale du système.

Des 36 canaux en orbite, seulement neuf sont effectivement utilisés. A la suite des critiques soulevées par la sous-utilisation de cette ressource, une meilleure utilisation du système est devenue une préoccupation majeure. La sous-utilisation des satellites résulte du coût relativement élevé des services par satellite qui est fonction de la technologie elle-même. Ces coûts sont fondés sur le besoin de réaliser des profits raisonnables sur l'investissement - une exigence de la loi créant Telesat Canada.

Plus récemment, puisqu'il ne semble pas possible de réaliser des profits raisonnables avec les arrangements institutionnels existants, Telesat Canada et le réseau téléphonique transcanadien ont signé un accord visant à intégrer le système de satellite dans le réseau national de communications et à assurer à Telesat des profits raisonnables sur son investissement. Cet accord est sujet à l'approbation

du CRTC et des audiences publiques sont prévues pour avril '77.

Un aspect important de l'accord est la conception, la construction et la réalisation d'un système de satellite tout nouveau opérant dans une bande de fréquences semblable à celle du satellite Hermès (12/14 GHz) mais à un niveau de puissance moindre.

Les projets actuels prévoient que ce nouveau système de satellite absorbera une proportion importante du trafic de voix transcanadien et fournira également des services aux radiodiffuseurs et aux cablo-distributeurs, etc.

Donc, en 1980, nous aurons en orbite deux systèmes de satellite opérationnels.

Les problèmes reliés à l'utilisation efficace de cette ressource nationale supplémentaire (dont la facture sera payée par le consommateur canadien) sont énormes. L'accord Telesat/RTT n'est pas une panacée pour un système de télécommunications techniquement intéressant mais en difficulté financière. La seule solution est de trouver des services utiles que le système pourrait fournir. Parmi ces services, il peut y avoir des systèmes éducatifs.

Les lois normales de l'offre et de la demande ne sont pas applicables dans un système appartenant conjointement au gouvernement fédéral et aux entreprises de télécommunications qui sont soumises à la réglementation fédérale. Si ces lois étaient applicables l'on verrait la banqueroute du système plutôt que son extension.

Le système étant maintenant soutenu par les compagnies de téléphone, cette situation de surplus de capacité fournit une occasion remarquable

pour développer de nouveaux services fondés sur des tarifs qui sont fonction du coût et de l'utilisation du système. C'est donc une occasion unique pour l'innovation et une occasion unique pour le système éducatif canadien.

Les compagnies de téléphone représentent l'industrie la plus réussie au Canada. Maintenant que le système de satellite fait partie de ce réseau, nous pouvons nous attendre à des tentatives énergiques pour se servir du réseau pour fournir de nouveaux services aux utilisateurs.

Toutefois, la tradition des compagnies de téléphone n'est pas de développer de nouveaux services mais de faire face à la demande. Elles répondent à des demandes nouvelles si on peut démontrer la rentabilité du service demandé.

Voilà le défi auquel les utilisateurs doivent faire face!

1.3 Utilisation possible des satellites pour des systèmes éducatifs

Dans plusieurs pays, et notamment en Inde et aux Etats-Unis, des expériences ont été réalisées pour utiliser des satellites pour augmenter l'accès à l'éducation et aux services médicaux.

Depuis un an, plusieurs expérimentateurs canadiens se sont servis du satellite Hermès pour faire des expériences dans les domaines de la télé-éducation et de la télé-médecine.

Lors d'une réunion de ces expérimentateurs tenue à Ottawa au début de mars 1977, l'on a constaté la valeur de l'expérience acquise et l'enthousiasme que les projets ont généré.

Dans le domaine de l'éducation, les satellites ont plusieurs avantages sur les autres systèmes de transmission surtout quand il s'agit de transmettre du vidéo.

Parmi ces avantages, on peut noter:

- a) la principale composante du système, les satellites, est déjà en place et a un surplus de capacité;
- b) pour ajouter une nouvelle localité au réseau, il suffit d'ajouter une seule pièce d'équipement, le terminal terrestre;
- c) l'implantation du système peut se faire dans un temps très court. En moins d'un an, on pourrait installer un grand système éducatif national ou provincial;
- d) la capacité particulière qu'ont les satellites pour la diffusion est mieux adaptée aux applications éducatives que le système point à point;
- e) il est plus facile de réaliser un système fiable car la perte d'une station n'a pas d'effets sur l'ensemble du réseau;
- f) avec un système de satellite on peut fournir une qualité supérieure à celle du système téléphonique, ce qui augmente la qualité de l'enseignement.

Lorsqu'il s'agit de transmettre du vidéo à l'échelle nationale, les satellites constituent le moyen le plus avantageux.

Dans le cas d'un système de voix, il est probable que le réseau téléphonique peut être utilisé à un coût moindre, surtout dans une province qui possède son propre système téléphonique. Toutefois, cette hypothèse n'est pas encore vérifiée.

Lorsqu'on examine la possibilité d'utiliser les satellites pour fournir des services éducatifs à des petites municipalités, il est important de se rappeler que le système peut permettre d'introduire d'autres services. Par exemple, une fois en place le terminal terrestre, il est facile d'ajouter un canal de télévision.

Cependant, il y a des facteurs qui rendent difficile l'accès à des systèmes de satellite aux utilisateurs éducatifs et à d'autres petits utilisateurs. Le premier problème est le coût du système et le deuxième est relié aux arrangements institutionnels associés aux services par satellite.

Cette étude examine les coûts de deux réseaux pouvant être utilisés pour des fins éducatives.

Nous sommes conscients que plusieurs problèmes importants ne sont pas abordés dans cette étude. C'est ainsi que nous n'examinons pas les arrangements institutionnels nécessaires pour assurer la conceptualisation, la planification, la réalisation et l'administration du réseau.

Il est clair que les satellites pourraient enrichir notre système éducatif. Il s'agit de déterminer s'il existe une demande pour un tel système et ensuite de concevoir un système répondant spécifiquement aux exigences exprimées.

Nous espérons que la présente étude suscitera de l'intérêt et aidera les utilisateurs potentiels à prendre les décisions nécessaires.

2. PORTEE DE L'ETUDE

Le contexte décrit au chapitre 1 nous a amené à faire cette étude préliminaire sur les coûts possibles de systèmes de satellite en éducation. Nous avons envisagé deux types de réseau hypothétiques;

SUCES: un système national reliant un petit nombre d'universités et de centres de réception pour des transmissions en vidéo avec un retour audio interactif.

RER : un système régional d'audio interactif reliant un assez grand nombre de localités.

Dans cette étude, nous examinons l'ensemble des coûts associés à la réalisation et l'opération de tels systèmes, c'est-à-dire:

- le génie de systèmes et l'administration;
- la location de capacité sur le satellite;
- la location des terminaux terrestres;
- les coûts institutionnels;
- l'opération et la maintenance du système et des terminaux.

Même si l'étude ne vise pas la conception détaillée des systèmes, nous analysons les facteurs techniques ayant une incidence direct sur le coût tel que:

- le choix entre les bandes de fréquence 4/6 GHz et 12/14 GHz;
- l'utilisation des transpondeurs;
- la taille des terminaux terrestres;
- la qualité des signaux vidéo;
- le partage des responsabilités entre la compagnie de télécommunications et l'utilisateur en ce qui concerne la réalisation et l'opération du système;
- la philosophie des opérations et la maintenance.

Dans la mesure du possible, et en ce qui concerne la topologie précise des deux réseaux, nous avons fait l'analyse la plus générale possible.

Toutefois, afin de travailler avec un modèle réaliste et surtout pour établir les coûts globaux, il a été nécessaire occasionnellement de faire des hypothèses relatives au nombre approximatif de terminaux, la superficie couverte, les types de communication, etc. Mais, à partir des coûts unitaires fournis dans le texte, le lecteur peut calculer les coûts associés à des réseaux différents.

Nous n'examinons que de façon générale les compromis à faire lors de la conception détaillée du réseau de satellite le plus approprié. Nous avons essayé d'établir les coûts minimaux pour un système qui répondrait aux besoins des utilisateurs tels que nous les percevons. Nous tenons à souligner que dans la réalisation d'un système rentable, il faut porter une attention toute particulière à l'utilisation efficace de la composante satellite (les transpondeurs et les terminaux terrestres). Pour ce faire, il faut que la conception globale du système soit fondée sur une compréhension à la fois des besoins éducatifs et des facteurs de coûts dans le système de satellite. C'est dire que l'utilisateur doit être associé à la planification, au développement et à l'opération du système.

3. DESCRIPTION DE DEUX RESEAUX EDUCATIFS HYPOTHETIQUES

3.1 Système universitaire canadien pour échanges de satellite (SUCES)

3.1.1 Topologie du réseau SUCES

Le réseau analysé permettra la transmission de cours en audio et en vidéo de chacun d'environ 10 localités aux autres et à environ 20 autres localités qui ne font que recevoir les cours. Toutefois, chaque localité pouvant recevoir les signaux audio et vidéo disposera d'un retour audio interactif par satellite.

Les stations émettrices seront des universitaires ayant une salle de cours (ou des salles de cours) équipée avec les caméras, microphones et haut-parleurs nécessaires pour que les questions des stations réceptrices puissent être entendues à la station émettrice. L'on suppose qu'il y aura également des étudiants à la salle de cours de la station émettrice et ces étudiants disposeront aussi de microphones afin de permettre l'interaction avec le professeur et les autres localités.

Les stations réceptrices seront surtout des universités ou des collèges quoique on puisse imaginer que d'autres institutions installeraient une station réceptrice, si le nombre d'étudiants était suffisant. Les salles de cours réceptrices seront équipées avec des moniteurs de télévision, des microphones et des haut-parleurs (ou écouteurs).

3.1.2 L'utilisation du réseau

Une étude préliminaire de rentabilité relative à un système pour desservir 10 localités émettrices et un autre 20 localités réceptrices indique qu'un système comportant deux canaux vidéo simultanés et plusieurs signaux audio constitue un compromis

raisonnable entre la demande anticipée et une utilisation efficace de la composante spatiale. C'est au moins un point de départ pour la conception du système.

Une telle configuration permettra la transmission de deux cours simultanés ayant comme origine 2 des 10 localités émettrices ou permettra un échange vidéo interactif bidirectionnel entre 2 localités, les signaux vidéo étant reçus également aux autres localités.

Dans un tel contexte, il serait alors utile de fournir des récepteurs supplémentaires aux stations désireuses de recevoir deux cours simultanément.

Il serait également possible de faire du télé-enseignement audio de chacun des 30 localités, puisque toutes les localités sont équipées pour émettre et recevoir l'audio.

Il convient de noter dans tout ce contexte que les stations réceptrices pourraient ainsi devenir des stations émettrices dans un système audio régional.

Soulignons aussi qu'un système audio bidirectionnel permet également la transmission de documents, de notes de cours, de références bibliographiques, etc., par le biais de bélinographes ou autres équipements. Cette documentation qui serait transmise pendant les périodes où il n'y a pas de cours sur le réseau augmenterait la rentabilité du système. On peut donc envisager le développement d'un réseau complexe.

3.1.3 Gestion du réseau

La complexité du système SUCES nécessiterait un centre de contrôle pour gérer le réseau. Ce centre pourrait être localisé à une université participant à un grand nombre de programmes.

3.2 Réseau éducatif régional (RER)

3.2.1 Introduction

On peut concevoir le réseau éducatif régional comme un système avec quelque 200 localités. Pour se donner un modèle réaliste, nous nous sommes servis de l'exemple du Québec. Une étude préliminaire a démontré qu'il est possible de placer environ 200 terminaux pour que 98% de la population du Québec ne soit à pas plus de 25 milles d'une station.

La conception d'un système de satellite desservant 200 terminaux demande une analyse approfondie qui dépasse la portée de cette étude. Selon une première analyse, il n'est pas sûr que le coût d'un tel système serait concurrentiel avec un réseau téléphonique éducatif tel que celui de l'Université du Wisconsin. Il convient de noter qu'à l'Etat du Wisconsin, dont la population est inférieure à 5 millions, quelque 30,000 étudiants suivent des cours par le biais du réseau téléphonique éducatif chaque année. Toutefois, le satellite offre d'autres avantages tels que la possibilité d'introduire d'autres services, une meilleure qualité sonore, des délais courts d'implantation, une grande flexibilité dans la planification, etc. C'est pour cette raison que nous avons décidé d'analyser les coûts dans un système où les cours sont livrés exclusivement par satellite.

Il est possible qu'une étude plus poussée favoriserait, du point de vue économique, un réseau mixte faisant appel à la fois au satellite et au réseau téléphonique terrestre.

3.2.2 La topologie du réseau

Des 200 stations dans le réseau proposé, nous supposons qu'environ 10 localités seront équipées avec deux canaux audio afin de permettre l'émission de deux cours simultanément. On pourrait donc imaginer un maximum de 20 canaux d'émission acheminés par satellite jusqu'à n'importe lequel des 199 localités réceptrices et un nombre de canaux partagés égal au nombre de cours.

On pourrait penser qu'une localité donnée pourrait avoir besoin de jusqu'à trois parmi les 20 cours disponibles simultanément. En plus, il faudra prévoir la transmission de notes de cours, de références bibliographiques, etc. On pourra donc envisager de fournir jusqu'à quatre canaux récepteurs pour chaque station réceptrice.

Afin d'éliminer le besoin d'avoir plusieurs salles de cours au centre d'apprentissage local, il conviendrait possiblement de se servir d'écouteurs afin de permettre l'offre de plusieurs cours dans une seule salle.

Les dix stations émettrices auraient des terminaux terrestres plus grands afin de minimiser la puissance d'émission des stations réceptrices. Cette procédure diminue le coût total du système, mais empêche la communication directe entre deux des stations réceptrices.

3.2.3 Utilisation des canaux sur le satellite

Aux périodes d'utilisation maximales, le système que nous avons décrit impliquerait quelque 40 canaux. Ceci représenterait vraisemblablement 10% de la capacité d'un transpondeur dans le satellite Anik C dans la bande de fréquences 12/14 GHz. Cependant, il pourrait s'avérer plus rentable d'utiliser une plus grande capacité sur le satellite afin de pouvoir diminuer le coût des terminaux terrestres.

3.2.4 Centre de contrôle du réseau

Avec 40 canaux de voix (20 cours), en opération simultanément, il y aura besoin d'un centre de contrôle du réseau. Ce centre aurait une structure semblable au centre de contrôle du réseau SUCES avec des responsabilités semblables.

Toutefois, le centre de contrôle du réseau RER aurait à gérer un plus grand nombre de cours et un réseau plus étendu. Il s'agirait de s'assurer que des cours émis simultanément à partir de diverses localités sont transmis aux fréquences désignées, et que les stations réceptrices syntonisent les bons canaux pour la réception et pour le retour audio.

Ce contrôle pourrait s'effectuer automatiquement à partir du centre de contrôle du réseau en faisant appel à un système de contrôle automatisé relié par satellite à chacun des terminaux du réseau. Une autre possibilité sera d'effectuer le contrôle de la transmission à partir du centre de contrôle, laissant à chaque station réceptrice de syntoniser manuellement l'un ou plusieurs des cours sur des fréquences annoncées. En plus de diminuer possiblement les coûts, cette approche serait peut-être préférable si l'on se

servait du réseau en même temps pour la diffusion de plusieurs canaux de musique, d'informations universitaires, etc. pendant les périodes creuses. On pourrait également imaginer un centre de contrôle encore plus complexe s'occupant aussi des canaux de retour.

4. FACTEURS INFLUENCANT LE COUT D'UN SYSTEME DE SATELLITE POUR LE RESEAU SUCES

4.1 Introduction

En 1981, nous aurons au Canada deux systèmes commerciaux de satellite en opération, le système actuel avec trois satellites Anik en orbite desservant quelque 60 localités, et les nouveaux services proposés sur les satellites Anik C. Le premier des satellites Anik C sera lancé en 1980 en autant que le CRTC donne son approbation à l'accord entre Telesat et le Réseau téléphonique transcanadien (RTT).

On peut résumer ainsi les caractéristiques techniques des satellites Anik actuels:

- opération dans la bande de fréquences 4/6 GHz;
- transpondeurs multiples (12);
- faisceau permettant de couvrir l'ensemble du Canada.

Les caractéristiques techniques de la série Anik C proposée sont les suivantes:

- opération dans la bande de fréquences 12/14 GHz;
- transpondeurs multiples (16)*;
- faisceaux n'ayant qu'une couverture régionale (4 faisceaux)*.

Dans la conception du réseau SUCES nous avons donc le choix entre deux systèmes de satellite. Cette partie de l'étude examine cette question en terme de l'utilisation des satellites eux-mêmes et des exigences opérationnelles des terminaux terrestres.

* Mis à part quelques commentaires brefs dans l'accord Telesat/RTT soumis au CRTC, aucune information n'a été rendue publique relative aux paramètres techniques ou à la configuration de cette série de satellites.

4.2 4/6 GHz vs 12/14 GHz

4.2.1 Aspects fondamentaux des satellites Anik A, Anik C et Hermès.

Avant de faire un choix de satellites pour le réseau SUCES, il est important de comprendre la différence fondamentale entre les satellites Anik (la série existante et la série proposée) et le satellite Hermès (STT).

La plupart des différences viennent du fait que Hermès est un satellite expérimental alors que les séries Anik sont conçues pour un marché commercial important.

Le tableau 1 résume les caractéristiques fondamentales du satellite Hermès, de la série Anik A et de la série Anik C proposées.

TABEAU 1

	STT (HERMES)	ANIK A (Anik 1, 2 et 3)	ANIK C
Couverture du faisceau	2 faisceaux régionaux	L'ensemble du Canada	4 faisceaux régionaux
Nombre de transpondeurs	Deux	Douze	Seize
Bande de fréquence utilisée			
Liaison ascendante	14 GHz	6 GHz	14 GHz
Liaison descendante	12 GHz	4 GHz	12 GHz
Fusée requise pour le lancement	Thor Delta 2914	Thor Delta 2914	Thor Delta 3914 (et navette spatiale)
Durée de vie	2 ans	7 ans	> 7 ans
Terminaux terrestres			
Canal de voix unique	1 mètre	12 pieds	Inconnu
Réception de TV	2 mètres	12 pieds	Inconnu
Coordination des fréquences	Simple	Complexe dans les régions urbaines	Simple
Technologie	Avancée et encore coûteuse	Courante et disponible	Atteindra bientôt le niveau opérationnel

4.2.2 La différence de couverture entre les systèmes 4/6 GHz et le système 12/14 GHz

Pour un réseau national, la couverture est un critère important dans le choix du système de satellite. Dans ce domaine, les satellites Anik 4/6 GHz sont nettement plus intéressants pour le réseau SUCES, puisqu'ils permettent de rejoindre toutes les régions du Canada avec un seul (ou même une fraction de) transpondeur, comparativement au satellite 12/14 GHz qui exige l'utilisation de quatre transpondeurs pour effectuer la même couverture. A toute fin pratique ce fait élimine les satellites 12/14 GHz comme solution pour le réseau SUCES, si l'on suppose que la structure tarifaire serait fondée sur l'utilisation des transpondeurs plutôt que sur le service fourni.

4.2.3 Exigences fondamentales pour les terminaux terrestres

Quel que soit le choix de satellites pour le réseau SUCES, les exigences relatives à la taille et aux caractéristiques des terminaux terrestres sont analogues. On envisage dans la plupart des localités à la fois pour le système 4/6 GHz et pour le système 12/14 GHz une antenne de 4/5 m de diamètre. Il se pourrait toutefois que des antennes plus grandes seraient plus rentables aux localités émettrices.

L'équipement terrestre pour opération à 4/6 GHz est moins cher, plus fiable et plus facilement disponible à l'heure actuelle que l'équipement pour 12/14 GHz.

4.2.4 Localisation des terminaux

Les terminaux terrestres opérant à 4/6 GHz présentent un problème de localisation puisque la bande de fréquences employée est

partagée avec les signaux de radio terrestres. Il faut donc un travail de coordination à l'étape de la planification afin de s'assurer qu'il n'y a pas d'interférences électriques entre les signaux du satellite et le trafic radio terrestre.

Au début, il fallait situer la plupart des terminaux terrestres de 4/6 GHz à une distance considérable des régions qu'ils devaient desservir. Par exemple, un terminal qui dessert Toronto est situé à Allan Park à quelque 90 milles de la ville.

Cependant, grâce à l'expérience opérationnelle acquise durant les dernières années, des terminaux terrestres 4/6 GHz ont été localisés et utilisés sur une base temporaire dans des sites urbains dans les villes de Toronto, Montréal, Ottawa, Vancouver, Calgary, etc.

A l'heure actuelle, Telesat dispose d'un service pour l'émission et la réception de télévision en couleur entre Calgary et Allan Park pour étendre le réseau de téléconférences du RTT. Le terminal terrestre à Calgary a été installé sur le toit d'un édifice.

Des terminaux terrestres opérant à 4/6 GHz situés dans des campus universitaires auront besoin d'être placés avec soin. Mais il n'y a aucun doute qu'avec une coordination appropriée, la chose est possible.

4.2.5 Résumé

Pour le réseau SUCES, les avantages de la bande 4/6 GHz sont nettement plus grandes que l'unique désavantage, à savoir le besoin d'une coordination poussée au moment du choix des emplacements.

4.3 Utilisation du satellite

4.3.1 Le coût de location des transpondeurs

Sur les satellites Anik actuels, on peut louer un transpondeur complet à plein temps sur une base annuelle pour un coût d'environ \$2,000,000. A l'heure actuelle, Telesat ne loue que des transpondeurs complets et le nouvel accord Telesat/RTT prévoit que les compagnies de télécommunications seront les seuls locataires permis.

Toutefois, il se pourrait que lorsque Telesat devient membre du RTT, on adoptera la pratique normale des compagnies de téléphone en facturant en fonction de l'utilisation.

Donc, si la compagnie a besoin de revenus de \$2,000,000 pour lui assurer des bénéfices raisonnables, et si la demande des utilisateurs se chiffre à, par exemple, 20 heures par semaine pour 50 semaines, le coût de location des transpondeurs serait de \$2,000 par heure pour un transpondeur complet.

Il semble raisonnable de proposer que toute utilisation dépassant en 1,000 heures par année se ferait sans coûts additionnels.

4.3.2 Relation entre le coût et la qualité du signal TV

En raison des investissements et des coûts d'opération supérieurs associés à la couleur, nous envisageons le système SUCES comme un service TV monochrome. La qualité du signal reçue à chaque localité serait analogue à celle reçue habituellement par le câble. En supposant un système monochrome et des normes de

de transmission nettement inférieures à celles employées par les compagnies de télécommunications, il est possible de concevoir un système à faible coût dans lequel l'utilisation de la capacité sur le satellite est optimisée en permettant la transmission de deux signaux TV et plusieurs canaux de voix simultanément par un même transpondeur.

Ainsi, le réseau SUCES pourrait, soit utiliser la moitié d'un transpondeur (un canal de télévision et l'audio bidirectionnel), soit transmettre deux cours simultanément de deux endroits émetteurs différents, soit faire des transmissions bidirectionnelles en vidéo et en audio.

4.3.3 Utilisation du surplus de capacité à un coût moindre

Au paragraphe 13 (2)b de l'accord entre Telesat et le réseau téléphonique transcanadien fait le 31 décembre 1976, on indique que "lorsque la capacité de surchoix sera pleinement utilisée, de la capacité secondaire sans redondance en cas de pannes sera disponible à un taux qui tient compte des interruptions de services possibles".

Cette idée s'inspire du concept de facturation qui est en vigueur depuis quelques années dans le système Intelsat. Les taux d'Intelsat ont été rendus suffisamment attrayants pour qu'environ 15 pays se servent des satellites Intelsat pour les communications nationales faisant appel à $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ ou 1 transpondeur. On peut louer un transpondeur complet pour \$1,000,000.

4.3.4 Utilisation des signaux vidéo multiplexés

Il a été démontré* qu'il est possible de multiplexer au moins

* Expérience de la Commission de la fonction publique réalisée entre Ottawa et l'Université Memorial, Terre-Neuve, sur le satellite Hermès (STT).

4 signaux vidéo pour transmission sur un système avec une capacité d'un signal TV. Une technique pareille diminue d'un facteur de 4 les coûts de transmission, la qualité du vidéo étant aussi diminuée.

En réduisant d'un facteur de 4 le coût de la composante spatiale, on aura pour un signal TV le taux horaire suivant:

- a) \$250 par heure, si deux signaux sont transmis par un même transpondeur simultanément;
- b) \$500 par heure, s'il n'y a qu'un signal transmis par le transpondeur.

4.3.5 Utilisation des techniques digitales de transmission

Il est possible de transmettre des signaux TV en utilisant des techniques digitales de transmission qui ont pour effet d'enlever la redondance. De pareilles techniques ont été utilisées dans l'expérience Hermès Carleton/Stanford.

Il s'agit de traiter le signal électroniquement afin de réduire la capacité requise pour la transmission. La fidélité du vidéo n'est que légèrement diminuée, mais le matériel demeure dispendieux*. Cette technique, tout comme une augmentation de la taille de l'antenne, diminue le coût de la composante spatiale en augmentant les coûts d'équipement terrestre.

* Le Codec de télévision digitale utilisé dans l'expérience Carleton/Stanford coûte environ \$75,000 (pour un exemplaire) ou \$50,000 (en série). En plus, un modem à grande vitesse d'un coût de \$30,000 est nécessaire. Ces prix sont susceptibles de subir des baisses à l'avenir.

4.3.6 Résumé

A l'heure actuelle, la location des transpondeurs de satellite est limitée aux entreprises de télécommunications. Cette pratique n'a pas encouragé les utilisateurs potentiels à considérer les satellites comme un moyen possible pour fournir divers services. De plus, le surplus de capacité en orbite n'a pas encouragé ni les institutions, ni le gouvernement à chercher à utiliser les transpondeurs de façon rentable. Il existe des méthodes techniques simples pour augmenter l'efficacité d'utilisation des transpondeurs qui n'ont pas été mis en pratique. Il est clair que ce n'est que des pressions venant des utilisateurs qui créeront des tarifs plus intéressants, surtout dans la situation de capacité excédentaire qui va prévaloir pour les quelques années à venir.

4.4 Exigences opérationnelles pour les terminaux terrestres

4.4.1 Emplacement

Pour favoriser la rentabilité du système, les terminaux terrestres devraient être situés près du site de l'utilisateur. Ceci ne doit pas présenter des difficultés majeures autres que la réticence habituelle d'une compagnie de télécommunications de situer son équipement sur le terrain de l'utilisateur.

L'emplacement des terminaux sur le terrain de l'utilisateur présente les avantages suivants:

- disponibilité d'une source d'électricité;
- distance minimale entre le terminal et les salles de cours;
- utilisation possible des bâtiments existants;
- accès facile pour fins de maintenance.

L'installation du terminal près d'un bâtiment existant devrait aussi fournir une certaine protection supplémentaire contre des signaux interférants. Dans certains cas, les terminaux peuvent être situés sur le toit d'un édifice.

4.4.2 Besoins en puissance électrique

La consommation d'une station émettrice est inférieure à 3kVA. Les stations réceptrices peuvent être alimentées par une source monophasée standard.

4.4.3 Maintenance

Tous les terminaux du réseau seront conçus pour une opération sans opérateurs avec un haut degré de fiabilité. On peut prévoir deux visites routinières de vérification chaque année et pas plus qu'une ou deux visites de service. La maintenance du terminal pourrait être assurée par les techniciens de l'Université.

4.4.4 Contrôle des opérations

Le contrôle opérationnel du système devrait être effectué à partir d'un centre national qui serait soit situé dans une université, soit centralisé avec les autres services de la compagnie de télécommunications.

Si l'on choisit une université comme emplacement pour le centre de contrôle du système, alors le choix pourrait porter sur des facteurs tels que:

- le volume d'utilisation du système par l'université en question;
- l'infrastructure technique qu'elle possède;
- l'approximité au centre de maintenance et d'opération de la compagnie de télécommunications.

5. FACTEURS INFLUENCANT LE COUT D'UN SYSTEME DE SATELLITE POUR LE RESEAU RER

5.1 Introduction

Les compromis entre la composante spatiale et la composante terrestre dans un système audio comportant un grand nombre de terminaux, tels que le système RER, sont largement différents de ceux qui prévalent pour le réseau SUCES.

Du point de vue économique, la tendance naturelle est de réduire la taille des terminaux terrestres afin de diminuer le coût unitaire.

Le problème majeur dans ce domaine est celui de la protection des satellites voisins dans le même orbite à cause de l'utilisation de terminaux dont la petite ouverture donne lieu à de larges faisceaux. Il faut protéger les satellites de toutes les nations et il existe des normes techniques internationales à cet effet.

L'installation de terminaux de petites ouvertures soit pour la bande 4/6 GHz ou pour celle de 12/14 GHz soulève des questions auxquelles nous n'aurons pas de réponses avant quelques années, puisque des études sont en cours par plusieurs pays.

5.2 4/6 GHz vs 12/14 GHz

5.2.1 Couverture offerte par les satellites 4/6 GHz et de 12/14 GHz

Puisque le réseau RER est envisagé comme un réseau régional, la couverture disponible à partir des satellites existants et ceux qui sont proposés semble être adéquate à la fois à 4/6 GHz et à 12/14 GHz.

5.2.2 Emplacement

Dans le cas de 4/6 GHz, l'installation d'un grand nombre de petits terminaux (vg. 3 mètres) serait un projet difficile et coûteux. De plus, à la lumière des exigences de protection des orbites, il est peu probable qu'une telle proposition reçoive les approbations réglementaires nécessaires.

Il serait donc plus réaliste à ce stade d'imaginer l'utilisation de la bande 12/14 GHz pour le réseau RER.

Toutefois, si l'on pouvait installer des terminaux récepteurs seulement, en assurant le retour par le système téléphonique terrestre, on pourrait créer un système de distribution par satellite de façon très économique. Il semble cependant que si l'étudiant doit composer un numéro afin de poser des questions, la valeur interactive et donc l'efficacité du système serait sérieusement diminuée.

5.3. Utilisation du satellite

5.3.1 Méthode d'accès

Le système RER aura essentiellement un canal par utilisateur opérant surtout en mode de diffusion avec une capacité interactive.

Donc au niveau du satellite, il faut que la voix du professeur soit acheminée par un canal de diffusion de voix unique pour être reçue avec une qualité largement supérieure à celle disponible avec le réseau téléphonique terrestre. On suppose une qualité voisine de celle de la radiodiffusion.

Le canal de retour au professeur est conçu comme un canal à accès multiples sur une base premier venu, premier servi. Le signal de retour est transmis de la station réceptrice à la plus grande station émettrice et retransmis simultanément par cette dernière station à tous les autres terminaux et donc à tous les étudiants.

Il serait alors possible de concevoir le système afin d'optimiser l'utilisation du satellite en minimisant les exigences de puissance au niveau des terminaux récepteurs. Ceci réduirait le coût des terminaux.

Le coût de la composante spatiale dans le système RER ne sera pas significatif en comparaison avec le coût total des terminaux terrestres.

5.3.2 Résumé

Il est probable que la façon la plus efficace de réaliser le réseau RER soit par l'installation de terminaux terrestres de petite ouverture opérant dans la bande 12/14 GHz. Il faut faire remarquer cependant que, puisque cet équipement n'existe pas encore sur le marché, le coût des terminaux serait sans doute légèrement supérieur.

6. SYSTEME DE SATELLITE POUR LE RESEAU SUCES

6.1 Besoins des utilisateurs

L'exigence fondamentale est d'émettre à partir de quelque 10 universités canadiennes une image télévisuelle monochrome du professeur et de son environnement. Il serait alors possible de distribuer ce cours simultanément en temps réel aux 30 universités et autres institutions desservies par le réseau. Le système comportera aussi un système de voix multidirectionnel et la possibilité de transmission de documents.

Au niveau de la qualité, il faudra que la qualité du signal vidéo tel que reçu ne soit pas inférieure à l'image moyenne reçue dans un système de télévision par câble.

La qualité des signaux audio devrait être largement supérieure à celle du réseau téléphonique et voisine de la qualité de radio-diffusion.

L'aménagement et l'opération des caméras, moniteurs, microphones, haut-parleurs, etc. doivent permettre au professeur ou à son assistant de préparer l'équipement avant le cours.

Les terminaux terrestres seront conçus pour fonctionner sans opérateurs, un concept qui est déjà réalisé dans le système Telesat.

6.2 Centre de contrôle du système (CCS)

Le centre de contrôle du système aura comme responsabilité d'assurer l'opération quotidienne harmonieuse du système SUCES.

Le centre aura donc les responsabilités spécifiques suivantes:

- a) coordination des programmes à l'échelle nationale;
- b) utilisation du système et opération du réseau;
- c) conseiller tous les utilisateurs sur les opérations;
- d) développer des procédures de contrôle du système;
- e) identifier et corriger des problèmes d'opération.

Chaque université émettrice aurait un représentant en liaison avec le centre de contrôle du système afin d'assurer une coordination efficace du réseau. On pourrait s'attendre à ce que ce représentant soit un membre du personnel de l'université ayant participé à la planification et au développement du système.

Le centre de contrôle du système comporterait les équipements et le matériel suivants:

- a) un centre de télécommunications, probablement avec téléphone et télex;
- b) un panneau indicatif montrant l'état du réseau;
- c) les moyens d'opérer à distance les stations émettrices;
- d) un système de contrôle par ordinateur pour assurer le contrôle automatique du réseau et le stockage de l'information relatif aux programmes;
- e) un matériel audio et vidéo approprié;
- f) les moyens d'identifier des problèmes techniques dans le réseau.

Le centre de contrôle du système ne fera pas double emploi avec les services fournis par les compagnies de télécommunications. Sa tâche essentielle est de surveiller l'opération du réseau et d'opérer

un système efficace et fiable à la lumière des besoins des utilisateurs.

6.3 Les stations terrestres émettrices

Puisque le coût de location de tout terminal terrestre est fonction du coût d'achat du terminal, l'utilisateur averti doit concevoir un système qui répond à ses besoins avec un minimum d'équipements en location. Habituellement, le coût annuel de location d'un terminal terrestre se chiffre à environ 30 à 40% de son coût d'achat.

L'utilisateur prudent doit également faire une grande partie des préparatifs et fournir au moins les items suivants afin de réduire les coûts de location:

- a) le site - le terrain et l'infrastructure;
- b) la ligne pour alimenter le terminal en électricité;
- c) les fondations du terminal;
- d) l'abri pour l'équipement associé au terminal;
- e) participation à l'installation.

Afin de réduire les coûts d'opération, il doit aussi absorber dans son budget les frais d'électricité et de téléphone.

Le terminal terrestre que nous envisageons pour ces fins comporterait:

- a) une antenne d'un diamètre de 8 mètres;
- b) un récepteur transistorisé à bruit faible;
- c) un amplificateur à haute puissance TWT de 40 W;
- d) l'équipement de conversion pour émission et réception;
- e) un modem MF pour télévision;
- f) un modem audio;
- g) un récepteur de retour de voix.

Si l'utilisation du système croît de façon considérable, il faudrait ajouter d'autres récepteurs et émetteurs.

Par exemple, une université pourrait vouloir émettre deux cours simultanément. Cet équipement supplémentaire servirait de réserve.

6.4 Terminal terrestre pour réception TV

Les localités devant recevoir la télévision avec un canal de retour de voix auraient un terminal avec les caractéristiques:

- a) une antenne de 4 mètres de diamètre;
- b) un amplificateur transistorisé à bruit faible;
- c) un convertisseur et démodulateur pour télévision;
- d) un récepteur audio;
- e) un émetteur pour retour de voix.

Encore ici, le site pour le terminal, l'alimentation, etc. devraient être fournis par utilisateur afin de réduire des coûts de location.

L'émetteur de retour de voix serait conçu afin de pouvoir syntoniser la fréquence du récepteur approprié à la station émettrice.

6.5 Utilisation du satellite

Nous proposons que le satellite soit utilisé afin de lui permettre de porter deux signaux TV avec audio et deux canaux de retour de voix. Dans l'attribution des fréquences pour ce concept, on se servirait du centre du transpondeur pour les canaux de retour de voix, ce qui facilite la coordination avec le trafic terrestre de micro-onde.

6.6 Résumé

Pour bâtir un réseau SUCES rentable, il est essentiel que l'utilisateur conçoit son système à partir d'une bonne compréhension de la philosophie de facturation. L'utilisateur peut également entreprendre une partie significative du travail à partir de ses budgets d'investissement et de fonctionnement afin de diminuer les coûts de location payables à la compagnie de télécommunications.

Un centre de contrôle du système est essentiel pour le bon fonctionnement de tout réseau national. Un personnel professionnel expérimenté devrait être affecté à ce CCS afin d'assurer le fonctionnement efficace du réseau.

L'équipement proposé pour les terminaux terrestres a atteint un bon niveau de développement et il est facilement disponible.

7. SYSTEME DE SATELLITE POUR LE RESEAU RER

7.1 Le réseau RER - besoins des utilisateurs

L'exigence fondamentale est d'émettre un service audio de haute qualité à partir d'une dizaine de stations d'enseignement desservant jusqu'à 200 localités en modes interactifs. En pratique, il faudrait équiper chacune des 10 stations émettrices pour l'enseignement de deux cours simultanément. Il y aurait donc un maximum de 20 cours simultanés.

En réalité, le nombre de cours simultanés risquerait d'être beaucoup plus réduit, surtout pendant la période opérationnelle initiale où trois cours simultanés seraient un chiffre plus raisonnable.

Afin d'augmenter l'efficacité éducative du système, la qualité de l'audio doit être considérablement supérieure à celle réalisable par le réseau téléphonique. Or, dans un système de satellite, cette qualité améliorée peut se réaliser sans augmentation significative de coûts.

Les étudiants seraient situés soit dans une salle de cours, soit à la maison. Dans ce dernier cas, on étendrait le système par le câble à partir du terminal. Nous n'analyserons pas dans cette étude les implications d'une pareille extension de service sur la qualité et les coûts.

Les salles de cours seraient équipées avec écouteurs et microphones afin de livrer plusieurs cours simultanément dans une même salle. Si plusieurs salles de cours étaient disponibles ou si on ne recevait qu'un cours à la fois, alors on pourrait utiliser des microphones et des haut-parleurs.

C'est lors de l'analyse détaillée des besoins qu'on étudiera les compromis à faire afin d'optimiser les coûts de ces installations.

7.2 Le centre de contrôle du système - RER

Le réseau proposé exigerait un centre de contrôle du système semblable à celui envisagé pour le réseau SUCES. Puisque le système comporte un grand nombre de stations, de cours et de transmissions, l'accent serait mis davantage sur le contrôle administratif plutôt que sur le contrôle technique. Le système technique sera très automatisé afin de réduire les coûts d'opération. Le centre de contrôle du système serait chargé aussi du programme de maintenance de la grande quantité de matériel déployée dans le réseau.

7.3 Stations d'enseignement

Une station d'enseignement typique comporterait une antenne fixe de deux à trois mètres ayant la capacité de transmettre au moins deux cours simultanément à partir de salles de cours ou d'un petit studio équipé avec un système microphone/haut-parleur approprié.

Jusqu'à trois récepteurs pourraient être intégrés à la station d'enseignement puisque la station recevrait aussi des cours venant d'autres localités et il s'agit du mode interactif. Puisqu'on n'anticipe pas de problèmes au niveau de la localisation des antennes, celles-ci seraient situées sur le toit ou à côté de l'édifice renfermant la salle de cours, et l'essentiel de l'équipement technique se trouverait sur le terrain de l'utilisateur.

On ferait les mêmes arrangements que dans le réseau SUCES pour minimiser les coûts de location.

7.4 Station d'apprentissage

La station d'apprentissage serait semblable à la station d'enseignement, sauf que le nombre de récepteurs individuels fournis est fonction du nombre de cours qu'on veut recevoir simultanément.

7.5 Commutation et signalisation dans le réseau

Le grand nombre de cours et de stations d'apprentissage envisagées exige un système de commutation et de signalisation automatisé afin de créer les configurations requises à tout instant. Il s'agit d'un problème technique relativement simple nécessitant un contrôle interactif entre les stations d'enseignement et le centre de contrôle du système et entre le centre de contrôle du système et les stations d'apprentissage. Le problème est simplifié du fait que les changements d'état du réseau ont lieu occasionnellement et à des intervalles constants vg. à chaque heure à l'heure. Un système fondé sur un mini-ordinateur est envisagé. En cas de doute, il est facile de faire les vérifications nécessaires par le biais des liaisons de retours de voix.

7.6 Résumé

Les stations terrestres pour le réseau RER sont relativement simples et seraient contrôlées d'un centre de contrôle du système automatisé afin d'assurer une opération efficace à faible coût.

8. COÛTS DE SYSTÈME POUR LE RESEAU SUCES

8.1 Introduction

On peut distinguer quatre éléments fondamentaux dans les coûts du système:

- les coûts de location de la composante spatiale
- le coût des stations terrestres (coût de location, coût d'investissement et coût d'opération)
- le coût des équipements auxiliaires, vg. moniteurs, caméras et équipement audio;
- les coûts de maintenance et d'opération.

Sont inclus aussi les coûts de conception du système et les coûts de négociation afin d'arriver aux accords nécessaires avec Telesat/RTT. Nous supposons que cette négociation sera faite par une équipe nommée par les institutions éducatives désireuses de réaliser le réseau.

8.2 Coûts de la composante spatiale

Nous supposons que le coût d'un transpondeur sera de \$2 millions par année. Si les 30 localités font une utilisation égale, chaque participant aura à verser \$67,000 par année.

Si la facturation est fondée sur le temps d'utilisation seulement, alors un prix de \$1,000 à \$2,000 par heure par transpondeur serait raisonnable. On pourrait alors négocier les coûts sur une base horaire ou en vrac. Pour identifier la meilleure approche, il faudrait faire une étude des besoins.

8.3 Coûts de la composante terrestre du système de satellite

8.3.1 Coût des stations émettrices (stations d'enseignement)

Chaque station émettrice disposera d'un kit de matériel de base comprenant:

Un système d'antenne (8 mètres)
 Emetteur de TV
 Récepteur de TV
 Emetteur d'audio
 Récepteur d'audio
 Equipement de surveillance
 Equipement de contrôle et de signalisation
 Alimentation et équipement divers
 Documentation

L'ensemble de ce matériel coûtera \$120,000.

Au niveau local, d'autres coûts sont associés aux items suivants:

- Préparation du site
- Abri pour l'équipement
- Installation
- Expédition

Ces coûts divers se chiffreront à \$30,000 en moyenne.

En plus, les frais encourus par l'équipe de projet pour les travaux de génie et d'administration se chiffreront à \$12,000.

Donc, une station terrestre complète pouvant émettre et recevoir un canal audio et un canal vidéo coûtera:

Kit de matériel	\$120,000
Préparation du site et coûts locaux	30,000
Travaux de génie et d'administration	<u>12,000</u>
	\$162,000

Les coûts pour les équipements supplémentaires que l'on pourrait installer seraient comme suit:

Emetteur de TV supplémentaire	\$30,000
Récepteur de TV supplémentaire	8,000
Emetteur d'audio supplémentaire	5,000
Récepteur d'audio supplémentaire	4,000

8.3.2 Coût des stations réceptrices (stations d'apprentissage)

L'équipement de base pour chaque station réceptrice comporte les items suivants:

- Un système d'antennes (4-5 mètres)
- Un récepteur de TV
- Un récepteur d'audio
- Un émetteur d'audio
- Contrôle, signalisation, etc.

L'ensemble de ce matériel coûtera \$40,000.

Des coûts locaux supplémentaires seront encourus pour les items suivants:

- Préparation du site
- Abri pour l'équipement
- Installation
- Expédition

Le coût de ces items se chiffrera à environ \$15,000.

En plus, les frais encourus par l'équipe de projet pour les travaux de génie et d'administration s'élèveraient à \$10,000.

En résumé:

Kit de matériel	\$40,000
Préparation du site et coûts locaux	15,000
Génie et administration	<u>10,000</u>
	\$65,000

Le coût des équipements supplémentaires pouvant être installés serait comme suit:

Récepteur de TV supplémentaire	\$ 8,000
Emetteur d'audio supplémentaire	5,000
Récepteur d'audio supplémentaire	4,000

8.3.3 Coûts supplémentaires du centre de contrôle du système

Le centre de contrôle du système serait équipé afin d'effectuer le contrôle global du réseau et nécessiterait des équipements supplémentaires à ceux requis par les autres stations émettrices (stations d'enseignement).

Ces équipements comporteraient:

Équipement central de commutation et de signalisation
Équipement central de supervision et de surveillance

Et leur coût total s'élèverait (incluant le logiciel) à environ \$150,000.

8.3.4 Équipement audio/vidéo

La question de l'équipement audio/vidéo est analysée en détail à l'annexe A (voir version anglaise, page A1). On y explique que la configuration choisie est fonction d'un grand nombre de paramètres. Les coûts d'investissement typiques pour

une station d'enseignement avec une salle de cours pour 24 étudiants et pour un centre de réception doté également d'une salle de cours pour 24 étudiants sont:

Emission d'un cours	\$ 10,000
Réception d'un cours	4,550

Ceci n'inclut pas un service de bélinographe, qui coûterait \$1500 (télécopieur Xerox lent) ou \$12,000 (machine Rapifax à grande vitesse).

8.3.5 Coûts d'opération et de maintenance du système (centre de contrôle du système)

En ce qui concerne la maintenance du système, l'élément majeur du coût se situerait au niveau du centre de contrôle du système qui serait doté d'un personnel technique et administratif.

Les coûts annuels typiques pourraient être:

. Directeur du réseau	\$ 30,000
. Surveillante technique	25,000
. Surveillante technique	25,000
. Technicien (1)	14,000
. Surveillante de la production	15,000
. Commis à la programmation	10,000
. Secrétaire	10,000
. Espace (5,000 pi. car. à \$10)	50,000
. Frais de bureau	10,000
. Voyage	5,000
	<u>5,000</u>
	\$194,000

Ces chiffres supposent que Telesat est responsable de la maintenance des terminaux terrestres. Toutefois, les opérations et la maintenance impliqueraient également certains coûts par terminal

à cause du besoin de faire au niveau local certains contrôles de performance et d'alignement avant le début de chaque cours. L'expérience acquise avec les systèmes Telesat et STT* indique que ces coûts sont faibles, car les travaux ne demandent pas du personnel techniquement qualifié et travaillant à plein temps.

Nous estimons ces coûts à:

Terminaux émetteurs n'étant pas situés au CCS 9 X \$1,000	\$ 9,000
Terminaux récepteurs 20 X \$400	<u>8,000</u>
	\$17,000

En plus, il s'agirait de disposer d'un atelier de réparation équipé avec un stock de pièces de rechange modulaires. Les coûts suivants sont des estimations:

Pièces de rechange	\$200,000
Atelier de réparation	100,000
Coût annuel de maintenance de l'atelier de réparation	10,000
Coût annuel de remplacement des pièces	25,000

Donc, le coût annuel global pour l'opération et la maintenance du système serait:

Personnel et espace	\$211,000
Maintenance de l'atelier de réparation	10,000
Pièces de rechange	<u>25,000</u>
	\$246,000

* Réf. A.D.D. Miller, "Operational Experience with Small Unattended Television Receive Earth Station", AIAA 5th Communications Systems Conference, Los Angeles, April 22-24, 1974.

L'on suppose que les coûts d'opération de chaque station sont assumés par l'utilisateur. De toutes façons, ces coûts sont faibles (consommation d'électricité pour une station émettrice - 6 kVA, station réceptrice - 1 kVA).

8.3.6 Coûts de l'enseignement

Dans l'étude elle-même, nous n'avons pas abordé les coûts de l'enseignement. Ces coûts, qui incluent le salaire du professeur, les frais d'administration, les fournitures et services, et possiblement l'espace, sont discutés à l'annexe A (voir version anglaise, page A25). Ces coûts peuvent varier considérablement en fonction du système de comptabilité employé. Toutefois, ils ne diffèrent pas des coûts habituellement associés à l'enseignement de cours universitaires.

8.3.7 Résumé

Le réseau SUCES de base pourrait être installé dans deux ans avec les coûts d'investissement suivants:

10 stations émettrices (1 cours) à \$160,000	\$1,600,000
20 stations réceptrices (1 cours) à \$60,000	1,200,000
Équipement du centre de contrôle du système	150,000
Génie de systèmes, administration	320,000
Pièces de rechange	200,000
Équipement pour l'atelier de réparation	<u>100,000</u>
	\$3,570,000

En supposant que la majeure partie de ce système soit installée par Telesat, qui calcule les taux annuels de location à entre 30 et 40% du coût total d'investissement, le coût annuel de ce

réseau hypothétique utilisant un transpondeur 4/6 GHz d'un satellite Anik A ou B à plein temps, se résume comme suit:

Location de la composante terrestre	\$1,071,000 à \$1,428,000
Location de la composante spatiale	2,000,000
Opération et maintenance du système	<u>246,000</u>
Coût annuel total	\$3,317,000 à \$3,674,000

On envisage donc un coût annuel global de \$3,500,000. Ceci inclut seulement le coût du système de transmission entre le professeur et les étudiants, et non pas les coûts de l'enseignement eux-mêmes. Il convient de noter également que les coûts d'équipement sont calculés sans tenir compte de la taxe de vente fédérale et provinciale.

9. COÛTS DE SYSTEME POUR LE RESEAU RER

9.1 Introduction

On peut aborder le calcul des coûts pour le réseau RER de la même façon que pour le réseau SUCES. Comme dans ce dernier cas, les quatre éléments principaux sont les suivants:

- les coûts de location de la composante spatiale
- les coûts des stations terrestres (investissement et/ou location)
- l'équipement audio auxiliaire
- opération et maintenance du système.

Sont inclus aussi les coûts de conception du système et de négociation des accords entre Telesat et la compagnie de téléphone desservant la région en question. Dans le cas de l'exemple étudié, il s'agit de Bell Canada.

Il faut noter qu'il est plus difficile de faire des estimés de coût dans le cas du réseau RER à cause de la technologie avancée de la bande 12/14 GHz utilisée.

9.2 Coûts de la composante spatiale

Nous supposons que les nouveaux satellites Anik C sont plus rentables que les premiers satellites Anik. On pourrait donc estimer le coût annuel de location d'un transpondeur à \$1,500,000. Il serait possible de réaliser le réseau RER en utilisant moins de 10% d'un transpondeur. Le coût de la composante spatiale s'élèverait alors à \$150,000 par année. Partagé entre environ 200 localités, ceci implique un coût annuel de \$750 par localité pour la composante spatiale louée de façon permanente.

9.3 Coûts de la composante terrestre

9.3.1 Coût des stations d'enseignement (stations émettrices)

Chaque station d'enseignement aurait l'équipement suivant:

- un système d'antennes (4 mètres)
- un système d'émissions de voix à 4 canaux
- un système de réception de voix à 4 canaux
- un système de surveillance
- un système de contrôle et de signalisation
- alimentation électrique et équipements divers.

Nous calculons que cet équipement, qui constitue une assemblée spéciale, coûterait environ \$100,000 par exemplaire pour 10 exemplaires.

Au niveau local, il y aurait des coûts supplémentaires d'environ \$10,000 à cause des items suivants:

- préparation du site
- abri pour l'équipement
- expédition
- installation, etc.

En plus, il faut compter sur un montant de \$12,000 par station pour les travaux de génie et d'administration.

On pourrait donc faire la conception, l'achat et l'installation d'une station terrestre complète capable d'émettre quatre cours en audio simultanément pour un coût de:

équipement	\$100,000
préparation du site, coûts locaux	10,000
génie, administration	<u>12,000</u>
TOTAL	\$122,000

A l'équipement supplémentaire s'ajouteraient les coûts suivants:

canaux d'émission supplémentaires	\$ 7,000
(jusqu'à un maximum de 8)	
canaux de réception supplémentaires	4.000

9.3.2 Coût des stations d'apprentissage (stations réceptrices)

Le coût du kit d'équipement de base suppose qu'il y aurait non seulement 200 stations au Québec mais aussi la création d'autres systèmes semblables. Nous calculerons donc les coûts sur une production de 1,000 unités pour répondre à l'ensemble des besoins canadiens.

Chaque station aurait l'équipement suivant:

- une antenne (2 mètres)
- un récepteur à deux canaux
- un émetteur à canal unique
- un système de contrôle et de signalisation.

Cet équipement coûterait environ \$15,000.

Nous estimons les coûts locaux supplémentaires à environ \$4,000.

Les travaux de génie et d'administration effectués par l'équipe de projet coûteraient moins de \$1,000.

Donc, le coût d'une station d'apprentissage complète, incluant l'installation, serait:

équipement	\$ 15,000
coûts locaux	4,000
génie, administration	<u>1,000</u>
TOTAL	\$ 20,000

Le coût d'équipements supplémentaires serait:

récepteur supplémentaire	\$1,500
émetteur supplémentaire (jusqu'à un maximum de 4)	4,000

9.3.3 Coûts supplémentaires du centre de contrôle du système

Les coûts supplémentaires du centre de contrôle du système seraient supérieurs à ceux du réseau SUCES, puisque le système de contrôle et de surveillance serait plus complexe. Les coûts du centre sont évalués à environ \$200,000 pour le matériel et le logiciel.

9.3.4 Equipement audio

L'équipement audio aux stations d'apprentissage devrait être fourni à partir d'un magasin central afin d'assurer la normalisation et des prix de gros. Selon cette hypothèse, l'attribution d'un montant de \$1,000 par station réceptrice serait convenable. De la même façon, on peut attribuer un coût de \$2,000 par station d'enseignement en supposant qu'on devait pouvoir émettre deux cours simultanément. A l'annexe B (page B1 de la version anglaise) on examine en détail le coût des différentes options pour les stations du réseau RER. Il est probable que les coûts mentionnés ici et à l'annexe B baisseraient, si l'on pouvait placer une commande pour un grand nombre d'appareils audio adaptés aux besoins du système RER.

9.3.5 Coûts d'opération et de maintenance

Pour le réseau de base, les coûts annuels de maintenance et d'opération seraient:

centre de contrôle du système	\$200,000
surveillance et maintenance locales	50,000
maintenance de l'atelier de réparation	10,000
pièces de rechange	<u>40,000</u>
	\$300,000

Les frais de maintenance et d'électricité qui seraient assumés par l'utilisateur sont négligeables.

9.3.6 Résumé

Le réseau RER de base pourrait être installé dans 4-5 ans.
Le coût d'investissement serait:

stations d'enseignement (10)	\$1,220,000
stations d'apprentissage (200)	4,000,000
centre de contrôle du système	200,000
atelier de réparation	100,000
génie, administration	320,000
équipement audio (220 X \$1,000)	<u>220,000</u>
COÛT D'INVESTISSEMENT TOTAL	\$6,060,000

En supposant un coût de location annuel fondé sur 30% du coût d'investissement, on pourrait envisager la location de l'ensemble de ce système d'une compagnie de téléphone pour environ \$1,818,000 par année.

On peut donc calculer le coût annuel global par station réceptrice de la façon suivante:

composante spatiale (150,000/200)	\$ 750
composante terrestre (1,800,000/200)	9,000
maintenance du système (300,000/200)	<u>1,500</u>
	\$11,250

Ceci suppose l'installation d'un seul appareil de téléconférences à chaque station réceptrice, et deux appareils à chaque station émettrice. A l'annexe B, on analyse les coûts d'équipements supplémentaires tels que bélinographes, téléscripts, etc.

Nous calculons donc à \$2,500,000 le coût annuel global pour l'installation et l'opération d'un réseau comportant environ 10 stations d'enseignement et 200 stations d'apprentissage en louant une partie d'un transpondeur 12/14 GHz sur le satellite Anik C. Tout comme dans le cas du réseau SUCES, nous nous sommes limités aux coûts de transmission en n'abordant pas les coûts éducatifs. De plus, nous n'avons pas tenu compte de la taxe de vente fédérale et provinciale dans le coût des équipements.