

Études

11

Les installations locales

12

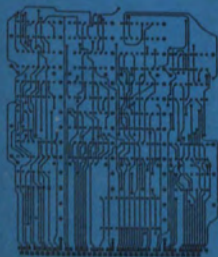
Un réseau téléinformatique

13

Normes

14

**Les aspects technologiques
de la téléinformatique**



61095



INDUSTRY CANADA/INDUSTRIE CANADA

© Droits de la Couronne réservés
En vente chez Information Canada à Ottawa, K1A 0S9
et dans les librairies d'Information Canada:

HALIFAX
1683, rue Barrington

MONTRÉAL
640 ouest, rue Ste-Catherine

OTTAWA
171, rue Slater

TORONTO
221, rue Yonge

WINNIPEG
393, avenue Portage

VANCOUVER
800, rue Granville

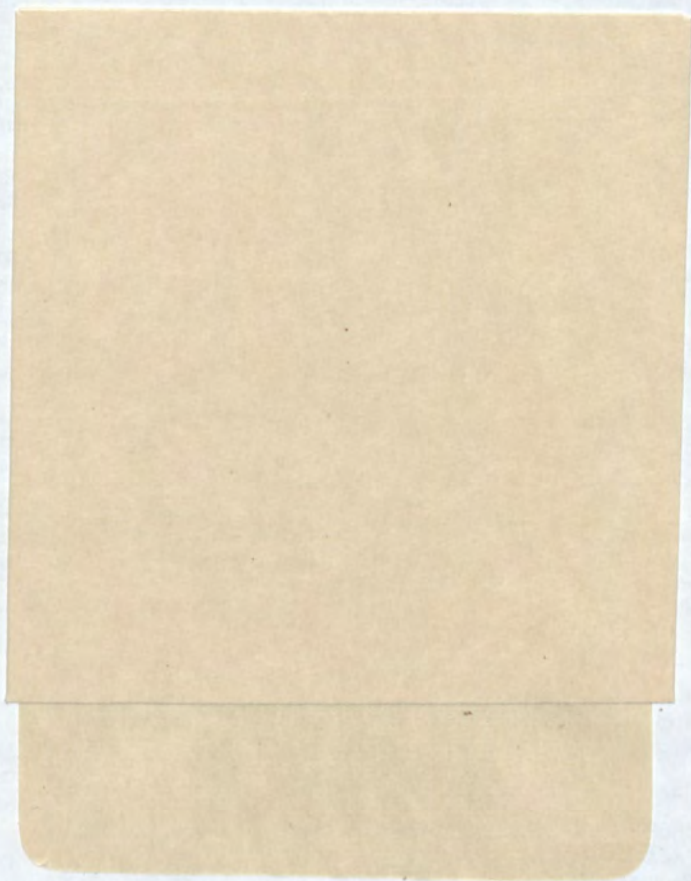
ou chez votre libraire.

Prix: \$3.25

N^o de catalogue Co22-5/6-11/14

Prix sujet à changement sans avis préalable

Information Canada
Ottawa, 1974



Ces études ont été effectuées pour le compte du Groupe d'étude sur la téléinformatique au Canada. Leurs conclusions ne sont pas nécessairement celles du ministère des Communications ni du Gouvernement du Canada. Elles n'indiquent aucunement les orientations politiques à venir.

*Conception graphique de la couverture,
des figures et des tableaux :*
Gilles Robert + associés inc.
Révision et conception de la publication :
Pamela Fry et Fernand Doré

Collection «ÉTUDES»

**Travaux de recherches faits à l'appui du rapport du Groupe d'étude sur
la téléinformatique au Canada, intitulé *L'Arbre de vie***

Déjà parus

Volume 1

- 1 Le secteur de la fourniture
des produits et services
informatiques**
par George R. Forsyth et Brian Owen

Volume 2

- 2 Expérience de gestion scolaire
dans le comté de Peel**
par Lyman Richardson
- 3 L'activité téléinformatique dans
les universités canadiennes**
par le G. E. T. C.

Volume 3

- 4 Le télécâble et la rétroaction du
citoyen avec le gouvernement**
par Jean-Michel Guité

Volume 4

- 5 Choix politiques qui s'offrent au
Canada en matière de
téléinformatique**
par H. M. Lipinski et A. J. Lipinski
- 6 Nos options stratégiques**
par Hayward Computer Corporation Ltd.

Volume 5

- 7 Enquête du Canadian Datasystems,**
par le Service de recherches de
Maclean-Hunter
- 8 Analyse du secteur informatique
canadien**
par F. T. White
- 9 La place de l'informatique dans
l'entreprise canadienne**
par la Chambre de commerce et le
G. E. T. C.
- 10 La place de l'informatique dans
l'industrie pétrolière à Calgary**
par Canuck Survey Systems Ltd.

Volume 6

- 11 Les installations locales**
par J. Worrall
- 12 Un réseau téléinformatique**
par O. Riml
- 13 Normes**
par le G. E. T. C.
- 14 Les aspects technologiques de la
téléinformatique**
par le G. E. T. C.

A paraître

Volume 7

- 15 L'informatique et les
télécommunications dans le
secteur privé au Canada**
par le G. E. T. C.
- 16 La télétransmission de données**
par le G. E. T. C.

Études

11



11

Les installations locales

Introduction 1

1 Caractéristiques des terminaux

Appendice 8

2 Le réseau général de téléinformatique

3 Choix des moyens réalisant les
installations locales

4 Sommaire

5 Coûts des moyens — Notes téléinformatiques 7

**Enquête
effectuée par :**

**J. Worrall
Expert-conseil
Bell Canada
Ottawa, Ontario**

Juin 1972

Table des matières

Introduction 1

1

Caractéristiques des terminaux
des utilisateurs 2

2

Le réseau général de téléinformatique 2

3

Choix des moyens intéressant les
installations locales 3

4

Sommaire 6

5

Coûts des moyens – Notes supplémentaires 7

Appendice 9

Introduction

La présente étude vise à déterminer et à apprécier les divers moyens de liaison entre les terminaux de télétransmission numérique des utilisateurs et le point d'interconnexion d'un réseau général de téléinformatique.

Grandes lignes de l'étude : Le réseau de télétransmission locale relie le terminal de l'utilisateur au point nodal périphérique du réseau général de téléinformatique. Le fonctionnement optimal du système dépendra de la distance entre l'utilisateur et les points nodaux périphériques; elle pourrait aller jusqu'à 500 milles. La présente étude porte sur les besoins de l'utilisateur et les conditions au point nodal périphérique du réseau général de téléinformatique. Nous tentons de déterminer les paramètres auxquels le réseau local de distribution devra satisfaire. Nous examinerons ensuite les techniques et les moyens qui seraient conformes à ces paramètres ainsi que leurs caractéristiques afin d'évaluer leurs avantages respectifs selon les circonstances et le milieu.

Les installations locales

1. Caractéristiques des terminaux des utilisateurs

À l'heure actuelle, les appareils terminaux des ordinateurs fonctionnent à des vitesses allant de 100 b/s à 50 kb/s, mais pour la plupart à des vitesses inférieures, à 2,4 kb/s. Nous ne connaissons pas encore exactement les besoins futurs, mais il faut s'attendre à des volumes plus forts et à de plus grandes exigences touchant les vitesses de transmission. Des vitesses de l'ordre de 50 mb/s sont nécessaires pour transmettre les signaux de télévision en couleur et il est possible que les systèmes généraux de téléinformatique de l'avenir soient appelés à répondre à cette exigence. Nous considérons donc les situations où seront exigées des vitesses allant jusqu'à 50 mb/s, mais nous porterons une attention spéciale à celles qui supposent des vitesses inférieures à 50 kb/s, lesquelles, semble-t-il, prévaudront au cours de la prochaine décennie.

En plus de la vitesse requise par les utilisateurs, voici les autres facteurs qui déterminent le choix d'un support de communication locale :

- Distance entre le terminal et le point nodal périphérique;
- Besoin de sécurité;
- Nécessité d'une exploitation bidirectionnelle;
- Besoin de synchronisation;
- Besoin d'un temps de réponse rapide;
- Volume du trafic et répartition du temps;
- Longueur des messages ou transactions.

On doit tenir compte des trois derniers facteurs dans le cas où plusieurs utilisateurs se partagent la même installation de transmission locale.

2. Le réseau général de téléinformatique

Nous ne savons pas encore quelle sorte de réseau général de téléinformatique nous allons adopter et les choix sont nombreux. Toutefois, si nous examinons la fonction d'un point nodal périphérique dans un réseau de communication, nous pourrions établir quels effets ses caractéristiques auront probablement sur le réseau de distribution locale.

Par définition, le point nodal périphérique est le premier point d'interconnexion où les divers utilisateurs du réseau ont la possibilité d'interaction. Pour déterminer ce qu'il faut faire des renseignements fournis par l'utilisateur, le point nodal périphérique doit enregistrer au moins une partie du message venant de l'utilisateur dans la forme sous laquelle il a été émis.

En général, le réseau local doit pouvoir reproduire le signal transmis par l'utilisateur au point nodal périphérique dans sa forme originale. Il est des exceptions à cette règle lorsqu'on utilise des canaux de signalisation séparés et lorsque, en même temps, il est préférable de commuter et de transmettre un signal sous forme codée et de le reproduire sous sa forme originale au point d'arrivée. Cette situation serait peu fréquente et, règle générale, le signal de l'utilisateur devra présenter au point nodal périphérique les mêmes caractéristiques qu'au terminal de l'utilisateur. Une fois la structure d'un réseau de téléinformatique déterminée, on devra étudier la validité de cette hypothèse et modifier au besoin le réseau de distribution locale.

3. Choix des moyens intéressant les installations locales

Le réseau de distribution locale doit pouvoir recevoir un signal à l'interface d'entrée et le reproduire à l'interface de sortie dans le délai prescrit. Selon notre définition, le signal est constitué par n'importe quel débit numérique (en bits) allant jusqu'à 50 mb/s et les interfaces sont le terminal de l'utilisateur et le point nodal périphérique du réseau téléinformatique général.

L'opération de transmission intermédiaire peut se faire par un simple conditionnement du support d'information visant à conserver autant que possible le signal dans son état original. Par ailleurs, il peut comprendre les divers systèmes de conversion comme la régénération, numérique-analogique, analogique-numérique, multiplexage par partage du temps, multiplexage par partage des fréquences, de même que des dispositifs de commutation des messages. De la même façon, les supports de transmission pourraient inclure n'importe quel élément dont une simple paire de fils, des câbles coaxiaux, des systèmes à micro-ondes radio porteuses ou de systèmes sous-optiques ou optiques.

Une fois le principe de base accepté et les critères relatifs à la fidélité et au temps de transit du signal établis, le choix des moyens sera déterminé par la distance, la vitesse du signal, le volume du trafic, la « directionnalité » et la sécurité requise par l'utilisation. Lorsqu'on dressera des plans pour un projet précis, on déterminera quelle est la solution la plus économique d'après les besoins de l'utilisateur en question et les besoins actuels et futurs des autres utilisateurs. Pour avoir une meilleure vue d'ensemble, il importe d'aborder cette question d'une façon très générale.

Vu les nombreuses variables que présenteront les divers paramètres, il vaut mieux simplifier les choses et concentrer notre attention sur les aspects les plus importants. Par conséquent,

Les installations locales

nous considérerons que la transmission bidirectionnelle, la synchronisation et la rapidité du temps de réponse constituent les impératifs fondamentaux ; les autres caractéristiques restent secondaires ou exceptionnelles. De même, il ne semble pas nécessaire d'analyser chaque moyen en fonction de la sécurité qu'il offre. Les supports d'information non radiants offrent généralement une meilleure sécurité que les supports à radiation et les systèmes multiplexés présentent le même avantage sur les systèmes non multiplexés. Toutefois, tous ces systèmes peuvent être assistés, au besoin, par des dispositifs de sécurité supplémentaires. Également, il n'est pas nécessaire de tenir compte de la fidélité de la reproduction du signal d'entrée vu que tout l'équipement considéré peut être conçu de façon à répondre aux normes en vigueur, quelles qu'elles soient.

D'autres critères peuvent influencer dans une large mesure sur le choix des moyens destinés à répondre à un besoin particulier. Ce sont : la fréquence des signaux, le volume du trafic et la distance entre les interfaces. Lorsque nous avons étudié les besoins de l'utilisateur, nous avons établi que la fréquence des signaux pourrait s'élever à 50 mb/s, mais que nous manquions de renseignements précis quant aux distances et aux volumes. Nous proposons donc d'étudier les divers types de moyens capables de transmettre des signaux numériques à des fréquences allant jusqu'à 50 mb/s sur des distances pouvant atteindre 500 milles. L'appendice comporte un schéma général des divers systèmes de cette catégorie. Chacun peut être installé seul ou en série, selon les besoins. Tout cet équipement est actuellement disponible, ou le sera d'ici quatre ans, à l'exception peut-être de certains systèmes micro-ondes à régénération de très grande capacité et de certaines unités d'accès à régénération à très hautes fréquences. Toutefois, l'état actuel de la technique permet de fabriquer ces dispositifs ; sans doute, le seront-ils si les besoins le justifient. Outre les unités fonctionnelles illustrées, il faudra normalement prévoir des dispositifs d'interface aux terminaux afin de réunir les conditions nécessaires à la télétransmission de données.

Avec les dispositifs de multiplexage, le débit et le volume vont de pair ; aussi a-t-on indiqué le débit maximum de chaque système. Au besoin, il est alors facile de le réduire au multiple d'un débit inférieur. De même, on peut multiplier le nombre de systèmes de transmission prévus pour les adapter au volume de trafic. Souvent, il est possible de combiner les besoins et de réaliser des économies d'échelle importantes ; nous les indiquons dans les tableaux par des astérisques ; elles sont possibles, par exemple, lorsqu'on utilise, en temps partagé, des câbles à capacité multiple et des structures à courants porteurs et à micro-ondes porteuses.

L'autre caractéristique importante d'un équipement est son coût (nous tiendrons compte des frais annuels, car ils représentent mieux la charge financière globale que les seuls frais

d'installation). Tout équipement entraîne un ensemble de frais annuels qui dépendent des particularités du milieu, notamment de la situation géographique et des installations initiales — à l'exclusion des frais secondaires ou additionnels. Ces frais augmenteront si les divers fournisseurs ne peuvent plus installer ou entretenir le matériel selon les mêmes conditions. Les données seront plus précises si l'on dresse un relevé général des frais de chaque moyen et si l'on détermine les variations du milieu susceptibles de modifier le coût des installations. La partie 5 et les figures 11 et 12 de l'appendice indiquent le rapport entre les frais annuels unitaires, la distance et la capacité, selon les divers systèmes de transmission envisagés.

Ces données sur la capacité et le coût permettent d'évaluer de façon générale les avantages respectifs de chaque moyen en ce qui a trait à la transmission de volumes divers selon le débit et la distance. Toutefois, comme nous l'avons vu précédemment, la situation changera en fonction des milieux. Voici certaines des conditions les plus importantes auxquelles il faut satisfaire pour assurer les meilleurs résultats possibles.

Ce qu'il en coûte pour faire passer un circuit (télétransmission de données 4,8 kb/s, circuit téléphonique ou autre) par un support de transmission quelconque est inversement proportionnel au volume des unités empruntant le support de transmission en question. C'est particulièrement vrai pour les circuits à faible volume, car il est, presque à coup sûr, beaucoup plus coûteux de répondre à un besoin unique de faible volume que d'ajouter ce besoin à d'autres besoins existants ou de le combiner avec de nouveaux besoins. Il faudra donc envisager toutes les combinaisons possibles.

À ce premier facteur s'ajoute l'évolution prévisible du taux de croissance. Toutes choses étant égales, les systèmes dont l'installation coûtera le moins cher seront généralement avantageux là où le taux de croissance sera faible et vice versa.

Le terrain à traverser influera sur le coût des divers moyens mis en œuvre. Dans certains cas, il peut coûter cher d'installer un câble entre les villes à cause du terrain. Cela peut être important même si la distance est inférieure à 30 milles, car le passage d'un terrain sablonneux à un terrain rocheux peut doubler les frais. L'installation de systèmes de câbles dans le périmètre des villes canadiennes ne semble pas présenter de véritables problèmes. Toutefois, les systèmes à radiations peuvent entraîner des coûts élevés dans les secteurs métropolitains où l'obstruction des signaux est fréquente.

Les installations locales

Les normes d'attribution des fréquences aux systèmes à radiations varient selon l'environnement. S'il complique le développement optimal d'une structure, les frais seront inévitablement plus élevés.

S'il est, en outre, des exigences particulières de fiabilité, le coût se haussera, spécialement dans le cas des systèmes par radiations où la longueur des voies de transmission et l'installation de canaux de protection risquent de rendre les coûts prohibitifs si l'on dépasse un certain point. À cela s'ajoute la nécessité de réduire la longueur des voies de transmission des systèmes de radiation de plus de 10 GHz dans les régions exposées aux grosses pluies, à la neige et au brouillard.

Il faut également considérer le besoin de transmission asymétrique. La meilleure installation de transmission peut ne pas être la même dans les deux sens et l'objectif sera généralement d'optimiser tout le système.

Il faut aussi considérer les avantages liés à la durabilité et au rendement à long terme pouvant découler de la diversité des circuits et des moyens utilisés. Si le volume des demandes est assez élevé, on peut diversifier l'équipement sans trop de frais. Cela fournit une meilleure protection en cas de pannes très graves, lesquelles sont susceptibles de se produire n'importe où et quels que soient les moyens.

4. Sommaire

Chaque type de moyens compte ses avantages économiques sur le plan du débit, du volume, de la distance ou de l'environnement. Le seul facteur dont l'effet soit marqué et constant sur le coût des installations de transmission, c'est la mesure dans laquelle le volume d'utilisation de l'installation peut être augmenté. Les installations de transmission sont plus économiques si le volume est important, et, plus une structure donnée est utilisée, moins le coût des circuits est élevé.

Nous avons déterminé les moyens susceptibles de répondre à toutes les exigences relatives à la vitesse, au volume et à la distance. Comme nous l'avons vu, les exigences peuvent varier selon les cas. Il est cependant raisonnable de présumer que les utilisateurs voudront transmettre leurs données à des débits inférieurs à 50 kb/s, et à des distances de moins de 10 milles; les volumes auxquels on peut s'attendre dans chaque segment du réseau de transmission ne peuvent être déterminés à l'heure actuelle. Quels que soient les impératifs particuliers, les câbles de fils couplés, les câbles coaxiaux, les systèmes à micro-ondes ou les

systèmes optiques conviendront. On estime cependant que les systèmes de câbles de fils couplés répondront à la plupart des besoins de la façon la plus économique.

L'avantage des systèmes de distribution par câbles coaxiaux réside dans leur grande puissance; dans le cas de demandes de liaisons entre points fixes, au-dessus de 6,3 mb/s, ils pourraient bien se révéler supérieurs aux systèmes à micro-ondes et aux systèmes optiques. L'installation d'un système de distribution multipoints à grande capacité par câbles coaxiaux mérite d'être étudiée dans les cas où il faut faire face à des besoins individuels au-dessus de 6,3 mb/s. Pareil système présente, pour les utilisateurs, une grande flexibilité sur le plan du débit et du volume, et l'importance de son utilisation dépendra des réductions futures des coûts du matériel et de la programmation de contrôle. En attendant, les systèmes de câbles de fils couplés semblent généralement plus économiques au-dessous de 6,3 mb/s.

Les systèmes à radiations auront sûrement un rôle à jouer dans le transport des gros volumes. Dans certains environnements, il sera plus économique de transmettre les volumes importants sur de courtes distances par systèmes optiques. Les systèmes à micro-ondes répondront aux besoins là où il faudra des systèmes à grande capacité sur de longues distances.

Une généralisation plus poussée ne servirait à rien, car il est nécessaire dans chaque cas d'examiner les possibilités de tous les moyens disponibles si l'on veut optimiser le rendement du système entier. Le seul principe vraiment général est le suivant : la combinaison des besoins permet d'augmenter le trafic et d'exploiter les circuits de la façon la plus économique et la plus viable; il faudrait envisager cette solution dans tous les cas où elle serait réalisable.

5. Coûts des moyens — Notes supplémentaires

Le prix de revient du multiplexage n'a pas encore été établi, car il varie beaucoup selon les configurations. En gros, un coût annuel approximatif de \$ 5 200 par terminal serait raisonnable.

Les figures 2c et 8 n'indiquent aucun coût; c'est que nous n'avons aucune expérience de ces systèmes au Canada. En principe, leurs coûts correspondent sûrement à ceux que l'on trouve aux figures 2b et 7 respectivement, mais ces systèmes offrent un plus grand potentiel compte tenu des réductions correspondantes du coût par circuit.

Les installations locales

Les coûts cités indiquent une moyenne canadienne, même s'ils ne s'appliquent pas partout au Canada; ils n'illustrent qu'une tendance générale. On peut les évaluer de façon plus précise en étudiant un certain nombre de variations possibles; nous avons mentionné les plus importantes.

Le prix de revient de l'installation locale de câbles a été établi d'après le coût moyen des câbles aériens, souterrains et des câbles insérés dans des canalisations, et cela compte tenu de leur puissance moyenne respective. Le coût du mille de fil couplé sera cinq fois plus élevé dans le cas d'un câble à faible capacité que dans celui d'un câble plus important (disons 11 paires par opposition à 600 paires).

De la même façon, nous avons établi le coût de l'installation de circuits à longue distance en faisant une moyenne. Le coût par circuit peut être dix fois plus élevé selon que le circuit est ajouté à un élément déjà installé ou qu'il soit nécessaire de composer une nouvelle voie d'acheminement.

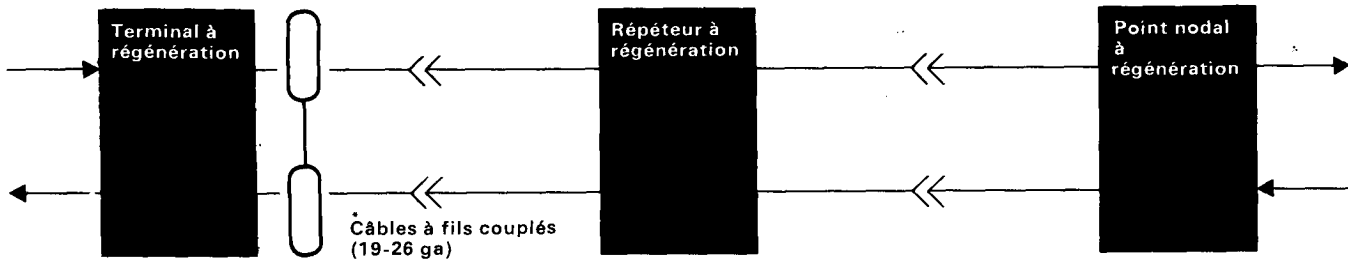
La capacité des divers moyens constitue aussi un facteur important. Par exemple, dans le cas des systèmes de grande puissance, le coût par mille par circuit est beaucoup plus bas. Cependant, à moins que tout le potentiel du circuit ne soit utilisé, le coût par circuit en usage peut s'avérer très élevé par comparaison à d'autres solutions.

Appendice

Configuration de l'équipement

Figure 1

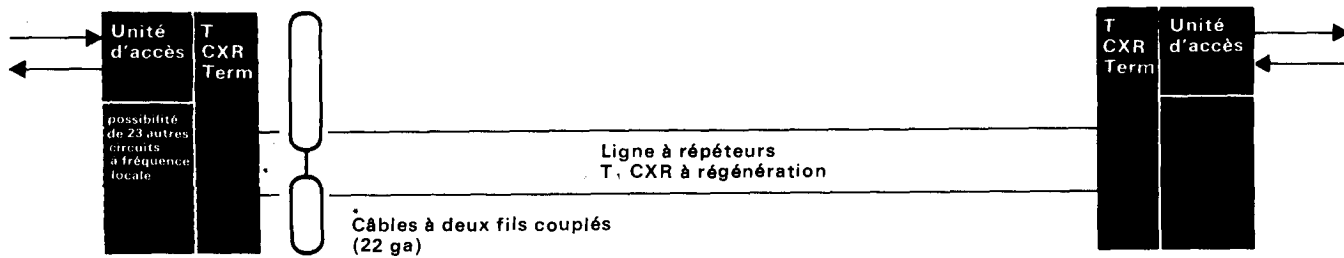
Systèmes de transmission à régénération



Vitesses : jusqu'à 40 kb/s
Distance : 10-15 milles à 4,8 kb/s
Espacement
entre les
répéteurs : intervalles d'environ 6 milles à 4,8 kb/s

Figure 2A

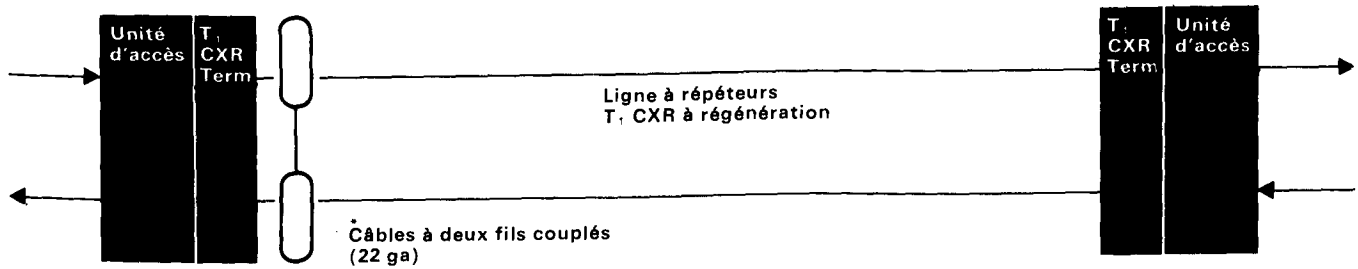
Câble sur distance moyenne



Vitesses : jusqu'à 48 kb/s
Distance : jusqu'à 200 milles
Espacement
entre les
répéteurs : 1,14 mille

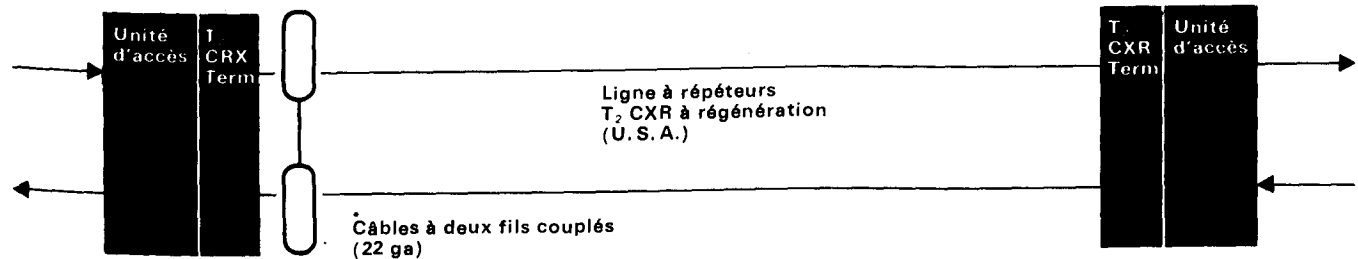
Les astérisques indiquent la possibilité d'économies d'échelle importantes en combinant les besoins.

Figure 2B
Câble sur distance moyenne



Vitesses : jusqu'à 1,54 mb/s
 Distance : jusqu'à 200 milles
 Espacement
 entre les
 répéteurs : 1,14 mille

Figure 2C

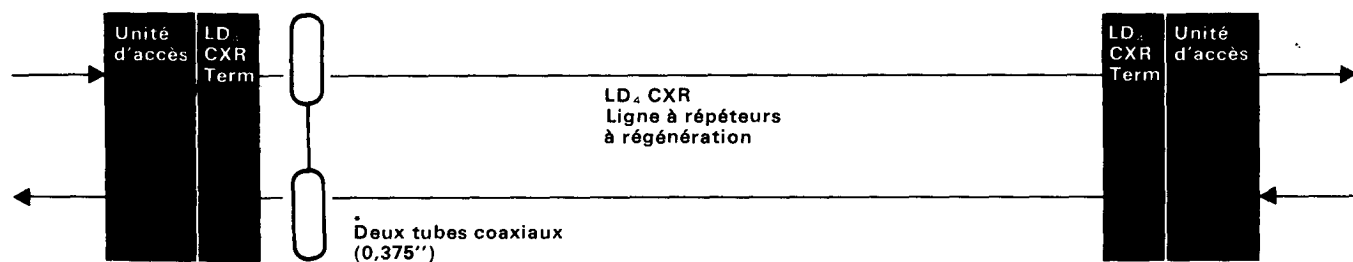


Vitesses : jusqu'à 6,3 mb/s
 Distance : jusqu'à 500 milles
 Espacement
 entre les
 répéteurs : 1 mille

Les astérisques indiquent la possibilité d'économies d'échelle importantes en combinant les besoins.

Figure 3

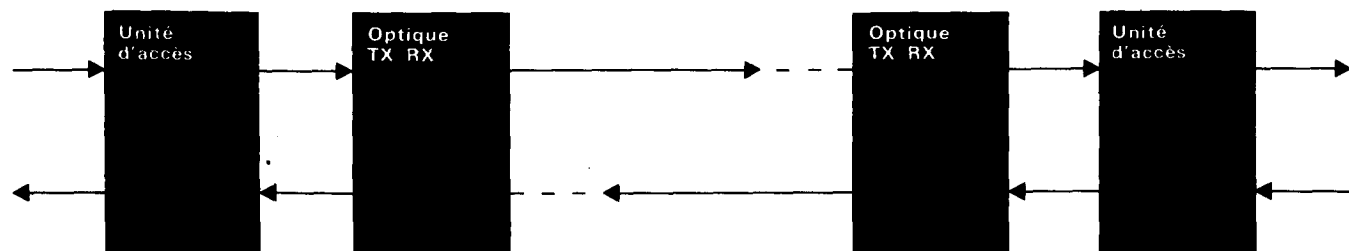
Câble sur grande distance



Vitesses : jusqu'à 280 mb/s
Distance : jusqu'à 4 000 milles
Espacement
entre les
répéteurs : 1,15 mille

Figure 4

Câble sur courte distance



Vitesses : jusqu'à 250 kb/s
Distance : environ 0,5 mille
Espacement
entre les
répéteurs : généralement impossible à réaliser par répéteur

L'astérisque indique la possibilité d'économies d'échelle importantes en combinant les besoins.

Figure 5
 Système radio sur courte distance,
 sur distance moyenne et sur grande distance.

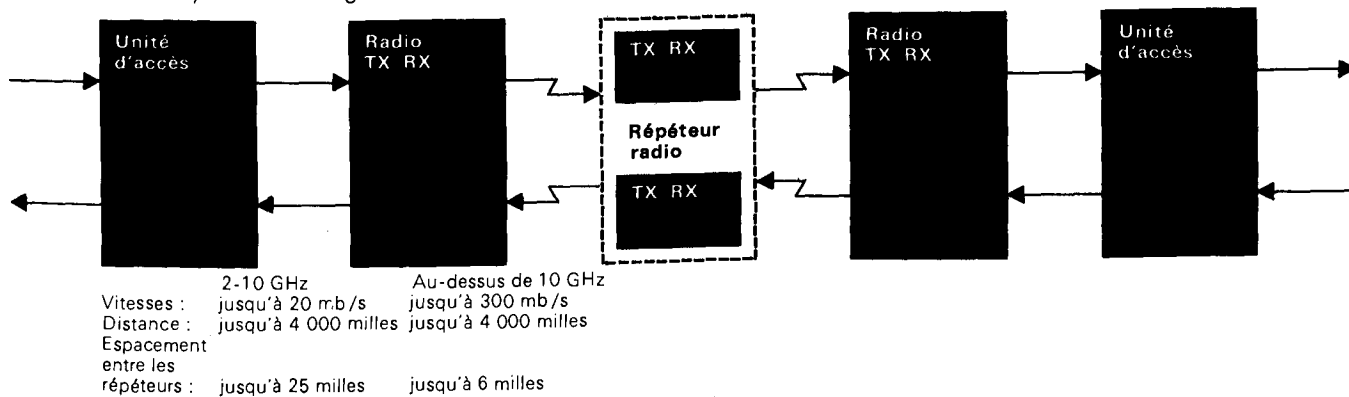
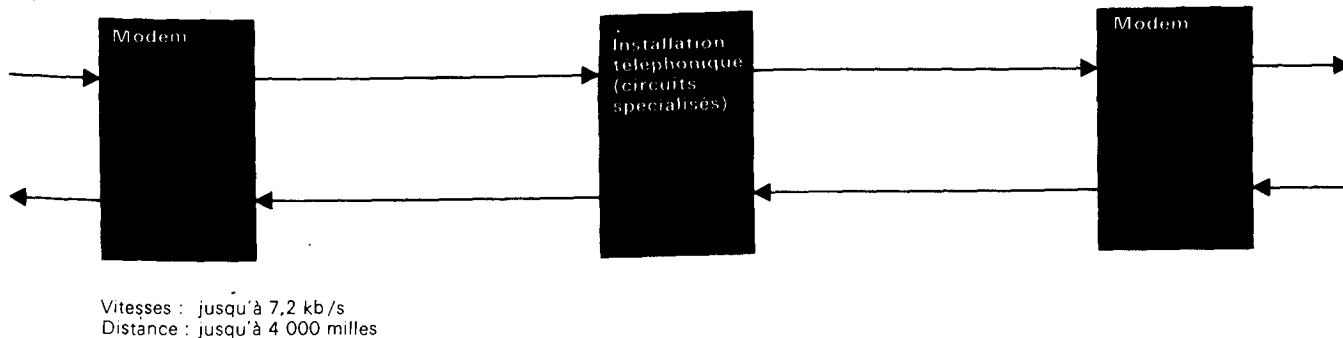
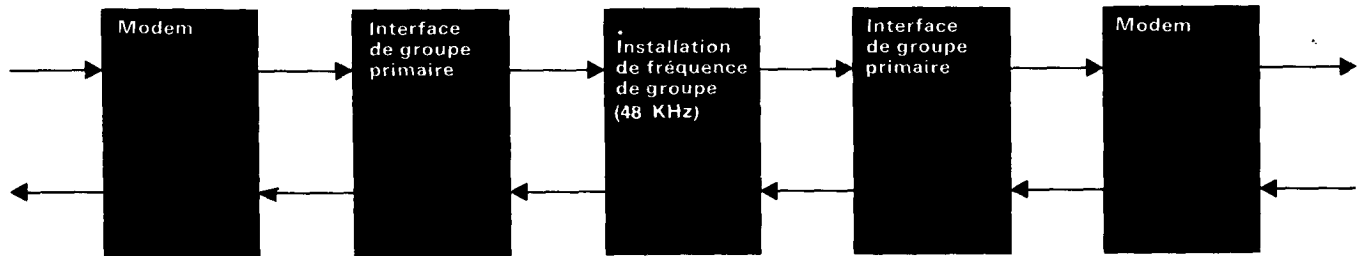


Figure 6
 Systèmes de transmission sans régénération
 (S'il le faut, il est possible d'assurer la régénération)
 Systèmes à basse vitesse



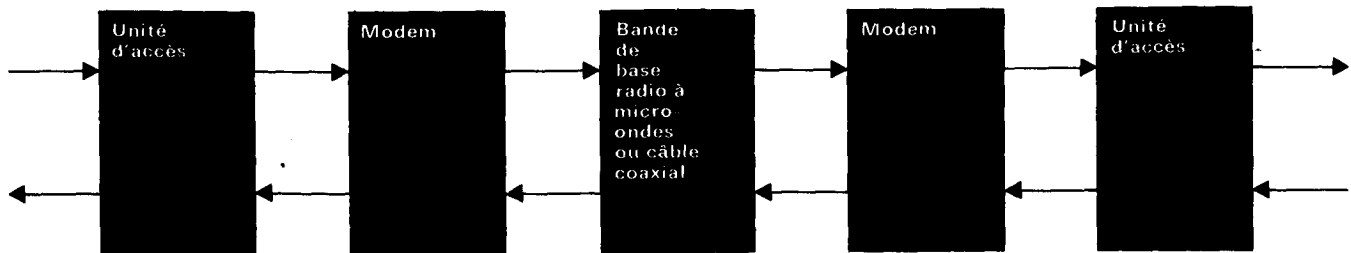
L'astérisque indique la possibilité d'économies
 d'échelle importantes en combinant les besoins.

Figure 7
Systèmes à vitesse moyenne



Vitesses : jusqu'à 48 kb/s
(un dispositif de groupe secondaire comparable
peut traiter environ 300 kb/s).
Distance : jusqu'à 4 000 milles

Figure 8
Systèmes à haute vitesse



Vitesses : jusqu'à 19 mb/s
Distance : jusqu'à 4 000 milles

L'astérisque indique la possibilité d'économies
d'échelle importantes en combinant les besoins.

Figure 9

Systèmes multiplexes par partage du temps

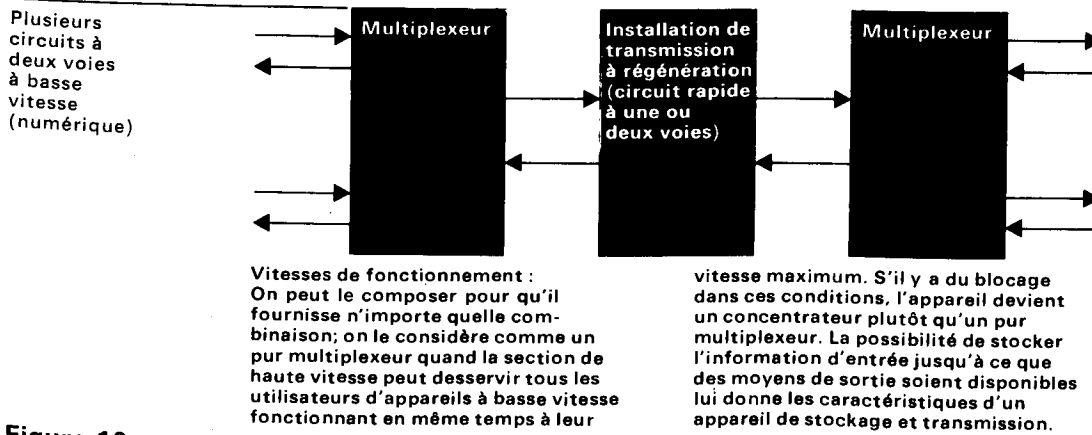


Figure 10

Systèmes multiplexes par partage des fréquences

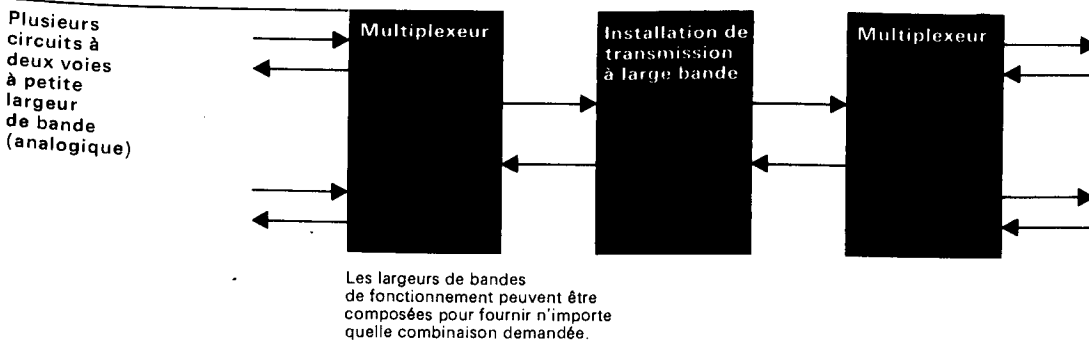


Figure 11
Coûts des moyens

Voir section 5
pour l'interprétation
et l'identification
des chiffres

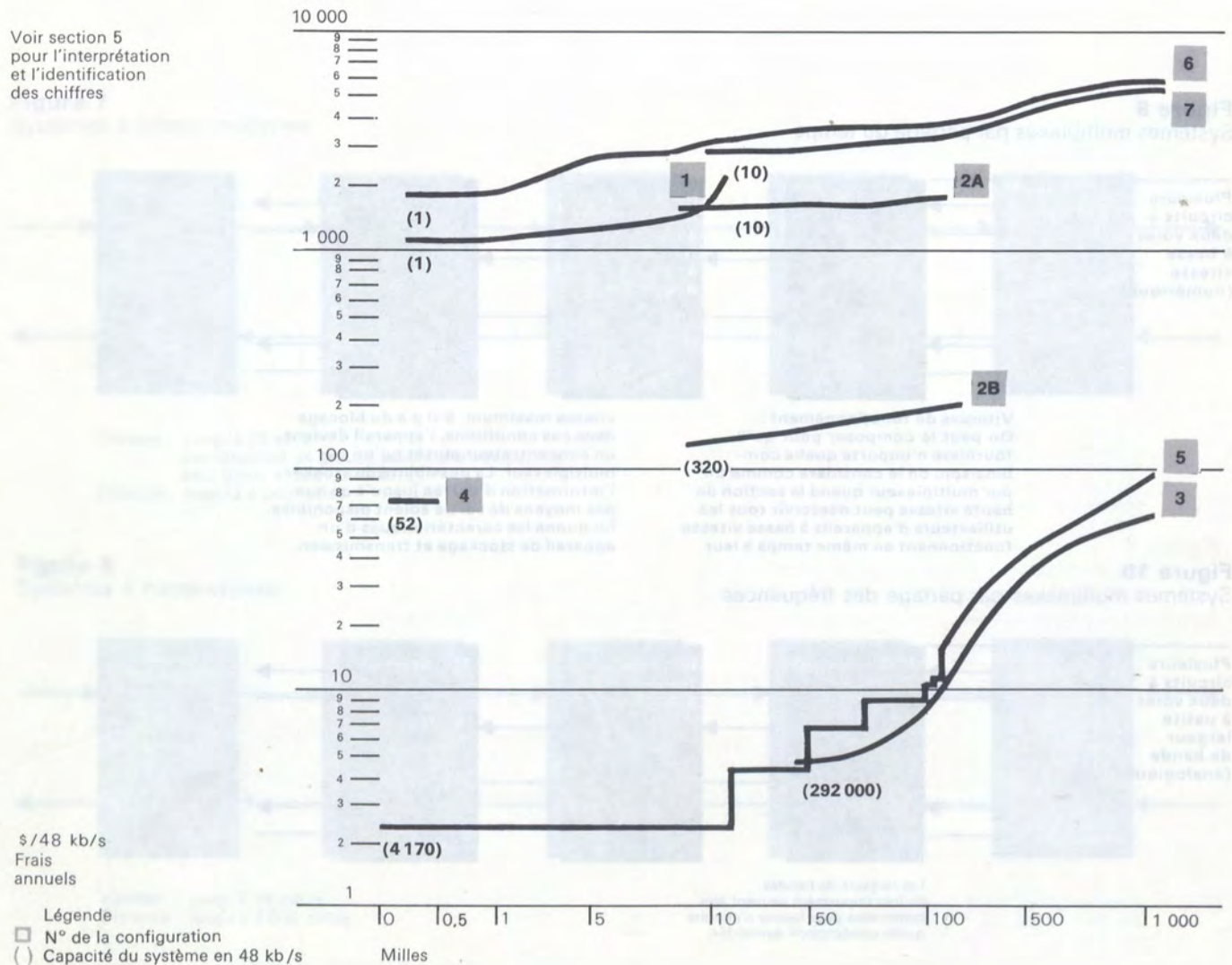
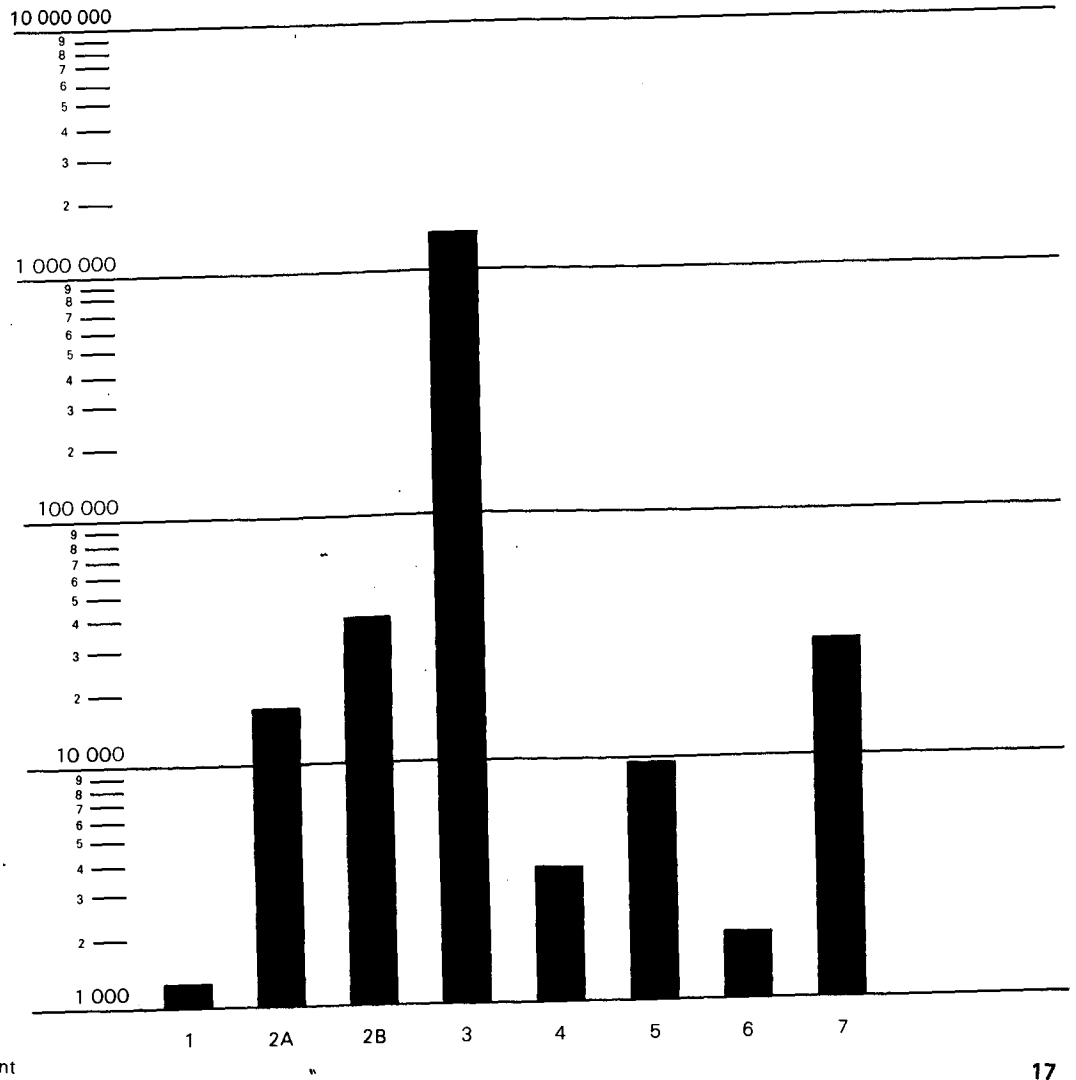


Figure 12
Coûts minima du système

En fonction de la
capacité minimale
selon la plus courte
distance par système

Voir section 5
pour l'interprétation
et l'identification
des chiffres



Frais
annuels

Chiffres
de la configuration d'équipement

Figure 11
Coût des moyens

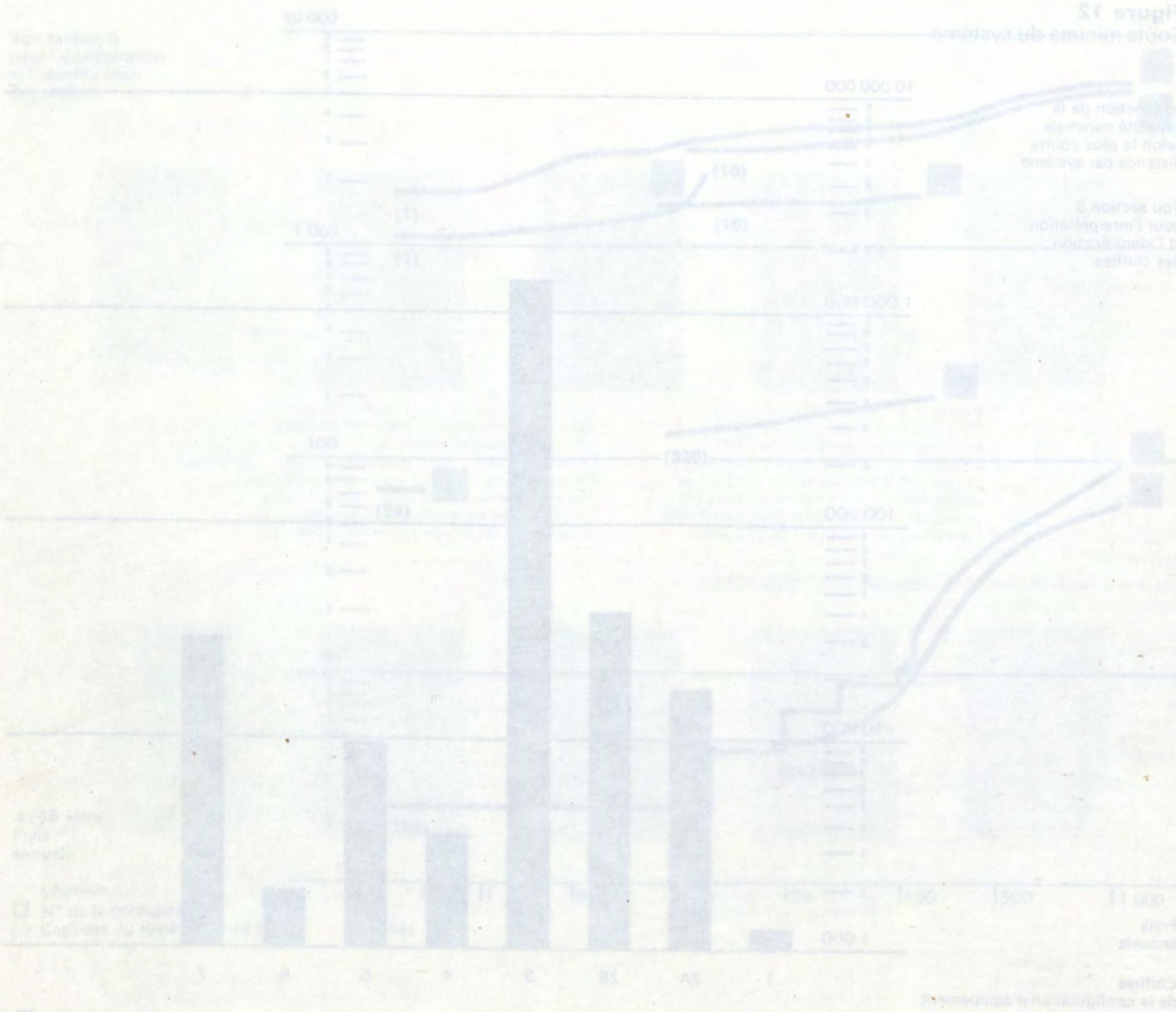
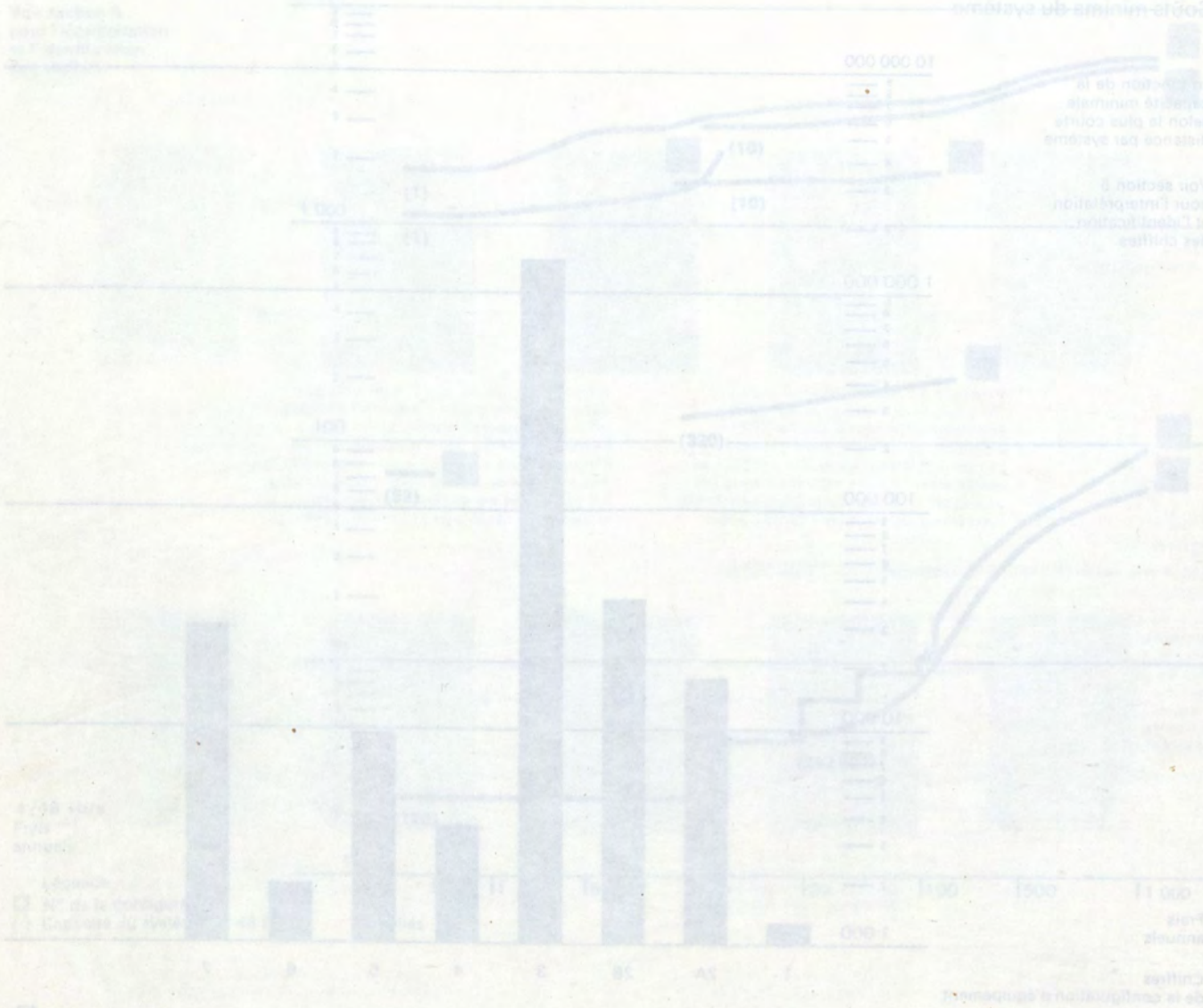


Figure 12
Coût minimum du système



Études

12

12

udes

12

Un réseau téléinformatique

Introduction	1	Appendice	21
La conjoncture canadienne	1	Bibliographie	36
Télécommunication	4		
3			
Réseaux existants en province	24		
4			
Contraintes et limitations	37		
5			
Conclusions	19		



Table des matières

Introduction	1	1	Appendice	21	
		La conjoncture canadienne		Bibliographie	36
		2			
		Considérations sur le réseau de			
		télécommunication			
		4			
		3			
		Réseaux existants ou projetés			
		11			
		4			
		Contraintes et limitations			
		17			
		5			
		Conclusions			
		19			

Introduction

La télétransmission de données n'en est encore qu'à ses débuts au Canada. Certains indices portent cependant à croire que la demande de services s'accroîtra d'ici peu à un rythme accéléré.

L'une des nombreuses difficultés à résoudre consiste à déterminer la forme que devra prendre le réseau reliant les abonnés entre eux. Le présent rapport fait la revue des types de réseaux le plus couramment utilisés ou projetés et compare leurs avantages respectifs. Nous formulons une proposition touchant la forme de réseau la mieux adaptée à diverses contraintes particulières au Canada, tels la géographie, les besoins du pays en téléinformatique, la croissance du trafic et ses modalités.

Nous nous arrêtons à la compatibilité nécessaire avec les réseaux extérieurs. En général, les recommandations précises sont impossibles à cause de l'évolution rapide des projets de réseaux téléinformatiques. Notre rapport contient cependant une revue des projets actuellement à l'étude en Amérique du Nord et en Europe.

Le développement ordonné d'un réseau intégré nécessitera l'entente des fabricants de matériel entre eux et leur collaboration avec les sociétés exploitantes de télécommunications. Cela devrait permettre l'établissement d'un protocole uniforme qui puisse convenir à l'utilisateur.

Ce processus de standardisation et le coût décroissant des éléments de logiques numériques et des éléments de mémoire auront pour effet de réduire le coût des services téléinformatiques et d'accroître la rentabilité des postes terminaux. La généralisation des usages est ainsi assurée.

1. La conjoncture canadienne

Pour éclairer les autres parties du présent rapport, nous tenterons de définir ici les paramètres extérieurs. Comme l'économie, la géographie et l'importance du trafic influencent la forme des réseaux de télécommunication, nous nous attacherons à l'information disponible en ces domaines.

Un réseau téléinformatique

a) *Qu'est-ce que la téléinformatique ?*

Au sens du présent rapport, il faut entendre par téléinformatique la communication entre machines électroniques qui peuvent comporter la gestion des programmes stockés (ordinateurs) ou n'être dotés que de terminaux câblés (téléimprimeurs ou terminaux à clavier).

b) *Qui a besoin de la téléinformatique ?*

Avant 1960, la télétransmission de données se faisait essentiellement entre machines à clavier, mais on a vu depuis se développer la communication entre ces terminaux et les systèmes informatiques. Les premiers systèmes consistaient en des installations de traitement sur place à l'usage des universités et des grands établissements de recherche; mais les systèmes publics, desservant des clientèles variées, acquièrent de plus en plus d'importance. Le passage du réseau privé au réseau public a également répandu l'usage du réseau téléphonique pour la télétransmission de données (2,35)*.

Presque tout le matériel terminal utilisé dans ces systèmes était déjà en service (p. ex. le téléscripteur) ou représentait une adaptation, selon les besoins de l'utilisateur d'équipement existant. L'évolution des années 70 exigera probablement des terminaux qui ne pourront fonctionner de façon satisfaisante à des vitesses aussi faibles que 30 caractères à la seconde; avec des terminaux comme les enregistreurs graphiques C. R. T., le débit doit correspondre à une vitesse d'au moins 50 kbits/seconde. Avec les coûts décroissants des éléments logiques et des modules de stockage, il devient concevable que des organes de traitement spécialisés soient intégrés à l'équipement terminal de l'utilisateur.

Cet équipement tend à abaisser la limite supérieure de la capacité de ligne, de sorte que les vitesses de transmission se situeront probablement entre 100 et 10 000 bits/seconde. Le trafic émanant d'un terminal présentera des à-coups, surtout à la limite supérieure, à cause du temps nécessaire à l'utilisateur pour répondre à l'information débitée par le terminal.

En plus du trafic actuellement assuré par les terminaux à clavier, qui sont surtout exploités en temps partagé, les calculateurs et le réseau devront donc être capables de répondre efficacement aux à-coups de ce trafic plus rapide. On dit des applications qui tombent

*Les chiffres entre parenthèses renvoient à la bibliographie.

dans cette dernière catégorie qu'elles sont orientées en fonction du « mouvement » puisque chaque échange de rafales de données entre le calculateur et un terminal rappelle un mouvement de capitaux (4,5,34).

Les données préliminaires recueillies pour le ministère des Communications par le Groupe d'étude sur la téléinformatique au Canada indiquent également que les plus forts taux de croissance sont enregistrés par ces domaines d'application. L'échange de données à vitesse moyenne dans le télétraitement par lots et les autres services similaires se maintient à des rythmes raisonnablement constants de 2,4 à 10 kb/s. En ce domaine, le taux de croissance est moins impressionnant, surtout à cause des prix unitaires relativement élevés du matériel (imprimantes, etc.) qui équipe les stations. Il en coûte souvent moins cher (vu l'accroissement rapide du rapport bénéfice-coût) d'utiliser, au lieu du poste de commande avec installations connexes et matériels de télétransmission, un petit dispositif de traitement autonome. Le taux de croissance du télétraitement par lots s'en trouve donc affaibli.

c) *Considérations d'ordre géographique et autres*

La population du Canada est en grande partie concentrée dans un corridor étroit le long de la frontière des États-Unis. Le commerce, les transports et les télécommunications suivent par conséquent un axe est-ouest et quelques voies affluentes du nord et du sud.

La généralisation des matériels informatiques moins importants et moins coûteux rend peu probable la réalisation d'un immense réseau de téléinformatique à petite vitesse s'étendant à tout le pays. Le développement du réseau s'effectuera plutôt en trois étapes, comme suit :

À mesure que se répandra la téléinformatique, on assistera à des concentrations notables du trafic lents, grâce aux techniques de multiplexage.

Tout accroissement de trafic aux points nodaux amènera ensuite une plus grande concentration de la programmation et des

agencements de multiplexage en parallèle.

La croissance des bases communes de données nécessitera l'installation aux points nodaux d'organes autonomes de traitement qui assureront la gestion locale des bases de données, ne laissant à l'unité centrale que les travaux occasionnels

(p. ex., le traitement d'énormes quantités de données).

Enfin, la petite installation locale sera remplacée par une unité centrale capable d'assurer un trafic beaucoup plus important aussi bien que la gestion d'une base de données commune.

À l'heure actuelle, il n'existe guère de normes touchant les services informatiques; aussi le réseau de télétransmission pourrait bien, aux premières étapes de son évolution, n'être qu'un ensemble de sous-réseaux. La normalisation des programgeries pour traitement

Un réseau téléinformatique

intérieur et extérieur, des méthodes de communication des programmes, de la composition des fichiers centraux, *et cetera*, permettra l'élaboration d'un réseau unique et homogène. Ainsi, vers la fin des années 70, si le nombre des utilisateurs augmente, le Canada pourrait bien être doté d'un réseau téléinformatique semblable au réseau téléphonique. Comme dans le cas de celui-ci, les fonctions de distribution et de commutation seront les plus onéreuses.

Selon les prévisions relatives à la croissance, de 3 à 5 p. 100 des terminaux de télécommunication serviront, en 1980, à la téléinformatique. Au Royaume-Uni, les prévisions sont à l'effet qu'en 1983, les besoins en services téléinformatiques (en bits-sec.) représenteront environ 5 p. 100 des besoins en services téléphoniques.

2. Considérations sur le réseau de télécommunication

La présente section porte sur les éléments de réseau actuellement disponibles ou projetés. Nous nous attachons en particulier aux éléments qui influent le plus fortement sur la téléinformatique.

a) Configuration

Dans leur forme la plus simple, les réseaux de télécommunication sont montés soit en étoile, soit en anneau. L'équipement actuel est disposé en étoile, l'abonné (au téléphone) étant relié en exclusivité par fil au centre de communication (bureau central). Les principaux avantages de cette disposition sont sa fiabilité (la rupture d'une boucle ne touche qu'un abonné) et la concentration au point nodal du matériel le plus complexe (p. ex., le commutateur à fréquence vocale (appendice, figure 5a).

Dans le réseau monté en anneau (8,9,10,33), la commutation ou le multiplexage de tous les branchements raccordés à l'anneau sont à enroulement distribué. Le poste terminal de l'utilisateur comporte suffisamment d'éléments logiques pour extraire de la ligne commune l'information qui lui est destinée. Évidemment, une défaillance des éléments logiques ou du courant à un poste terminal, ou une rupture de l'anneau, peut avoir des conséquences pour tous les abonnés branchés sur l'anneau. À cause de la complexité du montage en anneau, les postes terminaux coûtent plus cher d'entretien (ou doivent être plus sûrs et, par conséquent, plus coûteux à l'achat) que les terminaux desservis par des circuits en étoile (appendice, figure 5b).

Dans le cas de l'étoile utilisée dans les télécommunications modernes, les circuits de transmission bidirectionnelle empruntent ordinairement le même parcours, sous la même gaine. Dans la configuration en anneau, la transmission entre les points nodaux aurait probablement été unidirectionnelle.

Aux niveaux supérieurs du réseau téléphonique, où des systèmes à courant porteur assurent normalement la transmission entre les points nodaux, le montage en étoile est essentiellement maintenu, avec certaines modifications.

Les interconnexions sont permises entre les points nodaux du même niveau ou de niveaux différents, conformément à certains algorithmes, à certaines règles. La configuration en étoile est alors partiellement convertie en un troisième type de montage appelé réseau interconnecté (appendice, figure 5c), (18).

Ces jonctions de croisement transversal préviennent les pannes et l'encombrement aux points nodaux et fournissent des voies de secours pour l'acheminement du trafic. Si l'on choisit l'algorithme approprié et qu'on y conforme l'introduction de jonctions, le réseau général ou les sous-réseaux (réseaux privés, p. ex.) peuvent être agencés de manière à répondre à tous les besoins. Les sous-réseaux fonctionnent ordinairement selon un mode optimal lorsque toutes les jonctions sont réalisées conformément aux mêmes prescriptions.

En ajoutant certains matériels aux points nodaux, on donne une nouvelle dimension à la configuration du réseau, aspect que nous étudierons plus bas.

b) *Télétransmission*

Les signaux transmis sur la bande de base et les circuits qui les véhiculent peuvent être soit continûment variables (c'est-à-dire analogiques), soit à l'état zéro (c'est-à-dire numériques). Si la classification du signal n'est pas la même que celle du circuit, le signal doit être codé. Dans la modulation par impulsions codées, par exemple, le codeur opère la conversion analogique-numérique du signal. Le modem transpose un signal numérique (ordinairement binaire) en une forme analogique.

Quand le trajet à parcourir est long, il devient plus économique de multiplexer sur une fréquence porteuse un certain nombre de signaux transmis sur bande de base, ordinairement par division de fréquences ou par répartition dans le temps.

Un réseau téléinformatique

La plupart des systèmes multiplex en usage aujourd'hui sont du type analogique, et ce pour deux raisons historiques. La première c'est qu'au début les signaux à transmettre étaient surtout analogiques (phoniques) et la seconde, que jusqu'à une époque récente la technologie numérique était plus coûteuse. Cependant, avec l'intégration massive de dispositifs de commutation à semi-conducteur non linéaire, la technologie numérique est désormais viable. Les techniques numériques promettent une télétransmission de données moins coûteuse et plus sûre. Des économies semblent réalisables dans la transmission de la voix aussi bien que de données par l'intégration de la puissance de multiplexage et de commutation dans un calculateur numérique commun.

On trouvera à la figure 1 l'échelle des valeurs numériques proposée par la compagnie Bell. Le débit de 1 544 mb/s au plus bas niveau d'interconnexion (DSX-1) est devenu la norme en Amérique du Nord. Le deuxième niveau (DSX-2) a été adopté aux États-Unis, mais pas au Canada. On étudie actuellement les niveaux supérieurs (DSX-3 et DSX-4).

La figure 1 montre aussi les divers types de services que les installations numériques sont aptes à fournir et la manière dont ils s'insèrent dans le système numérique.

Au Canada, les disponibilités en voies numériques se limitent actuellement aux installations du type T1 en modulation par impulsions codées, mais d'autres réalisations sont à l'étude ou au stade du prototype et devraient être disponibles entre 1973 et 1975. La Northern Electric met actuellement au point un câble coaxial au niveau DSX-4, qu'elle appelle le LD-4. Des terminaux radionumériques fonctionnant à 20 et 30 mb/s sont également disponibles (Collins et Marconi, p. ex.), mais n'ont pas encore reçu la licence de fabrication. En outre, des travaux de recherche sont en cours aux Laboratoires Bell-Northern touchant la puissance et les caractéristiques de propagation des systèmes numériques fonctionnant à des fréquences supérieures à 10 GHz.

À l'heure actuelle, les seules installations numériques à transmettre des données sont du type T1. Les modes de transmission sont les suivants :

- i)* En utilisant un modem analogique à fréquence vocale, les données numériques sont d'abord transformées en un signal analogique qui est ensuite contrôlé par échantillonnage, puis acheminé sur le groupe de voies ordinaire (technique utilisable jusqu'à 4 800 b/s). Le rapport entre bits d'information et bits transmis par le circuit T1 (coefficient d'efficacité) est donc de l'ordre de 8 p. 100.
- ii)* Avant la transmission, on procède à l'échantillonnage du signal numérique à un fort débit. Pour limiter la distorsion, chaque bit est contrôlé au moins dix fois. Exemple : le groupe de voies B310/B/317 en modulation par impulsions codées, dans lequel sept voies de télétransmission de données ayant chacune une capacité maximale de 800 b/s correspondent à une voie à fréquence vocale. Le coefficient d'efficacité est ici de l'ordre de 9 p. 100.
- iii)* Le signal numérique est codé. Chaque bit d'information est codé en bits de trois à cinq lignes, ce qui élimine la nécessité d'un chronométrage absolu de tout le système. Le codage est plus efficace, mais beaucoup plus coûteux que l'échantillonnage. Le coefficient d'efficacité est d'environ 30 p. 100.

Aucun de ces trois modes de transmission n'utilise toute la capacité du réseau. L'utilisation maximale de la ligne (T1) serait évidemment atteinte si l'on pouvait coder chaque bit d'information en un bit unique. Nous pouvons, par conséquent, postuler un autre mode de télétransmission numérique :

- iv)* Si chaque bit d'information correspond à un bit unique sur la ligne numérique, le chronométrage du débit doit être absolu, autrement dit tout le système doit être synchrone puisqu'en télétransmission numérique il est impossible de coder d'information sur le chronométrage du débit.

Pour une voie téléphonique en modulation par impulsions codées, sur chaque mot P. C. M. de huit bits, sept bits correspondent à un débit linéaire de 56 kb/s. Le coefficient d'efficacité est ici d'environ 85 p. 100. Le huitième bit du mot P. C. M. est affecté à la surveillance du réseau. Pour les débits plus faibles (2,4, 4,8 ou 9,6 kb/s), qui sont les plus courants, on peut utiliser un sous-multiplexeur synchrone. Ainsi, une seule voie téléphonique pourrait comporter vingt voies (2,4 kb/s) au lieu d'une comme en transmission analogique. Comme l'entretien du sous-multiplexeur absorbe une certaine puissance, le coefficient d'efficacité tombe à 75 p. 100.

Le synchronisme entre les lignes numériques sera également indispensable si les données sont transmises selon ce mode sur plusieurs lignes. Le réseau numérique devra être synchrone.

Un réseau téléinformatique

c) *Commutation*

La commutation est ordinairement nécessaire à un point nodal. Cette fonction est aujourd'hui accomplie par une technique dite de répartition dans l'espace. Toutes les voies sont normalement commutées au niveau d'une bande de base analogique, la même voie servant à la communication internodale et à l'acheminement de l'information.

Il faut actuellement compter jusqu'à trente secondes pour que s'établisse la communication sur le réseau téléphonique commuté, délai qu'il faudra réduire si ce réseau doit servir à la télétransmission de données. On vise à obtenir des temps d'établissement de l'ordre de trois secondes. L'une des techniques envisagées consiste à dissocier la commutation internodale et la signalisation de contrôle des canaux d'information, puis à les rattacher à une voie commune. C'est de la signalisation intercentraux par voie commune (C. C. I. S.), dont un exemple est exposé à la Prescription n° 6 du C. C. I. T. T. Malheureusement, les dispositifs de commutation de cette capacité ne seront disponibles qu'en 1975.

L'un des grands désavantages du réseau téléphonique commuté pour la télétransmission de données est une piètre utilisation de la voie lorsque la quantité de données à transmettre est faible et que la durée d'occupation est longue. Cette difficulté peut être surmontée par le stockage de l'information aux points nodaux en attendant la libération de la voie. Un grand nombre de circuits logiques sont dérivés d'un nombre moindre de circuits réels. On peut prévenir le blocage des circuits en stockant l'information numérique jusqu'à ce qu'un circuit soit disponible. Ce mode de commutation suppose qu'un délai d'acheminement variable puisse être toléré. Mais le blocage peut encore se produire s'il y a manque de place en mémoire. Cela ne se produit que si les circuits de départ ne peuvent pas absorber toute l'information que reçoit le poste de commutation. Dans un poste bien aménagé, le phénomène est extrêmement rare et ne se produit que si les circuits de départ sont bloqués (en cas de panne, par exemple).

Un commutateur à mémoire peut fonctionner de deux façons : soit qu'il enregistre et achemine le message entier, soit qu'il le divise en fragments discrets, de longueur invariable, avant de l'acheminer. Dans ce dernier cas, l'information est limitée dans le temps et dans l'espace. Le commutateur passe le fragment de message après un bref intervalle (occupant les places vacantes) ou lorsque l'espace de stockage retenu d'avance est rempli. Le commutateur de messages entiers, au contraire, n'est limité que dans l'espace.

Comme on l'a vu, le multiplexage numérique des voies oriente la création du matériel en fonction du commutateur numérique intégré. Dans un réseau analogique à fréquence vocale,

cet appareil devra opérer la conversion analogique-numérique et numérique-analogique pour chaque voie, l'extraction des signaux, le multiplexage des voies au niveau T1, ainsi que la commutation.

Dans un réseau numérique, la commutation numérique reliera des voies équivalentes « numérisées » sans conversion analogique-numérique ou numérique-analogique. Ce type de réseau se prêtera donc très bien à la commutation numérique des circuits de télétransmission de données.

Ces commutateurs numériques seront interconnectés par des liaisons numériques et fonctionneront en C. C. I. S. Bien qu'on travaille actuellement à la mise au point de ces machines, elles ne seront pas en état de fonctionnement avant 1975 et leur mise en service ne se généralisera probablement pas avant 1980.

d) *Distribution*

L'équipement actuel de distribution locale est sûr et relativement peu coûteux à l'unité. Dans l'ensemble d'un réseau de télécommunication, il représente le plus fort pourcentage d'investissement. Diverses autres dispositions, comme le montage en anneau, sont donc à l'étude en vue de réaliser un système de distribution moins coûteux et plus souple, qui se prêterait également à l'acheminement des signaux sur large bande qu'exige, par exemple, la télétransmission visuelle. L'équipement actuel à deux fils a une capacité suffisante pour permettre la télétransmission de données à des débits se situant entre 20 et 50 kb/s, et si l'on met le soin voulu à organiser le service, des débits très supérieurs seront possibles à des coûts plus élevés. Aucune conclusion n'a encore été tirée de ces études quant aux formes possibles d'équipement de distribution, et les effets de tout changement au mode actuel de distribution ne se feront pas sentir avant les années 80.

e) *Télétransmission de données*

Des modems transforment actuellement les signaux numériques produits par un terminal et leur donnent la forme analogique qui convient à la transmission sur le réseau téléphonique. À l'arrivée, c'est encore le modem qui opère la conversion analogique-numérique.

Un réseau téléinformatique

Les principales déficiences des voies de transmission à fréquence vocale sont connues et servent à établir les spécifications relatives à la qualité de ces voies. Ce sont :

- La distorsion d'affaiblissement (caractéristique d'amplitude)
- La distorsion par retard de propagation
- Le rapport signal-bruit
- Le bruit d'impulsion

La conception du réseau, son entretien et la tarification sont fonction de ces spécifications. D'autres paramètres, cependant, qui sont normalement sans importance en phonie et qui, par conséquent, ne figurent pas dans les spécifications relatives aux circuits acoustiques, peuvent influencer fortement sur la télétransmission de données. Ce sont, notamment :

- Le tremblement de phase
- Les variations du temps de réponse aux impulsions
- Les impulsions perturbatrices
- La distorsion non linéaire
- Les déphasages brusques
- Le taux d'erreurs imputables à la société exploitante

Bien qu'il existe une spécification touchant les impulsions perturbatrices, elle est incomplète en ce qu'elle ne tient pas compte du rapport entre la puissance et la durée de l'impulsion. Il n'existe pas, non plus, de méthode généralement adoptée pour introduire l'impulsion perturbatrice comme paramètre dans un modèle de voie. C'est pourquoi ce paramètre figure dans notre deuxième énumération.

La plupart des déficiences du deuxième groupe sont attribuables à l'ancienneté des équipements : le tremblement de phase, le déphasage brusque et l'impulsion perturbatrice sont beaucoup moins prononcés dans les matériels conçus et construits depuis 1965. Cependant, le remplacement des matériels antérieurs à la télétransmission de données demandera du temps et des capitaux.

Vu le grand nombre de voies que comporte le réseau et la nature statistique de ces voies, les normes de rendement s'expriment naturellement en fonction d'une distribution statistique. Il existe une relation étroite entre toutes ces déficiences de voies et les paramètres de performance des modems, comme la vitesse de fonctionnement, le taux d'erreurs et le prix. Tous les types de modems sont donc des solutions de compromis auxquelles on a recours pour minimiser l'incidence des déficiences. (C'est ainsi que les sociétés exploitantes de télécommunications n'ont d'exigences quant au taux d'erreurs, par exemple, qu'à l'égard des modems qu'elles fournissent.) Les préférences quant au procédé de modulation, compte tenu du débit et d'autres paramètres, sont indiquées au tableau 1.

Un réseau téléinformatique

Tableau 1
Télétransmission de données sur les voies analogiques à fréquence vocale

Débit b/s	Mode	Procédé de modulation	Application	Facilité d'application	Prix approximatif du marché (en \$ É.-U.)	Commentaires
1 200	2 fils	transposition de fréquence	réseau commuté	facile	\$ 440 – 1 200	bidirectionnelle simultanée jusqu'à 300 b/s bidirectionnelle jusqu'à 1 200 b/s
2 400	2 fils	déphasage	réseau commuté	facile	\$ 2 500	semi-duplex à 4 niveaux (ou duplex total ou ligne directe 4 fils)
4 800	2 fils	PSK ou VSB- AM	ligne directe	réalisable	\$ 6 500 – 10 000	4 à 8 niveaux avec dispositif de compensation
9 600	4 fils	VSB-AM ou PSK	ligne directe	un peu difficile	\$ 10 000 – 15 000	8 à 16 niveaux avec dispositif de compensation

Tableau 2
Taux d'erreurs

Source	Débit kb/s	Erreurs dans les bits	Longueur des blocs (en bits)	Erreurs dans les blocs	Longueur des circuits	Remarques	Référence																																																														
Forces armées É.-U.	4,8	$1 * 10^{-5}$			1 000 à 5 300 milles	Ligne directe, diffusion troposphérique sur certaines liaisons	31																																																														
	9,6	$1 * 10^{-5}$						Bell System	0,3	$1 * 10^{-5}$, 95 % du temps				Réseau commuté	11	1,2	$1 * 10^{-5}$, 82 % du temps	1 000	mieux que		12	2,0	$1 * 10^{-5}$, 82 % du temps	1 000	$1 * 10^{-2}$			3,6	plus bas	1 000				4 8	plus bas	1 000				République fédérale d'Allemagne	0,2	$1,5 * 10^{-5}$	1 024	$4 * 10^{-2}$		Réseau commuté	47	1,2	$8 * 10^{-5}$	1 025	$2 * 10^{-2}$		2,4	$8 * 10^{-5}$	1 024	$1 * 10^{-2}$		Italie	40,8	10^{-5} to 10^{-6}	500	10^{-4} to 10^{-5}	$\leq 1 500$ km	Ligne directe ; variation du taux d'erreurs selon l'heure du jour	65	U. R. S. S.	72	$2,4 * 10^{-3}$ à $8,1 * 10^{-6}$ moyenne $4,6 * 10^{-4}$	
Bell System	0,3	$1 * 10^{-5}$, 95 % du temps				Réseau commuté	11																																																														
	1,2	$1 * 10^{-5}$, 82 % du temps	1 000	mieux que			12																																																														
	2,0	$1 * 10^{-5}$, 82 % du temps	1 000	$1 * 10^{-2}$																																																																	
	3,6	plus bas	1 000																																																																		
	4 8	plus bas	1 000																																																																		
République fédérale d'Allemagne	0,2	$1,5 * 10^{-5}$	1 024	$4 * 10^{-2}$		Réseau commuté	47																																																														
	1,2	$8 * 10^{-5}$	1 025	$2 * 10^{-2}$																																																																	
	2,4	$8 * 10^{-5}$	1 024	$1 * 10^{-2}$																																																																	
Italie	40,8	10^{-5} to 10^{-6}	500	10^{-4} to 10^{-5}	$\leq 1 500$ km	Ligne directe ; variation du taux d'erreurs selon l'heure du jour	65																																																														
U. R. S. S.	72	$2,4 * 10^{-3}$ à $8,1 * 10^{-6}$ moyenne $4,6 * 10^{-4}$			1 000 km	Ligne directe	66																																																														

Les normes nord-américaines du Bell System et les recommandations du C. C. I. T. T. comportent des dispositions concernant les modems dont le débit peut atteindre 2 400 b/s, de manière à rendre interconnectables les modems de différents fabricants. Pour des débits supérieurs à 2 400 b/s, la normalisation n'existe pas encore et, dans un réseau commuté, les utilisateurs peuvent avoir des modems incompatibles aux deux extrémités d'un circuit de données. Cela peut constituer un problème grave pour la société exploitante et pour les utilisateurs.

Le branchement numérique à quatre fils, par contre, où les données numériques sont transmises sur la bande de base, est capable de débits atteignant 10 000 b/s, mais il faut alors compter un prix de \$1 000 à \$1 500. Pour que le branchement numérique soit rentable, le réseau doit être entièrement numérique. Et si le branchement est plus long que de quatre à six milles, des répéteurs numériques doivent être installés.

f) *Mesures du taux d'erreurs sur les réseaux existants*

L'incidence des défauts sur la télétransmission numérique de données n'étant pas la même que sur la transmission phonique, plusieurs sociétés de téléphone et de télégraphe ont mesuré le taux d'erreurs sur leurs réseaux. Les résultats des essais auxquels on a soumis le réseau Télex se retrouvent dans la bibliographie (35,67,68), et le taux d'erreurs le plus vraisemblable est d'une en 10^5 bits (ou cinq en 10^5 caractères de l'alphabet n° 2 du C. C. I. T. T.).

Pour ce qui est du taux d'erreurs sur le réseau public de téléphone, les résultats ci-dessous ont été fournis par diverses administrations dont les méthodes de mesure étaient aussi proches que possible des directives du C. C. I. T. T. (17). Ces résultats sont résumés au tableau 2.

3. Réseaux existants ou projetés

La première demande de services au public de télétransmission de données a été satisfaite par une extension du réseau Télex et du réseau téléphonique commuté. Toutefois, ces réseaux avaient été conçus pour transmettre les communications écrites et parlées avec toutes leurs redondances et ne répondaient pas, quant au taux d'erreurs, aux exigences de la télétransmission de données. Le temps nécessaire à l'établissement de la communication entre deux abonnés, qui est minime en téléphonie, devient très long si on le compare

Un réseau téléinformatique

au temps nécessaire à la transmission d'un bloc limité, de données, d'où exploitation inefficace du réseau. En outre, la largeur de bande utilisée pour les services ci-dessus étant limitée, la plus grande vitesse disponible est de 2 000 b/s. Pour satisfaire certaines de ces demandes, de nouveaux services ont fait leur apparition au Canada : télétransmission à large bande, Multicom et service de régulation des messages par ordinateur (M. S. D. S.). Cependant, comme le trafic de données s'accroît rapidement — certains pays prédisent un taux annuel de croissance de 20 à 100 p. 100 — on fait les plans de réseaux qui devront répondre aux besoins de l'avenir.

Nous donnons ci-dessous une brève description des plus récents réseaux de télétransmission de données au Canada et à l'étranger, ainsi que les projets de réseaux futurs. L'appendice contient des renseignements plus détaillés sur certains de ces réseaux.

Au Canada

a) Le Réseau téléphonique transcanadien (R. T. T.) (1,3) :

Le R. T. T. offre déjà ou annonce les services suivants de télétransmission de données :

- Dataphone — où les données sont acheminées par les voies téléphoniques à l'aide de modems.
- T.W.X. — service de télécrypteur à commutation automatique reliant des terminaux à clavier qui fonctionnent à faible vitesse.
- La commutation ou régulation des messages par ordinateur (M. S. D. S.) est offerte aux abonnés desservis par les lignes privées à branchements multiples ou par le réseau T. W. X. Le débit maximal est de 300 b/s.
- Multicom — désignation commune de trois types de services :
 - i) Multicom à petite vitesse, empruntant des voies commutées dont le débit est inférieur à 1 200 b/s, multiplexées sur des lignes interurbaines à fréquence vocale attribuées en exclusivité.
 - ii) Multicom à vitesse moyenne, service commuté et mesuré empruntant des voies analogiques de quatre fils, spécialement adaptées, et une largeur de bande de 4 kHz.
 - iii) Multicom à grande vitesse, empruntant des voies commutées à large bande de 44 kHz. Ce service comprend la fourniture d'une voie supplémentaire à fréquence vocale de 4 kHz pour la coordination des opérations.
- On annonce la mise en service d'un petit réseau synchrone de télétransmission numérique par lignes privées, dont le débit sera de 2,4, 4,8 ou 9,6 kb/s.
- Divers autres services sont également disponibles, dont DATA-FX et les lignes directes.

b) Télécommunications C. N. — C. P. (6)

- Service commuté et mesuré entre terminaux à clavier de faible vitesse, empruntant le réseau Téléx.
- Service de télétransmission à large bande, commuté et mesuré, empruntant des voies analogiques de quatre fils dont la fréquence varie entre 4 et 48 kHz, comprenant une voie à fréquence vocale pour la coordination.

- Réseau TeleNet reliant des terminaux à clavier de faible vitesse, doté de commutateurs à mémoire où les messages peuvent être stockés en cours d'acheminement.
- Service de lignes directes.

Aux États-Unis

a) American Telephone and Telegraph (A. T. & T.) (97)

- Dataphone — désignation commune de tous les services de télétransmission de données sur le réseau analogique commuté. Les débits disponibles atteignent 50 kb/s.

- Un réseau numérique de télétransmission de données par lignes directes reliera tout le pays en 1974. Les débits offerts seront de 2,4, 4,8, 9,6 ou 56 kb/s.

b) Western Union (24,25)

Tous les services de télétransmission de données actuellement fournis par la Western Union, tels Telex, Broadband et Information Services Computer System, seront intégrés au réseau COMMPLANT, qui comportera des voies numériques et analogiques.

c) Datran (28,32)

Datran se propose d'offrir, en 1974, des services de télétransmission numérique de données à des vitesses de 4,8, 9,6 ou 14,4 kb/s. Ces services seront commutés ou par lignes directes.

d) A. R. P. A. (19,20,21,22,23)

L'Advanced Research Project Agency (A. R. P. A.) a installé, à titre expérimental, un système à dix points nodaux utilisant des circuits à large bande pour la télétransmission et de petits ordinateurs pour la commutation des messages à ces points nodaux. Ce réseau est essentiellement de caractère privé.

Un réseau téléinformatique

e) Microwave Communications Inc. (M. C. I.) (28,29)

Le M. C. I. fournira des services interurbains de lignes directes sur des voies analogiques. Diverses largeurs de bande seront disponibles. Cette société ne s'occupe pas de distribution locale.

Au Royaume-Uni (36,37,43,44,45,55)

- La Poste britannique offre des services de télétransmission de données sur le réseau Téléx et sur le réseau téléphonique. Ce sont des services commutés ou de lignes directes. Les débits maximaux sont de 2,4 ou 1,2 kb/s respectivement.
- En prévision d'une expansion phénoménale de la téléinformatique, on projette l'établissement d'un réseau synchrone pour transmettre les données numériques à des vitesses de 200, 2 400, 9 600 ou 48 000 b/s. Grâce à des commutateurs numériques, la communication sera établie en 100 microsecondes environ. La commutation par lots pourra être offerte si elle est jugée acceptable.

En Allemagne (48,49,55)

- Des services de télétransmission de données sont actuellement disponibles sur le réseau Téléx et sur le réseau téléphonique. Le débit maximal du réseau commuté de la Poste est de 1 200 b/s.
- En 1973, la Poste ajoutera au réseau Téléx des centraux de commutation électronique (50,51,52,53). Ces centraux serviront également à la télétransmission commutée de données à des vitesses de 200, 2 400 ou 9 600 b/s.

En France (64,65).

- Un réseau commuté empruntant des voies spécialement adaptées transmet les données au rythme de 2,4 ou 4,8 kb/s. Le réseau Téléx offre des débits atteignant 200 b/s.
- La mise en service du réseau Hermès pour la télétransmission de données numériques est prévue pour 1976. Ce réseau sera probablement intégré au réseau téléphonique M. I. C.

En Suède (54,63)

- Le trafic de données est actuellement acheminé par le réseau public de téléphone et par des lignes louées, à l'aide de modems fonctionnant à 200, 600, 1 200 et 2 400 b/s ou 40 kb/s.
- Un réseau séparé pour la télétransmission de données, comportant trois centraux de commutation, est présentement à l'étude. Des concentrateurs, télécommandés par ces centraux, serviront de liaisons entre abonnés et

centraux. On pourra obtenir la transmission isochrone à des vitesses de 1 200, 2 400, 4 800 ou 9 600 b/s et la transmission asynchrone jusqu'à 300 b/s. Prévoyant une sous-utilisation des lignes interurbaines durant la période initiale, on se propose de ne commuter que les circuits. Cependant, lorsque le nombre de terminaux aura augmenté et aussi pour l'interconnexion avec les réseaux étrangers, on fera peut-être appel à la commutation par lots.

Le projet de la Suède en matière de synchronisation du réseau et des groupes est semblable au programme britannique.

En Italie (55)

Les données peuvent être transmises jusqu'à 2 400 b/s sur des circuits publics à fréquence vocale et jusqu'à 200 b/s sur le réseau Télex. On peut également louer des circuits Télex à large bande dont le débit est de 48 000 b/s.

Au Japon (55)

- Un réseau commuté de télétransmission de données séparé du réseau téléphonique et fonctionnant à une vitesse maximale de 1 200 b/s devait être mis en service en 1971.
- La ville de Tokyo s'est récemment dotée d'un service de calcul où des téléphones à clavier Touch-Tone donnent accès à un ordinateur préalablement programmé. La réponse de l'ordinateur est transmise en phonie par un appareil de sortie.

4. Contraintes et limitations

Vu la progression des échanges internationaux et leurs incidences sur l'économie canadienne, les communications d'affaires acquerront de l'importance au cours de la présente décennie. L'accroissement des coûts de main-d'œuvre que subit le monde industrialisé tend à accélérer la mécanisation. Le trafic de données entre ordinateurs et machines comptables suivra donc la même courbe que l'activité commerciale du pays.

Un réseau téléinformatique

En conséquence, le Canada devra considérer les États-Unis comme son principal « interlocuteur » en téléinformatique, le Marché Commun comme le deuxième, les autres régions du globe ayant une importance moindre.

De nombreuses propositions ont été soumises à la considération du C. C. I. T. T., qui formulera des recommandations pour la création d'un réseau téléinformatique mondial. L'Allemagne propose un réseau asynchrone (48) tandis que la France (64), l'Angleterre (45) et l'A.T. & T. (É.-U.) (7) suggèrent des versions de réseau synchrone légèrement différentes. Aux États-Unis, plusieurs autres réseaux, tels Datran (32,28) et M. C. I. (28,29), sont au stade des études.

Comme il est souhaitable que l'utilisateur puisse accéder automatiquement à tous les réseaux étrangers en y appliquant le même protocole qu'au réseau canadien, les sociétés exploitantes de télécommunications devront fournir un grand effort de normalisation pour permettre l'interconnexion. Il semblerait donc plus sûr d'attendre que certains projets de réseaux aient été réalisés avant d'organiser la télétransmission de données; mais comme il faut compter au moins cinq ans pour la conception de l'équipement et la mise en service d'un réseau de télétransmission, toute attente pourrait être jugée inacceptable. D'autre part, une action immédiate pourrait avoir pour conséquence une incompatibilité entre le réseau canadien et les réseaux étrangers. La question doit donc être abordée avec prudence et avec la plus grande vigilance.

Si les incompatibilités sont inévitables, les sociétés exploitantes devront d'abord satisfaire les besoins du Canada et viser ensuite à la plus grande comptabilité possible avec les réseaux américains, puisque la plus grande part du trafic international de données sera dirigée sur ces réseaux.

Si, dans les nouveaux réseaux, la commutation et la télétransmission étaient numériques, et il semble que la tendance actuelle des planificateurs soit en ce sens, l'incomptabilité ne fait déjà plus de doute, à cause des préférences de l'Amérique du Nord et de l'Europe en matière de multiplexage par répartition dans le temps.

On estime que dans les réseaux actuels de télécommunication, la distribution locale absorbe une plus large part des investissements que la commutation et que la transmission. Pour le trafic de données, la « numérisation » de la commutation et de la transmission permettra de réaliser des économies; jusqu'ici cependant on n'a pas trouvé le moyen de réduire le coût des équipements de distribution.

5. Conclusions

Nous exposons ci-dessous un certain nombre de conclusions quant à l'évolution prévisible de la télétransmission de données, compte tenu des installations disponibles dans la présente décennie :

- Dans un cadre d'utilisation locale, la télétransmission de données jusqu'à 1 200 b/s ne sera probablement jamais moins coûteuse qu'elle ne l'est actuellement. Le coût des modems, et par conséquent de la transmission à ces débits, ne pourrait être abaissé que par une production massive de ces dispositifs. Si la demande était suffisante, le modem pourrait bien, dès la présente décennie, être compris dans un montage intégré qui permettrait sans doute des économies dont l'importance ne se mesure que d'une manière approximative.
- Pour des débits excédant 2 400 b/s la meilleure solution semble être l'utilisation d'un réseau de distribution entièrement numérique. Pareil réseau n'existe pas. Dans sa conception, il faudra tenir compte des difficultés inhérentes aux modes actuels de télétransmission de données, notamment le coût élevé des installations et de leur entretien, les longs délais de mise en communication, *et cetera*. En outre, le réseau numérique devra pouvoir assurer des services additionnels, par exemple, la commutation des messages.
- Grâce à l'abaissement du coût de la logique numérique, le terminal de l'abonné sera capable de fonctions logiques plus complexes (il sera plus *intelligent*). Le poste terminal lui-même sera également moins coûteux.
- De petits organes de traitement numérique rempliront des fonctions spécialisées de contrôle à l'intérieur du réseau et des fonctions de raccordement au réseau.
- Les informations recueillies par le Groupe d'étude sur la téléinformatique au Canada indiquent que le trafic de données ne représentera, en 1980, que de 3 à 5 p. 100 de toutes les télécommunications. Les économies d'échelle maximales ne pourront donc être réalisées que par le partage le plus poussé des réseaux de télécommunication.
- Les constructeurs de matériel informatique devront se mettre d'accord sur un protocole de télétransmission et collaborer entre eux ainsi qu'avec les fournisseurs de matériel de télécommunication. Un organe de traitement, spécialement conçu et programmé, ne devrait pas être relié à deux ordinateurs de fabrication différente, comme c'est le cas aujourd'hui. Le normalisation du protocole et des codes résoudrait cette difficulté.
- Les essais en service réel, comme ceux auxquels est soumis le réseau A. R. P. A., et les recherches théoriques doivent se poursuivre si l'on veut établir la viabilité économique de la commutation par lots.
- Lors d'un voyage en Europe en 1971, nous avons constaté que la multiplication rapide des terminaux informatiques, la croissance prévue de la demande de services au cours des années 70 et un réseau téléphonique surchargé exercent de fortes pressions pour que soient construits des réseaux téléinformatiques. En Amérique du Nord, grâce aux solutions de rechange dont on dispose pour la télétransmission de données (Dataphone, Multicom, Broadband), les pressions s'exercent en faveur de réseaux plus économiques et plus faibles plutôt que de la satisfaction de besoins pressants.
- Le présent rapport examine les capacités technologiques de l'avenir et non la gamme de services qui pourront être offerts quand ces capacités seront disponibles. Il ne porte pas non plus sur les nouveaux types de services qui pourraient être fournis avec les capacités existantes (le réseau A. R. P. A., par exemple, fait appel à la technologie

Un réseau téléinformatique

actuelle). Une exploration des futurs concepts de services reposant sur la

technologie existante ou en cours de développement sera toutefois nécessaire

avant qu'un schéma de réseau soit mis au point.

En résumé, il semble que la télétransmission de données soit dans un cercle vicieux : le faible volume de la demande dont font l'objet les services de télétransmission ainsi que les matériels et programmes nécessaires pour les assurer, fait que ces services sont encore très coûteux. Bien sûr, la progression de la demande fera baisser le coût unitaire des terminaux et des raccordements au réseau. Pour avoir un réseau utilisable collectivement et pour éliminer les coûteuses dispositions spéciales, les sociétés exploitantes devront relier leurs installations aux matériels de télétraitement par des interfaces normalisées. Le protocole d'interface peut être différent selon les catégories de trafic (mouvements, transfert massif de données, exploitation en temps partagé); mais les terminaux affectés à un usage donné doivent utiliser le même protocole. La normalisation en ce domaine devrait, sans plus tarder, retenir la meilleure attention de l'Organisation internationale de normalisation (I. S. O.) et des organismes nationaux.

Appendice

On trouvera dans cet appendice des précisions sur les réseaux existants et projetés.

1. Au Canada

a) Réseau téléphonique transcanadien (R. T. T.) (1,2)

En plus du Dataphone et du T.W.X., le R. T. T. offre deux services de télétransmission de données dont la tarification est basée sur le temps d'utilisation ou sur le nombre d'appels : les services Multicom à grande et à moyenne vitesse, installés en juin 1970, qui permettent la transmission bidirectionnelle simultanée sur quatre fils, à des vitesses de 19,2, 40,8 ou 50 kb/s, et qui comportent une voie téléphonique complémentaire pour la coordination. Les temps de raccordement d'une extrémité à l'autre du pays ne sont jamais supérieurs à 3,5 secondes.

Le Multicom à grande vitesse est un système à six fils comportant trois centres de commutation, qui sont situés à Montréal, Toronto et Calgary. La voie téléphonique à deux fils se termine sur un distributeur à barres croisées (n° 5) qui, d'autre part, commande un relais matriciel pour connecter la voie de télétransmission de données à quatre fils. Les branchements à large bande sont munis de répéteurs et les câbles couplés sont compensés. La transmission inter-centraux emprunte les lignes T1 et ses terminaux spécialisés ou le réseau à large bande. La transmission est synchrone, mais l'exploitation asynchrone est aussi possible à l'aide d'un appareil spécial, tel le bélinographe, par exemple.

Le Multicom à vitesse moyenne, qui est en exploitation depuis décembre 1970, est un système combiné de transmission de la parole et de données qui permet la transmission bidirectionnelle de données à 2 400 ou 4 800 b/s. Des débits supérieurs seront atteints lorsqu'on disposera de terminaux fiables et économiques. Le temps maximal de raccordement, d'une extrémité à l'autre du pays, est de trois secondes.

Il s'agit d'un service sur quatre fils qui emprunte des lignes d'accès et des liaisons inter-urbaines à fréquence vocale. Conformément à la Prescription 4B (2), le nombre de lignes intermédiaires exploitées en tandem est limité à trois. Les cinq centres de commutation sont situés à Vancouver, Calgary, Winnipeg, Toronto et Montréal (figure 3). Ces centres sont équipés de distributeurs à barres croisées, qui sont des versions modifiées du dispositif 758C de la Western Electric. Les appels sont automatiquement réacheminés si toutes les lignes reliant deux centres sont occupées. Tous les dispositifs 758C sont conçus en fonction du réseau multigrille, tous les centres ayant le même rang à l'intérieur du réseau.

Un réseau téléinformatique

Bien que le débit ne dépasse pas actuellement 4,8 kb/s, le système adapté serait capable d'un débit de 9,6 kb/s. Le Multicom se prête à des services complémentaires facultatifs : réponse automatique, mise hors circuit des calculateurs, signalisation automatique, liaisons permanentes, *et cetera*.

Le Multicom à faible vitesse empruntera des voies commutées, qui seront multiplexées sur des lignes interurbaines à fréquence vocale affectées en exclusivité. Il servira de complément aux services spécialisés existants, tel DATA-FX.

Calendrier : disponible en 1971.

Pour le trafic lent de données, où le débit de signalisation est inférieur à 300 b/s, le R. T. T. dispose d'un réseau de lignes directes qui fournit un service de régulation des messages par ordinateur (M. S. D. S.). Des groupes de terminaux sont reliés par des lignes omnibus communes à l'ordinateur de commutation. Le trafic est acheminé suivant le principe du balayage et il est commandé par l'ordinateur central qui mémorise les messages et les envoie en temps opportun. On peut établir un ordre de priorité. À l'heure actuelle, le délai d'acheminement moyen est de 90 secondes. Le M. S. D. S. permet des services divers, dont l'adressage multiple, les échanges directs intra-lignes. Un abonné au T.W.X. peut également être raccordé aux groupes de terminaux du M. S. D. S. et profiter de la régulation par ordinateur pour communiquer avec les autres abonnés au T. W. X.

Calendrier : inauguré en 1968.

Le R. T. T. a réalisé en 1971 l'installation d'un système restreint de télétransmission de données numériques par lignes directes, qui permet d'évaluer les techniques qui pourraient être appliquées à la création d'un réseau vers le milieu des années 70. Le système aura un débit isochrone de 2,4, 4,8 ou 9,6 kb/s à l'interface de l'abonné. La transmission est bidirectionnelle simultanée et l'on vise à un taux d'erreurs d'une en 10^7 95 p. 100 du temps. Pour atteindre cet objectif, on utilise des répéteurs à réaction pour corriger la forme et le chronométrage des signaux. À la boucle locale on applique une technique de transmission numérique sur quatre fils et des répéteurs à réaction pour les distances supérieures à six milles. Le système radio actuel est doté d'installations de régénération pour la transmission sur les longs parcours.

Calendrier : première étape achevée en 1971.

b) *Télécommunications C. N. — C. P.* (6)

En novembre 1967, les télécommunications C. N. — C. P. ont inauguré un service de télécommunication sur large bande, le Broadband Exchange Service, pour acheminer les données numériques et les signaux analogiques. L'abonné peut choisir, pour chaque communication, une largeur de bande de 4, 8, 16 ou 48 kHz sur une voie de quatre fils commandée par les courants vocaux. Le meilleur délai de raccordement, d'une extrémité à l'autre du pays, est de deux secondes. (Une brochure des C. N. — C. P. indique 3,5 secondes.)

Le « Broadband » est un système à commutation de circuits dont la tarification est basée sur le temps d'utilisation et sur le nombre d'appels, télécommandé par un dispositif solide et dont les circuits sont reliés par des commutateurs à lames.

Les branchements d'abonnés sont des circuits à quatre fils dont la largeur de bande maximale est déterminée par les exigences de l'abonné. S'il a besoin de 4 kHz, par exemple, la largeur de bande du branchement n'excédera pas 4 kHz. Si, par inadvertance, il fait l'indicatif d'un circuit utilisant une bande plus large que le sien ou celui de son interlocuteur, l'appel ne passe pas et son erreur lui est signalée.

Le réseau comprend quatre centres principaux de commutation, situés à Montréal, Toronto, Winnipeg et Vancouver (figure 2). Les abonnés sont raccordés à un centre par des liaisons directes ou, s'ils en sont très éloignés, par des concentrateurs.

Le système offre des installations facultatives, notamment la « frappe abrégée », les liaisons permanentes, les téléconférences à présélection et l'accès limité.

Calendrier : annonce du service en 1967.

Inauguration en 1968.

Au cours du premier trimestre de 1971, les Télécommunications C. N. — C. P. inauguraient TéléNet. Il s'agit d'un service de commutation de messages commandé par ordinateur qui, comme le M. S. D. S. du R. T. T., repose essentiellement sur un réseau privé. Les ordinateurs, des Philips DS-714 (56,58,59), sont installés à Montréal et à Toronto.

Un réseau téléinformatique

Les postes d'abonnés sont de trois types, selon le volume du trafic ou la qualité du service exigée :

- Les postes de la classe A, destinés aux forts volumes, sont desservis par un circuit et un organe d'admission affectés en exclusivité. Cependant, un circuit peut être partagé par plusieurs postes du même réseau.
- Les postes de la classe B sont destinés aux volumes moyens. Les organes d'admission des ordinateurs sont partagés par plusieurs abonnés, qui y accèdent par les réseaux Téléx (50 b/s) ou Data-Téléx (180 b/s).
- Les postes de la classe C, destinés aux faibles volumes, sont semblables à ceux de la classe B.

Ce service comporte la conversion de vitesse et de code, l'adressage multiple.

Calendrier : inauguration en 1971.

2. Aux États-Unis

a) *American Telephone and Telegraph* (7)

L'A. T. & T. se propose d'instaurer en 1974 un réseau national de télétransmission numérique de données par lignes privées, qui sera indépendant des services existants de lignes privées et de Dataphone. Les débits offerts seront de 2,4, 4,8, 9,6 ou 56 kb/s. Contrairement au Multicom et au Dataphone, il ne comportera pas de circuit acoustique de secours ou de coordination. La liaison poste à poste sera synchrone. On prévoit un service de lignes partagées. Pour les voies à 2,4, 4,8 ou 9,6 kb/s, la composition du signal pour le multiplexage est (6 + 2), soit 6 bits de données utiles + 1 bit de contrôle + 1 bit de réglage. Ainsi, la voie de 64 kb/s en M. I. C. pourrait comprendre 20 voies de 2,4 kb/s, ou 10 de 4,8 kb/s, ou cinq de 9,6 kb/s. Le bit de réglage est nécessaire au sous-multiplexage et le bit de contrôle indique si la composition du signal comprend ou non des données ou de la signalisation de l'abonné. Pour la voie de 56 kb/s, le bit de réglage des sous-multiplexeurs n'est pas nécessaire ; la composition du signal comprend donc 7 bits de données et 1 bit de contrôle. Les installations de télétransmission seront numériques. Le synchronisation de ce système sera assurée par des chronomètres (à quartz) auxiliaires, très stables mais électroniquement variables. Ces chronomètres seront commandés par des chronomètres principaux, en phase rigide avec une source maîtresse de chronométrage.

On étudie actuellement diverses formes de services commutés de données, basés sur les voies numériques et sur les compositions de signaux ci-dessus décrites.

Calendrier : mise en service prévue en 1974.

b) *Western Union (24,25,26,27)*

La Western Union projette l'intégration des réseaux informatiques existants en un réseau unique, le COMPLANT. Le nouveau réseau englobera les réseaux Téléx et T. W. X., les services actuels de liaisons permanentes et Broadband de la Western Union, ainsi que l'Information Services Computer System (I. S. C. S.). La transmission numérique asynchrone sera limitée à 300 b/s. Au-dessus de 300 b/s, elle sera synchrone. Il y aura deux types de réseaux commutés, l'un numérique et l'autre analogique. Le réseau numérique acheminera le trafic synchrone jusqu'à 9 600 b/s et le trafic asynchrone; il sera transparent quant au code et à la vitesse. Le réseau analogique sera commuté par division dans l'espace et pourra ainsi transmettre les signaux du réseau numérique. Ce réseau analogique commuté fournira les services Broadband et de liaisons permanentes ainsi que toute la télétransmission de données à grande vitesse. Les centres de commutation seront commandés par des ordinateurs programmés par mémoire, la signalisation et la surveillance entre les centres étant assurées sur des voies séparées selon une modification de la signalisation n° 6 du C. C. I. T. T. Les données seront recueillies localement et à distance au moyen de concentrateurs commandés par le centre de commutation. En conjugaison avec le centre de commutation, les concentrateurs peuvent recevoir la signalisation de l'abonné sur la bande ou séparément; traiter les signaux analogiques et numériques; assurer la liaison, sur les lignes analogiques ou numériques, avec le centre. Ce concentrateur, qui s'adapte aux divers types de terminaux, fait appel à la division matricielle dans l'espace.

Calendrier : fin 1971 — premier circuit numérique de 20 mb/s reliant New York et Washington.

1974 : réseau de transmission numérique entre New York et Chicago.

c) *Réseau A. R. P. A. (19,20,21,22,23,18)*

L'Advanced Research Project Agency ou A. R. P. A. du ministère américain de la Défense a constitué un réseau expérimental qui relie dix centres de recherche disséminés à travers les États-Unis. La première étape de ce projet a été engagée à l'automne de 1969. Il s'agit

Un réseau téléinformatique

d'un réseau privé affecté à l'échange d'information scientifique, les divers centres de recherche ayant un accès direct aux installations informatiques (figure 4). Les systèmes informatiques autonomes des centres ne communiquent pas directement entre eux, mais doivent passer par des centres de commutation indépendants. La raison d'être de ces centres de commutation, appelés Interfaces de traitement de messages (I. M. P.), était de desservir un ou plusieurs ordinateurs auxiliaires, de permettre l'accès au réseau A. R. P. A. et par conséquent aux autres ordinateurs. Les terminaux locaux, par exemple les téléscripteurs, ne peuvent accéder au réseau A. R. P. A. qu'en passant par l'ordinateur auxiliaire local, d'où une charge inutile de celui-ci. On a tourné cette difficulté en installant un organe nodal de traitement : un terminal I. M. P. ou interface terminale de traitement (T. I. P.) grâce auquel jusqu'à soixante-quatre terminaux pourront accéder directement au réseau A. R. P. A. et à tous les ordinateurs auxiliaires.

On fait appel à la technique de mémorisation et de commutation par lots. Un lot consiste en un bloc d'information de 1 000 bits et un signal de contrôle cyclique de 24 bits. Comme le message est temporairement mémorisé par l'I. M. P. — T. I. P., sa longueur ne peut pas être supérieure à huit lots. Les I. M. P. — T. I. P. sont reliés entre eux selon le principe du réseau de distribution, par des lignes louées (A. T. & T.) de 50 kb/s et à l'aide de modems. La télétransmission de données entre terminal et ordinateur auxiliaire s'effectue suivant le mode de marche-arrêt. La transmission des messages sur le réseau est entièrement commandée par les I. M. P. — T. I. P. L'ordinateur auxiliaire n'y est pour rien. Le réseau I. M. P. — T. I. P. fonctionne donc de façon autonome.

Le système est transparent quant à la vitesse et il utilise le code A. S. C. I. I. de huit bits. Un usage spécial du caractère D. L. E. du code le rend également transparent quant au code. Les nodes actuels sont équipés d'I. M. P. On continue de travailler à la préparation d'un protocole qui permettra les échanges d'informations de machine à machine.

Calendrier : la première étape (expérimentale) a été entreprise en 1969.

d) *Datran* (28,32)

La Data Transmission Company (Datran) se propose d'offrir un service commuté de bout en bout ou par lignes directes de données numériques. Au besoin, la coordination orale sera assurée par le réseau téléphonique. La transmission sur lignes numériques n'exigeant pas de modems, le taux d'erreurs est inférieur à 10^{-7} et le temps de raccordement, inférieur à trois secondes. Le système est à commutation de circuits, mais

il pourra plus tard être adapté à la commutation des messages. Les vitesses de transmission offertes sont : 4,8, 9,6 ou 14,4 kb/s (synchrone) ou 150 b/s (asynchrone). L'armature du réseau consistera en une « canalisation » à micro-ondes de 4 432 voies de 4,8 kb/s chacune. Les voies exigeant une capacité supérieure à 4,8 kb/s seront réalisées par la mise en parallèle du nombre voulu de voies de 4,8 kb/s. Selon le projet actuel, le réseau sera entièrement synchrone. Comme, au début, les circuits seront sous-utilisés, Datran n'installera d'abord qu'un dispositif de commutation. Ce dispositif fonctionnera par répartition dans le temps, la matrice sera fournie par Stromberg Carlson et l'appareillage de commande, par COMTEN. L'installation d'autres centres de commutation sera dictée par l'accroissement du trafic. Au début, la même voie synchrone de 4,8 kb/s se prolongera jusque dans les locaux de l'abonné et servira à l'échantillonnage des branchements asynchrones de faible vitesse.

Calendrier : demande d'approbation adressée à la F. C. C. en novembre 1969. Sous réserve de cette approbation, mise en service prévue en avril 1974.

e) *Réseau M. C. I. (28,29)*

La Microwave Communications, Inc. (M. C. I.) louera aux abonnés des voies analogiques de télécommunication poste-à-poste par lignes privées. La télétransmission sera assurée par des systèmes à fréquence porteuse et l'équipement de multiplexage par division de fréquence sera fourni par la Northern Electric Company Limited. On dispose d'une grande variété de largeurs de bandes, depuis 200 Hz jusqu'à 960 kHz et de canaux pour la transmission visuelle et acoustique. Comme les voies seront louées pour la transmission unidirectionnelle, on pourra obtenir la transmission bidirectionnelle asymétrique. La M. C. I. ne fournira pas de branchements d'abonnés, mais elle donnera une assistance technique aux clients qui loueront leurs branchements de la société exploitante locale ou qui les fourniront eux-mêmes, puis elle se chargera du raccordement et de l'entretien des branchements. Des voies spécialement étudiées pour la télétransmission de données sont également disponibles dont les débits s'échelonnent entre 75 b/s et 19,2 kb/s, le taux d'erreurs étant d'une en 10^7 .

Calendrier : la F. C. C. a approuvé la première liaison (Saint-Louis — Chicago) en août 1969 et sa modification en janvier 1971.

Le F. C. C. a été saisi de demandes de licences pour d'autres parcours par la M. C. I. et ses filiales. Grâce à l'ordonnance émise par la F. C. C. en mai 1971, il y aura désormais moins d'obstacles à l'obtention de licences. Les dates d'entrée en service sont indéterminées.

Un réseau téléinformatique

3. En Angleterre (36,37,43,44,45,46,55)

La Poste britannique compte actuellement 30 000 abonnés à ses services téléinformatiques et prévoit pour les prochaines années un taux annuel de croissance de 50 à 100 p. 100. Elle projette l'implantation d'un nouveau réseau pour répondre à la progression de la demande, ainsi qu'à la demande prévisible de services nouveaux que ne peut fournir le réseau téléphonique déjà surchargé. Il s'agira d'un réseau synchrone, commandé par un ou plusieurs chronomètres fonctionnant en corrélation.

La poste offrira les vitesses de transmission suivantes : 600, 2 400, 9 600 ou 48 000 b/s ; le mode de transmission aux trois dernières vitesses étant isochrone, il exigera une liaison duplex de quatre fils, même pour les branchements locaux. Jusqu'à 600 b/s, le branchement est à deux fils et la transmission se fait selon la modulation normale, c'est-à-dire par changement de fréquence (F. S. K.). Le mode de transmission sur le réseau sera isochrone, adapté pour le service de 600 b/s au premier multiplexeur, l'alignement de vitesse se faisant par insertion de groupes au repos (ci-dessous). Cette apparente inefficacité est tolérée parce qu'au Royaume-Uni les distances de transmission sont courtes. Pour la transmission anisochrone jusqu'à 1,2 kb/s (ou jusqu'à 2,4 kb/s), on fera appel au codage de transition sur le service à 9,6 kb/s. Le temps de raccordement de poste à poste, à l'intérieur du Royaume-Uni, sera de l'ordre de 100 msec.

Pour satisfaire aux exigences de la « séquence-indépendance » des bits, de la signalisation à l'intérieur de la bande et de l'alignement des vitesses, on propose des groupes de 10 bits ; chaque groupe consistant en 1 bit de synchronisation + 1 bit d'état + 8 bits de données utiles. Le bit d'état sera *un* pour annoncer les données utiles et *zéro* pour la signalisation.

Les économies que représente la commutation par lots paraissent minimes dans un réseau à la taille du Royaume-Uni ; aussi la proposition envisage-t-elle un réseau à commutation de circuits, avec disposition permettant l'adaptation ultérieure à la commutation par lots. La commutation pourrait être synchrone par répartition dans le temps conjuguée avec la répartition dans l'espace, à un concentrateur, par exemple. La commutation par répartition dans le temps s'effectuera au niveau du groupe. En commutation par lots, la longueur maximale d'un lot, y compris l'introduction (destination et provenance, nature du message, etc.) est d'environ 1 000 bits.

Les plans de la première étape prévoient une vingtaine de centres de commutation de données, chacun desservant une circonscription d'environ cinquante milles et une longueur de ligne moyenne de quinze milles. Au niveau primaire, le débit des lignes de

transmission reliant les centres correspondra à la norme européenne C. E. P. T., qui est de 2 048 mb/s.

Calendrier : stade du plan; premier modèle expérimental prévu en 1973-1974. Essais de transmission par lots aux National Physical Laboratories (38,39,40,41,42)

4. En République fédérale d'Allemagne (48,49,50,51,52,53)

La Poste germanique (Bundespost) projette la mise en service d'un système de commutation électronique de données (E. D. S.) en 1973-1974. L'E. D. S. a été conçu pour les faibles vitesses en vue de remplacer l'équipement désuet du réseau Télex allemand qui dessert environ 90 000 abonnés. Il est capable d'acheminer une faible quantité de données à des vitesses supérieures, soit jusqu'à 9,6 kb/s; aussi doit-il servir de base au nouveau réseau téléinformatique, qui englobera les réseaux Télex, Datex et Gentex existants. Des systèmes de commutation pour les grandes vitesses sont à l'étude.

La Poste germanique se propose d'offrir des débits de 200, 2 400 et 9 600 b/s. Le délai de commutation par l'E. D. S. est de l'ordre de 100 msec, à comparer à 200 ou 300 msec par un concentrateur. Le temps minimal de raccordement est d'environ 100 msec entre deux abonnés reliés à un centre E. D. S. et peut atteindre trois secondes pour une communication interurbaine par signalisation intrabande à faible vitesse. L'E. D. S. est un système de commutation de circuits par la détection des inversions de polarité sur les lignes d'arrivée et la transmission de ces transitions aux lignes de départ.

Les débits étant relativement faibles par rapport à la capacité de l'E. D. S., le commutateur fonctionne sur le mode asynchrone. On peut obtenir un dispositif de mémorisation temporaire pour la commutation des messages. Dans les régions à faible densité d'abonnés, les données seront recueillies par des concentrateurs de commutation par répartition dans l'espace, et la connexion sera établie par le centre E. D. S. le plus proche. Les concentrateurs seront télécommandés par le centre E. D. S.

Au début, la transmission entre les centres E. D. S. utilisera des modems sur les bandes de fréquences normalisées des systèmes existants à multiplexage par division de fréquences (F. D. M.). On envisage également pour l'avenir la transmission sur des voies M. I. C. Pour les branchements d'abonnés à faible vitesse, jusqu'à 200 b/s, on utilise un modem Standard Electric-Lorenz de type FSK, qui permet la transmission bidirectionnelle simultanée sur une paire. Les branchements à plus grande vitesse seront probablement desservis par une bande de base numérique.

Un réseau téléinformatique

On projette, entre autres, des installations pour l'adressage multiple, la signalisation abrégée, les conversions de vitesse et de code.

Calendrier : marche d'essai en 1970-1971.

Date prévue du service Télex, 1973-1974.

5. En France (55,64)

Les données sont actuellement acheminées par le réseau téléphonique commuté et par le réseau Télex commuté. Un nouveau service Télex à 200 b/s a été instauré.

Un réseau spécial à fréquence vocale, le réseau Caducée, équipé de commutateurs à barres croisées et constitué de circuits d'une qualité exceptionnelle, a été consacré à la télétransmission de données vers la fin de 1971. Les débits de transmission atteignent 2 400 ou 4 800 b/s. Des circuits à large bande, capables de débits atteignant 50 kb/s, sont pour le moment réservés aux communications intérieures des villes.

Un autre réseau de télétransmission de données, Hermès, est au stade des études. Il sera étroitement associé à un nouveau réseau téléphonique commuté par répartition dans le temps (encore inachevé), le réseau E1. Les débits offerts seront de 50 b/s à 56 kb/s, sur une base de commutation de circuits avec possibilité d'adaptation à la commutation par lots. Le réseau téléinformatique utilisera partiellement le réseau téléphonique E1 et, pour cette raison, la composition des messages se présentera de deux façons :

- Pour une voie utilisant la fréquence vocale en M. I. C., chaque groupe de données se composera de huit bits (octet), soit un bit d'état et sept bits de données utiles. Le débit sera donc $7/8 \times 64 \text{ kb/s} = 56 \text{ kb/s}$. Cependant, pour des raisons d'encombrement, p. ex. la synchronisation par insertion d'un groupe au repos, le débit utile sera légèrement inférieur à 56 kb/s. La commutation de ces voies (commutateur du niveau primaire) sera réalisée par un équipement identique à celui du réseau téléphonique E1.
- Pour la télétransmission de données à des vitesses moindres, la structure d'enveloppe est la même que dans la proposition du Royaume-Uni, soit (8 + 2) bits. La commutation de ces voies est réalisée par un commutateur du niveau secondaire, après la commutation au niveau primaire et des opérations de multiplexage et de démultiplexage.

Calendrier : mise en service prévue de Hermès en 1976.

Figure 1
Échelle des valeurs numériques

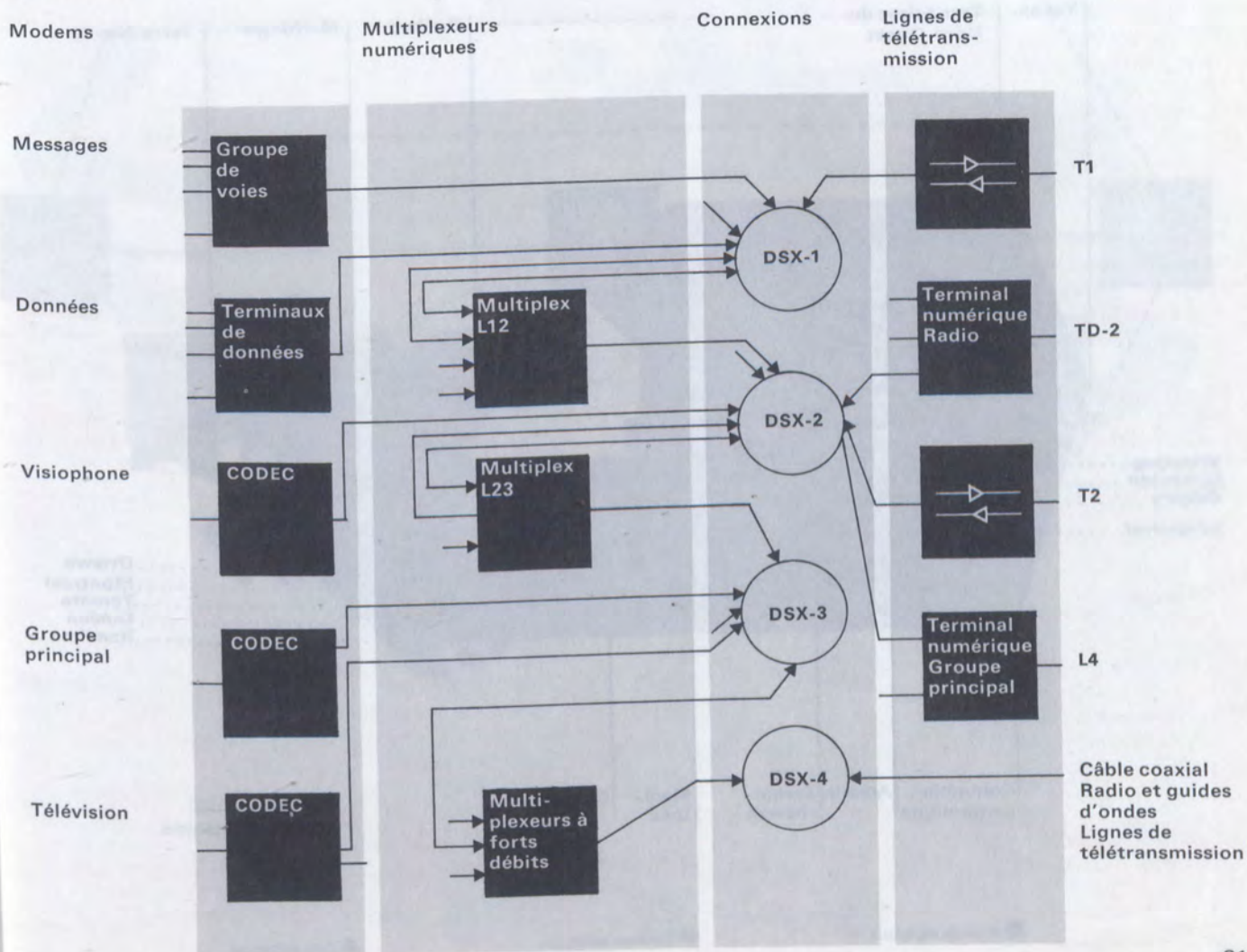


Figure 2
 Télécommunications C. N. — C. P.
 Service de télétransmission à large bande
 Schéma initial

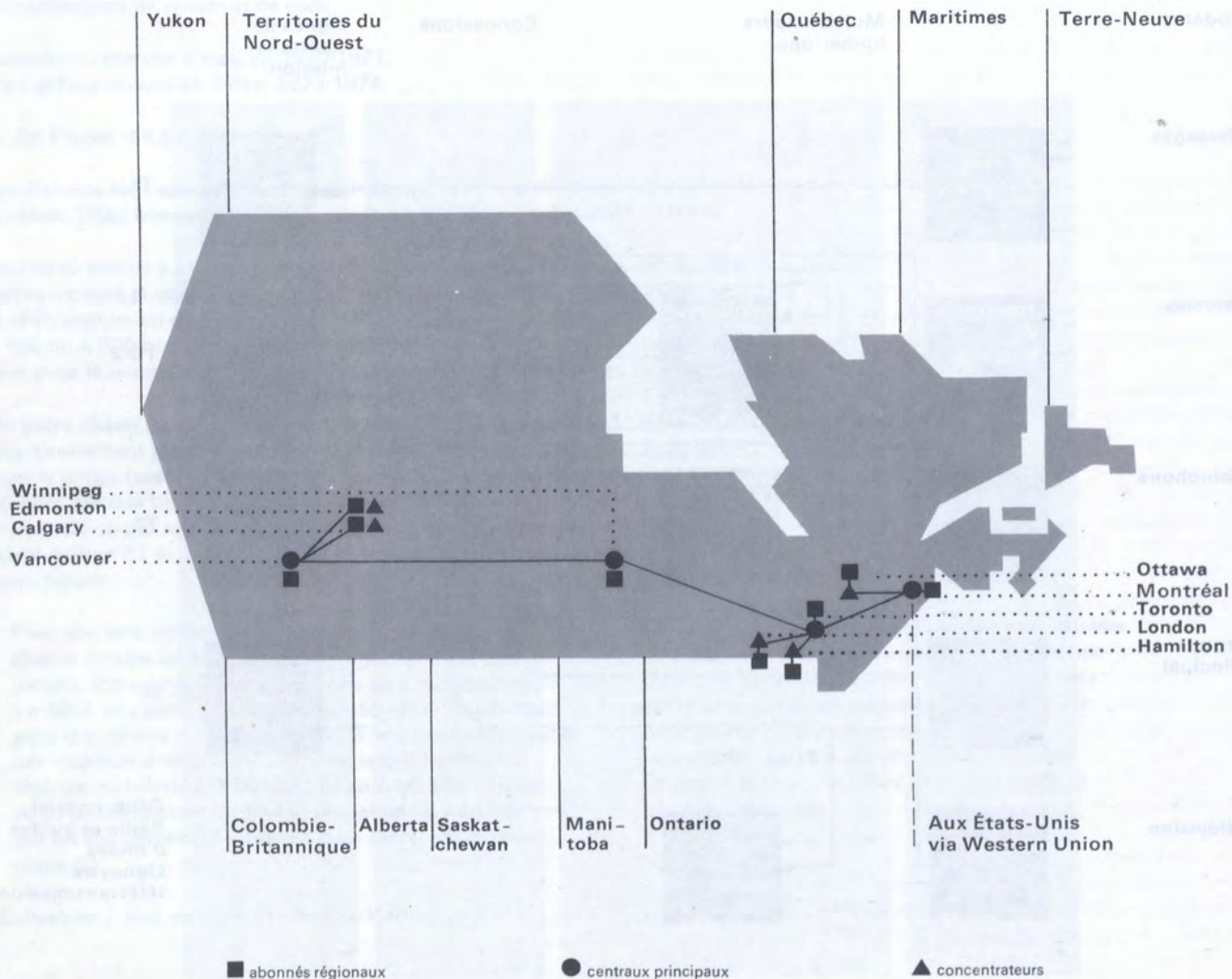


Figure 3
TCTS
Réseau multicom du R. T. T.
Schéma initial

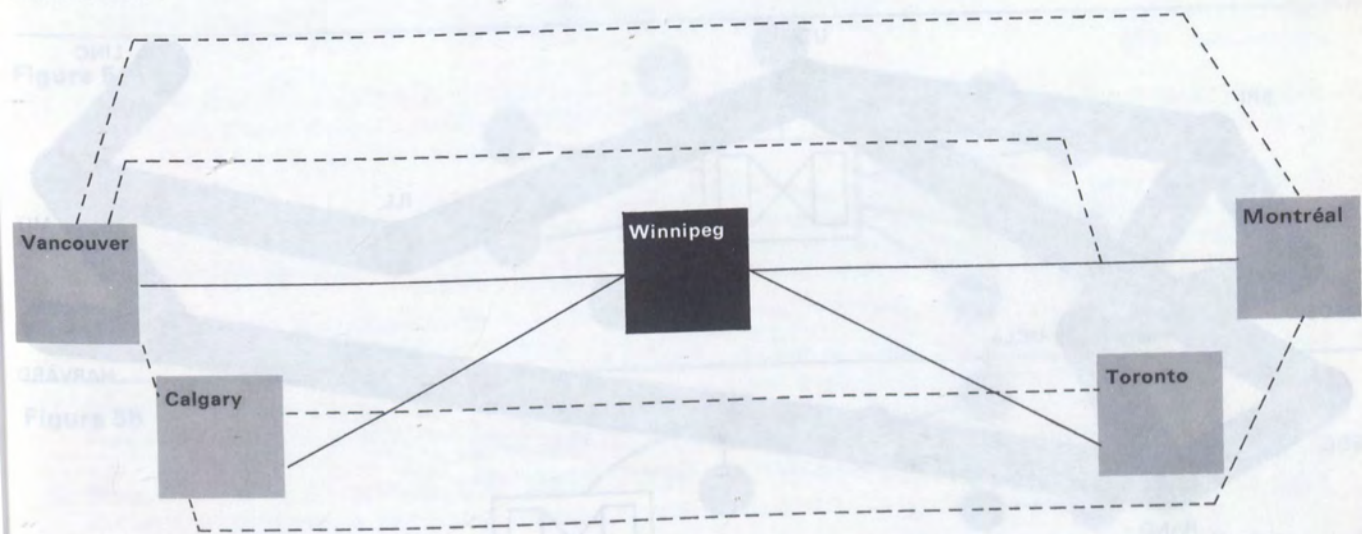


Figure 4
Réseau A. R. P. A.

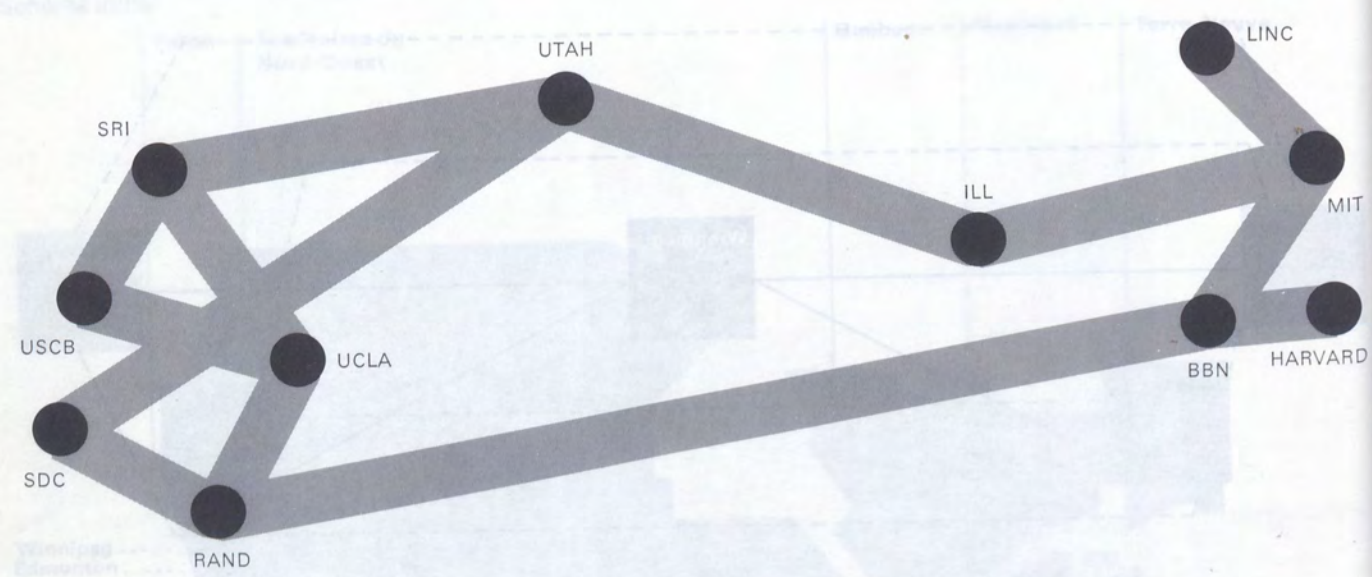


Figure 5a

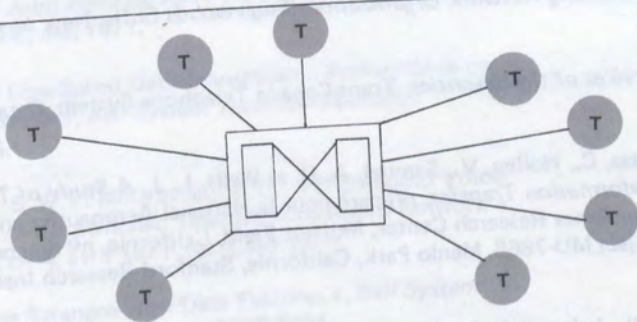


Figure 5b

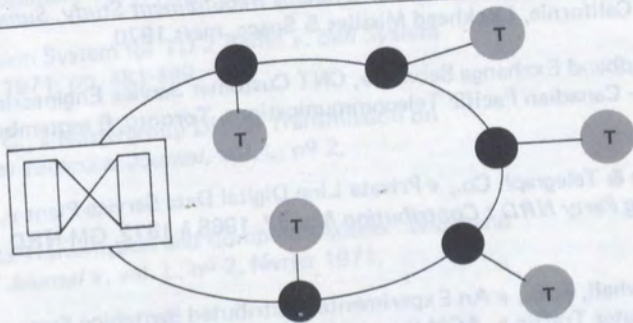
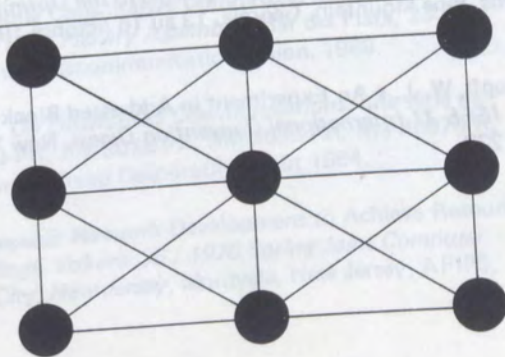


Figure 5c



Bibliographie

1. Milne, A. F. et Leyburn, D., « Multicom : 4 800 bps Data Transmission Over Voice Channels », *Canadian Electronics Engineering*, vol. XIV, n° 12, décembre 1970, pp. 45-47.
2. Martin, J. T., *Teleprocessing Network Organization*, Englewoods Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1970.
3. *Computer Based Services of the Seventies*, Trans-Canada Telephone System, Ottawa, juillet 1971.
4. Hough, R. W., Fratessa, C., Holley, V., Samuel, A. H. et Wells, L. J., *A Study of Trends in the Demand for Information Transfer*, préparé pour la National Aeronautics and Space Administration, Ames Research Center, Moffett Field, Californie, n° du contrat NAS2-5369, SRI Project MU-7866, Menlo Park, Californie, Stanford Research Institute, février 1970.
5. Sedlacek, W. C. et coll., *Information Transfer Systems Requirement Study, Summary Report*, Sunnyvale, Californie, Lockheed Missiles & Space, mars 1970.
6. Clark, R. M., « Broadband Exchange Service », CNT Customer Service Engineering Canadian National – Canadian Pacific Telecommunications, Toronto, 6 septembre 1966.
7. American Telephone & Telegraph Co., « Private Line Digital Data Service Plans », *CCITT Joint Working Party NRD : Contribution No. 37*, 1968 à 1972, GM-NRD : n° 37-E, avril 1971.
8. Farmer, W. D. et Newhall, E. E., « An Experimental Distributed Switching System to Handle Bursty Computer Traffic », *ACM Symposium on Problems in the Optimization of Data Communications Systems*, Pine Mountain, Georgie, 13 au 16 octobre 1969, pp. 1-33.
9. Pierce, J. R., Coker, C. H. et Kropfl, W. J., « An Experiment in Addressed Block Data Transmission Around a Loop », *IEEE 71 International Convention Digest*, New York, 22 au 25 mars 1971, pp. 222 et 223.

10. American Telephone & Telegraph Co., « An Experiment in Addressed Block Data Transmission Around a Loop », *CCITT Joint Working Party NRD : Contribution No. 45, 1968 à 1972*, GM-NRD : n° 45-E, mai 1971.
11. Fleming, H. C. et Hutchinson, R. M., « Low-Speed Data Transmission Performance on the Switched Telecommunications Network », *Bell System Technical Journal*, vol. L, n° 4, avril 1971, pp. 1385-1405.
12. Balkovic, M. D., Klancer, H. W., Klare, S. W. et McGruther, W. G., « High-Speed Voice-band Data Transmission Performance on the Switched Telecommunications Network », *Bell System Technical Journal*, vol. L, n° 4, avril 1971, pp. 1349-1384.
13. « No. 1 : Electronic Switching Systems Arranged with Data Features », *Bell System Technical Journal*, vol. XLIX, n° 10, décembre 1970, pp. 2733-3004.
14. Broderick, C. W., « A Digital Transmission System for TD-2 Radio », *Bell System Technical Journal*, vol. L, n° 2, février 1971, pp. 481-499.
15. Gunn, J. F., Ronne, J. S. et Weller, D. C., « Mastergroup Digital Transmission on Modern Coaxial Systems », *Bell System Technical Journal*, vol. L, n° 2, février 1971, pp. 501-520.
16. Bender, E. C. et Howson, R. D., « Data Transmission and Computer Access : Wideband Data Service », *Bell System Technical Journal*, vol. L, n° 2, février 1971, pp. 667-681.
17. The International Telegraph and Telephone Consultative Committee, *CCITT White Book, Volume VIII, Data Transmission IVth Plenary Assembly*, Mar del Plata, 23 septembre au 25 octobre 1968, International Telecommunication Union, 1969.
18. Baran, P., Boehm, S. P. et Smith, J. W., *On Distributed Communications*, une série de 11 mémoranda, RM-3420PR, RM-3103-PR, RM-3578-PR, RM-3638-PR, RM-3097-PR, RM-3762(-7)-PR, Santa Monica, Californie, Rand Corporation, août 1964.
19. Roberts, L. G. et Wessler, B. D., « Computer Network Development to Achieve Resource Sharing », *AFIPS Conference Proceedings, Volume 36 : 1970 Spring Joint Computer Conference, May 5-7, 1970, Atlantic City, New Jersey*, Montvale, New Jersey, AFIPS, 1970, pp. 543-549.

Un réseau téléinformatique

20. Heart, F. E., Kahn, R. E., Ornstein, S. M., Crowther, W. R. et Walden, D. C., « The Interface Message Processor for the ARPA Network », *AFIPS Conference Proceedings*, vol. XXXVI, pp. 551-567.
21. Kleinrock, L., « Analytic and Simulation Methods in Computer Network Design », *AFIPS Conference Proceedings*, vol. XXXVI, pp. 569-579.
22. Frank, H., Frisch, I. T. et Chou, W., « Topological Considerations in the Design of the ARPA Computer Network », *AFIPS Conference Proceedings*, vol. XXXVI, pp. 581-587.
23. Carr, C. S., Crocker, S. D. et Cerf, V. G., « HOST-HOST Communication Protocol in the ARPA Network », *AFIPS Conference Proceedings*, vol. XXXVI, pp. 589-597.
24. DeWitt, R. G., « Digital Multiplexing », *Proceedings of the National Electronics Conference*, vol. XXVI, Chicago, Illinois, 7 au 9 décembre 1970, pp. 845-851.
25. Trendowski, C. R., « Western Union Digital Switching Centers », *Proceedings of the National Electronics Conference*, vol. XXVI, pp. 869-874.
26. DeWitt, R. G., « Western Union Plans for a Nationwide Digital Transmission Network for Data », *IEEE 71 International Convention Digest*, pp. 216 et 217.
27. Cox, J. E., « System Objectives of a Switched Digital Data System », *Proceedings of the National Electronics Conference*, vol. XXVI, pp. 875-881.
28. Walker, P. M. et Mathison, S. L., « Communications Carriers : Evolution or Revolution », *Technology Review (MIT)*, vol. LXXIII, n° 1, octobre et novembre 1970.
29. Bignami, E. L., « Communications to Order », *Telecommunications*, vol. IV, n° 2, février 1970, pp. 52-57.
30. Mathison, S. L. et Walker, P. M., *Computers and Telecommunications : Issues in Public Policy*, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1970.
31. U. S. A., « 4 800 and 9 600 Bit Per Second Data Transmission Over International Circuits », *CCITT Special Study Group A : Contribution No. 104, 1968 à 1972*, COM Sp.A : n° 104-E, novembre 1970.

32. Worley, A. R., « Design Considerations for a Nationwide Data Transmission System », *IEEE International Conference on Communications*, Montréal, 14 au 16 juin 1971, Conference Record, n° 71 C 28-COM au catalogue, pp. 18-1 à 18-6.
33. Hippert, R. O., « IBM 2790 Digital Transmission Loop », *IBM Journal of Research & Development*, vol. XIV, n° 6, novembre 1970, pp. 662-667.
34. *The Data Communications Market*, Frost & Sullivan, New York, 1970.
35. Martin, J. T., *Telecommunications and the Computer*, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1969.
36. Hartley, G. C., Purton, R. et Smith, N. G., « Studies for a possible United Kingdom Public Data Communication Service », *1970 IEEE Wescon (Western Electronic Show and Convention) Technical Papers*, vol. XIV, section 19-2, 25 au 28 août 1970, Los Angeles, Californie.
37. United Kingdom Post Office, « New Networks for Data Transmission », *CCITT Joint Party NRD : Contribution No. 11, 1968 à 1972*, GM-NRD : n° 11-E, octobre 1970.
38. Davies, D. W., Bartlett, K. A., Scantlebury, R. A. et Wilkinson, P. T., « A Data Communication Network for Real-Time Computers », *IEEE International Conference on Communications*, Philadelphie, Pennsylvanie, Conference Record, 1968, pp. 728-733
39. Davies, D. W., « The Principles of a Data Communication Network for Computers and Remote Peripherals », *Proceedings of the IFIP Congress 68*, vol. II.: *Hardware Applications*, Edinburgh, 5 au 10 août 1968, Amsterdam, Hollande, North-Holland Publishing, 1969, pp. 709-715.
40. Wilkinson, P. T. et Scantlebury, R. A., « The Control Functions in a Local Data Network », *Proceedings of the IFIP Congress 68*, vol. II, pp. 734-738.
41. Scantlebury, R. A., Wilkinson, P. T. et Bartlett, K. A., « The Design of a Message Switching Centre for a Digital Communication Network », *Proceedings of the IFIP Congress 68*, vol. II, pp. 723-727.
42. Bartlett, K. A., « Transmission Control in a Local Data Network », *Proceedings of the IFIP Congress 68*, vol. II, pp. 704-708.

Un réseau téléinformatique

43. Simpson, W. G. (bureau de poste britannique), « The Evolving Digital Hierachy », document inédit préparé pour l'IEEE International Conference on Communications, Montréal, 14 au 16 juin 1971.
44. Hartley, G. C., « Opportunities and Problems of Synchronous Networks », *IEEE International Conference on Communications*, Montréal, 1971, pp. 31-5 à 31-9.
45. Allery, G. D. et Chapman, K. J., « Features of a Synchronous Data Network for the United Kingdom », *IEEE International Conference on Communications*, Montréal, 1971, pp. 31-10 à 31-13.
46. ISO-TC97-SC6, Paris, juin 1970, Royaume-Uni, « Residual Errors », *CCITT Special Study Group A : Contribution No. 37; Joint Working Party on New Data and Message Networks : Contribution No. 5, 1968 à 1972*, COM Sp.A : n° 37-E, GM-NRD : n° 5-E, juin 1970.
47. République fédérale d'Allemagne, « Study of the General Switched Telephone Network with a View to Its Suitability for Data Transmission », *CCITT Special Study Group A : Contribution No. 101, 1968 à 1972*, COM Sp.A : n° 101-E, novembre 1970.
48. Gabler, H. G., « Data Network Planning in the Federal Republic of Germany », *IEEE International Conference on Communications*, Montréal, 1971, pp. 31-14 à 31-16.
49. République fédérale d'Allemagne, « Facilities of New Data Networks », *CCITT Joint Working Party NRD : Contribution No. 14, 1968 à 1972*, GM-NRD : n° 14-E, octobre 1970.
50. Gossiau, K. et Kern, P., « Electronic Data Switching for Data Communication », *IEEE International Conference on Communications*, San Francisco, 8 au 10 juin 1970, Conference Record, n° 70 C 21-COM au catalogue, pp. 16-1 à 16-9.
51. Gossiau, K., Bacher, A. et coll., « EDS : a New Electronic Data Switching System for Data Communication », *Nachrichtentechnische Zeitschrift*, n° 8, 1969, pp. 444-463.
52. Gossiau, K., « Data Traffic : the Communication of Digital Information », *Nachrichtentechnische Zeitschrift*, vol. XXI, n° 8, août 1968, pp. 500-506.

53. Kammerl, A., « Eine Vollelektronische Fernschreib : und Datenwaehlvermittlung », (allemand), *Nachrichtentechnische Zeitschrift*, n° 6, 1966, pp. 322-330.
54. Administration suédoise, « Information about a Study of a Separate Public Data Network in Sweden », *CCITT Joint Working Party NRD : Contribution No. 22, 1968 à 1972*, GM-NRD : n° 22-E, décembre 1970.
55. Joint Working Party on « New Data Networks », Report of the Meeting Held in Geneva (23 au 27 novembre 1970), *CCITT Study Group X : Contribution No. 16; Special Study Group A : Contribution No. 108; Joint Working Party NRD : Contribution No. 27, 1968 à 1972*, COM X : n° 16-E, COM Sp.A : n° 108-E, GM-NRD : n° 27-E, décembre 1970.
56. Schramel, F. J., « The DS 714 Computer System Used as a Message Switcher », *Philips Telecommunication Review*, vol. XXVIII, n° 3, septembre 1969, pp. 125-134.
57. van Kampen, H., « The Type DS 714 Computer-Based Message and Data Switching System », *Philips Telecommunication Review*, vol. XXVIII, n° 3, septembre 1969, pp. 135-146.
58. Spoon, H. J., « The Telegraph Input-Output Multiplexer for the DS 714 Message Switching System », *Philips Telecommunication Review*, vol. XXVIII, n° 4, décembre 1969, pp. 175-183.
59. Goudet, G. et Benmussa, H., « The DS 4 Data Switching System », *IEEE Transactions on Communication Technology*, vol. COM-17, n° 6, décembre 1969, pp. 595-599.
60. McKinnon, R. K., « The Development of Data Transmission Services in Australia », *Telecommunication Journal of Australia*, vol. XX, n° 3, octobre 1970, pp. 203-216.
61. Corby, B., « IBM 2750 Voice and Data Switching System : Organization and Functions », *IBM Journal of Research & Development*, vol. XIII, n° 4, juillet 1969, pp. 408-415.
62. Reynier, R. E., « Electronic Switching Network of the IBM 2750 », *IBM Journal of Research & Development*, vol. XIII, n° 4, juillet 1969, pp. 416-427.

Un réseau téléinformatique

63. Administration suédoise, « Interworking Between Synchronous Data Networks », *CCITT Joint Working Party NRD : Contribution No. 38, 1968 à 1972*, GM-NRD : n° 38-E, avril 1971.
64. Jousset, A., « Études de Réseaux de Commutation de Données en France », *IEEE International Conference on Communications*, Montréal, 1971, pp. 31-17 à 31-20.
65. Administration italienne, « Wideband Data Transmission Tests », *CCITT Special Study Group A : Contribution No. 45, 1968 à 1972*, COM Sp.A : n° 45-E.
66. Administration russe de télécommunications, « Tests of a Data Transmission System Over Wideband Circuits », *CCITT Special Study Group A : Contribution No. 97, 1968 à 1972*, COM Sp.A : n° 97-E, octobre 1970.
67. « Report of the Special Study Group A Meeting Held in Geneva », (23 septembre au 4 octobre 1963), *CCITT Special Study Group A (Data Transmission) : Contribution No. 92, Annex XIII*, 18 octobre 1963.
68. International Telegraph and Telephone Consultative Committee, *IIIrd Plenary Assembly, Geneva, 25 May – 26 June, 1964, Blue Book, Volume VIII, Data Transmission*, Genève, International Telecommunication Union, novembre 1964. Voir République fédérale d'Allemagne, suppl. 4, « Tests Conducted in the German Telex Network with 50-Baud Start-Stop Transmission », et suppl. 6, « Measurements on Data Transmissions Over the Telex Network, at 200 Bauds, 1 200 Bauds and 2 400 Bauds ».

Études

13



groupe d'étude
sur la
téléinformatique
au Canada

Études

13

Normes

Enquête
effectuée par :
Le G. E. T. C.
Ottawa, Ontario

Table des matières

Introduction	1	1	Organigramme	16
		Définitions pour l'étude des normes au Canada		
		1		
		2		
		Organismes de normalisation	3	
		3		
		La normalisation aux États-Unis	8	
		4		
		Normalisation internationale	12	
		5		
		Conclusions	15	

Introduction

Selon les témoignages de beaucoup d'utilisateurs et de fournisseurs, les normes actuelles ne favorisent pas le progrès de la téléinformatique. Voici, à cet égard, un extrait de mémoire fort caractéristique :

Les informaticiens se heurtent à des problèmes de normalisation pour l'interface entre matériels de télécommunication et d'informatique.

Les points de vue des informaticiens, fort variables, vont de la demande d'une harmonisation générale des normes à la mise en garde contre une normalisation totale qui freinerait de nouveaux progrès.

Plus particulièrement, des informaticiens réclament la définition et la publication de normes de réseau, une plus grande compatibilité entre composants du matériel de marques différentes et entre les programmes de gestion de données. Ces problèmes, a-t-on également fait remarquer, prennent un caractère international dans bien des cas importants, tout particulièrement lorsque la sécurité de l'information est en jeu.

La présente étude sur les travaux de normalisation puise une partie de ses sources dans l'excellent ouvrage de référence intitulé *Les Normes au Canada*¹. Toutefois, les organismes de normalisation étant très actifs, nous avons dû tenir compte d'un grand nombre de modifications survenues depuis la publication de l'ouvrage cité.

1. Définitions pour l'étude des normes au Canada

Établissons d'abord les distinctions nécessaires entre *norme* et *spécification* pour définir ensuite le processus de *normalisation*. Voici les définitions recommandées à l'échelle internationale² :

¹ Robert F. Legget, *Les Normes au Canada*, Information Canada, Ottawa, 1972, n° SS31-272F au catalogue.

² Définition publiée dans un rapport de S. T. A. C. O., Organisation internationale de normalisation, Genève, 1965, d'après *Les normes au Canada*, p. 14.

Normes

a) *Normalisation*

« La normalisation est la formulation et l'application d'un ensemble de règles ayant pour objet de rationaliser l'activité scientifique, dans l'intérêt et avec la collaboration de toutes les parties intéressées, particulièrement en vue d'optimiser l'économie globale en tenant compte des conditions de fabrication et des exigences de la sécurité. Elle se fonde sur les résultats de la recherche scientifique, les techniques et l'expérience. Elle détermine la base qui doit servir non seulement aux réalisations présentes, mais également à celles de l'avenir, et elle doit suivre le rythme du progrès. L'une des applications particulières de la normalisation vise les produits et les techniques : la définition et la sélection des caractéristiques des produits, des méthodes d'essai et de mesure, la spécification des caractéristiques des produits, pour en définir la qualité, en réglementer la variété, en assurer l'interchangeabilité, *et cetera*². »

b) *Norme*

« Une norme est la concrétisation d'un travail particulier de normalisation, approuvé par un organisme reconnu. Elle peut se présenter sous les formes suivantes : *i*) document contenant une série de conditions à remplir ; *ii*) unité fondamentale ou constante physique, dont ampère, zéro absolu (Kelvin), étalon sont des exemples ; *iii*) objet destiné à une comparaison physique, comme le mètre étalon³. »

c) *Spécification*

« Une spécification est l'exposé concis d'une série d'exigences auxquelles doit satisfaire un produit, un matériau ou une technique, et s'il y a lieu, des moyens qui permettent de vérifier si le produit, le matériau ou la technique répond bien aux dites exigences. Une spécification peut être une norme complète, une partie de norme, comme elle peut être indépendante d'une norme. Il est souhaitable d'exprimer, autant que possible, ces exigences sous forme numérique, en fonction des unités appropriées, en même temps que leurs limites⁴. »

³ *Ibid.*, p. 14.

⁴ *Ibid.*, p. 14.

2. Organismes de normalisation

Voici un exposé sommaire des organismes de normalisation et de leurs activités nationales et internationales.

a) *Normalisation des ordinateurs au Canada*

L'Association canadienne de normalisation A. C. N. O. R. est l'organisme national du Canada en la matière. À ce titre, elle assure la promulgation des normes dans le domaine des ordinateurs et du traitement de données. Le Conseil canadien des normes, créé en octobre 1970 par une loi fédérale, doit coordonner les activités de normalisation au Canada sans siéger toutefois aux comités de normalisation. Il a essentiellement un rôle d'harmonisation et d'orientation générale.

b) *Le Conseil canadien des normes*

Le Conseil canadien des normes a été institué pour « encourager et favoriser la normalisation volontaire dans les domaines relatifs à la construction, à la fabrication, à la production, à la qualité, au rendement, à la tenue, à l'usage et à la sécurité de bâtiments, de structures, d'articles et de produits manufacturés et autres marchandises, y compris leurs parties composantes, lorsqu'elle n'est pas expressément prévue par la loi, en vue de développer l'économie nationale, d'améliorer la santé, la sécurité et le bien-être du public, d'aider et de protéger les consommateurs, de faciliter le commerce intérieur et extérieur, et de promouvoir la coopération internationale dans le domaine des normes⁵. »

Il est habilité en outre à recommander les modalités d'élaboration, d'approbation, d'acceptation et de désignation des normes volontaires, à accréditer au Canada les organismes qui s'occupent de l'élaboration, de l'essai ou de la certification des normes, à tenir un registre de ces organismes, à approuver les normes s'il y a lieu, à définir les secteurs où s'impose la révision des normes en vigueur ou la création de nouvelles normes, à collaborer, si possible, avec des organismes accrédités et à créer au besoin de nouveaux organismes.

Il a également pouvoir « sauf disposition contraire d'une autre loi du Parlement du Canada ou d'un traité, d'être le représentant du Canada auprès de l'Organisation internationale de

⁵ Loi sur le Conseil canadien des normes, 1969-1970, ch. 73.

Normes

normalisation (I. S. O.), de la Commission électrotechnique internationale (C. E. I.) et de toute organisation analogue s'occupant de l'élaboration de normes volontaires⁶. »

Le Conseil canadien des normes comprend un comité exécutif, un président, un directeur général, des directeurs et des comités consultatifs. Les directeurs ont respectivement la charge d'un programme national de normalisation, d'un programme international de normalisation et du programme de conversion au système métrique.

Pour orienter et diriger la participation canadienne aux deux organisations internationales de normalisation qui siègent à Genève, l'I. S. O. et la C. E. I., on a établi le Comité canadien des normes à l'I. S. O. (C. O. N.-I. S. O.) et le Comité canadien des normes à la C. E. I. (C. C. N.-C. E. I.).

Ces comités nationaux, créés à l'origine par l'A. C. N. O. R, dépendaient de son conseil d'administration. Depuis le 1^{er} avril 1972, à la suite d'un accord conclu entre l'A. C. N. O. R et le Conseil canadien des normes, ce dernier en assure la direction. Les membres des comités C. C. N.-I. S. O. et C. C. N.-C. E. I. appartiennent aux entreprises et aux associations ou aux fonctions publiques fédérale et provinciales; ils assurent ainsi la représentation de tous ceux qu'intéressent les travaux de l'I. S. O. et de la C. E. I.

Mille deux cents experts répartis en 104 comités consultatifs auprès de l'I. S. O. et 68 sous-comités auprès de la C. E. I. sont chargés au Canada des travaux intéressant ces deux organismes. En vertu d'une entente avec le Conseil canadien des normes, le département international de l'Association de normalisation tient les secrétariats des comités techniques C. C. N.-I. S. O. et C. C. N.-C. E. I. Le directeur du département international de l'A. C. N. O. R. occupe également les fonctions du directeur du programme de normalisation internationale du Conseil canadien des normes.

c) *L'Association canadienne de normalisation*

L'Association canadienne de normalisation est un organisme de droit privé sans but lucratif, créé par lettres patentes du Secrétariat d'État en 1919, sous l'appellation Canadian Engineering Standards Association, devenue l'A. C. N. O. R. en 1944; elle constitue l'organisme national de normalisation du Canada.

⁶ Loi sur le Conseil canadien des normes.

Elle a pour objet de favoriser l'établissement de normes nationales pour les produits et les procédés de fabrication (organigramme, p. 16). Quant à ses fonctions, elles sont les suivantes : recevoir les demandes de normalisation ; étudier leur utilité éventuelle ; assurer la formation de comités composés de représentants des fabricants et des utilisateurs, des sociétés scientifiques et techniques, des services d'inspection et des ministères ; rédiger des normes acceptables pour toutes les parties intéressées. L'A. C. N. O. R. a également charge de certifier la conformité des produits à ces normes. La direction de l'A. C. N. O. R. est assurée par un conseil d'administration élu par les membres.

La Régie des normes exerce un rôle d'orientation et décide, en dernier ressort, de la certification ainsi que de la création de nouveaux comités. Elle se compose d'une centaine de membres qui représentent les intérêts les plus divers. Trente-quatre comités divisionnaires, sous son autorité, sont les porte-parole de nombreux secteurs techniques et commerciaux éprouvant la nécessité d'une normalisation. Environ 620 comités ou sous-comités des normes traitent chacun des cas particuliers et rendent compte de leurs travaux au comité divisionnaire compétent. Quelque 3 000 volontaires participent à ces tâches. Le comité divisionnaire accorde la certification s'il n'y a pas avis contraire. Dans certains cas, la Régie des normes peut accorder la certification malgré une certaine opposition dans un comité divisionnaire. À ce jour, l'A. C. N. O. R. a publié plus de 1 200 normes.

L'A. C. N. O. R. crée en outre des comités consultatifs dont les membres peuvent être des fonctionnaires ou des chefs de file de certaines industries: L'un des plus anciens est le comité consultatif du bâtiment. Ses objectifs sont d'un intérêt tout particulier, car ils peuvent s'appliquer, *mutatis mutandis*, à la téléinformatique :

- Analyse des études globales sur les besoins de l'industrie au Canada dans la mesure où elles peuvent entrer dans le champ de l'A. C. N. O. R. ;
- Établissement de plans et de calendriers pour l'instauration de spécifications de rendement et de critères d'essai ;
- Analyse des besoins d'une coordination des dimensions dans l'industrie du bâtiment ;
- Recommandation de projets de normalisation pour l'accroissement de la productivité ;
- Étude d'une rationalisation de l'industrie du bâtiment par une normalisation qui ne bouleverserait pas totalement ses formes actuelles ;
- Recherche de terrains d'enquête dans les domaines humains et professionnels à proposer à d'autres organismes.

Outre tous ces comités l'A. C. N. O. R. comprend quatre conseils consultatifs chargés d'établir les codifications en électricité, en plomberie, en prévention des incendies et en construction. Ils se composent généralement de fonctionnaires municipaux et provinciaux chargés de l'application des règlements en la matière.

Normes

L'A. C. N. O. R. offre fondamentalement deux services : la création de normes d'une part ; l'essai de produit et leur certification d'autre part. Les droits d'inscription (\$ 150 pour chacun des 1 600 membres), la vente des normes et diverses rentrées couvrent le coût de création des normes. L'essai et la certification des produits se suffisent financièrement grâce aux droits établis par les services de certification. En 1970, on a touché environ \$6 millions. Les menus frais des membres des comités sont à la charge de leurs employeurs respectifs.

d) Comité divisionnaire des ordinateurs, du traitement de l'information et du matériel de bureau (C. I. P. O. M.)

Créé en 1965, le Comité divisionnaire des ordinateurs et du traitement de l'information était l'organisme principal de normalisation en informatique. Sur sa propre recommandation, il a été remplacé en 1969 par le Comité divisionnaire des ordinateurs, du traitement de l'information et du matériel de bureau C. I. P. O. M.), avec un mandat plus large.

Soucieux d'harmoniser sa représentation, le C. I. P. O. M. a recruté des membres parmi les utilisateurs, les distributeurs et les producteurs et dans divers autres milieux. Les membres à titre individuel sont experts en une, au moins, des activités du C. I. P. O. M., et ils ont habituellement une connaissance générale du domaine entier.

Les 13 comités ou sous-comités qui relèvent du C. I. P. O. M. se sont réunis une cinquantaine de fois en 1971, année qui a vu la publication de six nouvelles normes. Plusieurs autres en sont encore au stade de la mise aux voix.

Entre les réunions du comité général, le comité exécutif du C. I. P. O. M. assure les affaires courantes du comité divisionnaire où sont représentés les constructeurs, le Conseil national de recherches, le Conseil de recherches pour la Défense, les universités et d'autres organismes.

Par l'intermédiaire de ses comités techniques 95 et 97 (I. S. O. - C. C. N. - C. T. 95 et C. T. 97), composés de membres du C. I. P. O. M., le Comité consultatif canadien auprès de l'Organisation internationale de normalisation (I. S. O.) assure la collaboration technique du Canada à la normalisation internationale dans des domaines connexes. Chaque comité ou sous-comité de normes A. C. N. O. R. relevant du C. I. P. O. M. constitue un groupe consultatif spécialisé de normalisation internationale, révisant des documents qui proviennent de comités techniques internationaux, réunissant des données canadiennes pour les incorporer dans ces

documents et cherchant à résoudre des problèmes propres au Canada, tel celui du clavier français-anglais. En 1970, on a étudié 23 projets de recommandations de l'I. S. O. et des délégués ont participé à deux réunions de sous-comités de l'I. S. O.

Selon un mémoire de l'A. C. N. O. R., des membres bénévoles du comité divisionnaire ont demandé à l'association un accroissement de son aide administrative, ainsi qu'une aide technique supplémentaire consistant en une analyse comparative entre les normes I. S. O., celles de l'European Manufacturer Association, celles de l'American National Standards Institute et celles de l'A. C. N. O. R.

e) *Office des normes du gouvernement canadien*

L'Office des normes du gouvernement canadien a pour fonction d'élaborer des normes à la demande et à l'intention des ministères et des organismes gouvernementaux. Il se compose de sept sous-ministres ou directeurs adjoints. Ses travaux en matière de normalisation sont exécutés par des comités techniques assistés d'un secrétariat installé au ministère de l'Approvisionnement et des Services. Des comités nommés pour chaque catégorie de produits établissent les projets de normes; ils comprennent des représentants d'organismes gouvernementaux et des représentants du secteur privé. La ratification et la publication des normes sont soumises, au moyen d'un scrutin par correspondance, aux membres du comité compétent et aux fonctionnaires de l'Office. Jusqu'ici, près de 1 600 normes ont été cataloguées.

Mise à part la représentation de l'Office des normes du gouvernement canadien au Comité divisionnaire des ordinateurs, du traitement de l'information et du matériel de bureau de l'A. C. N. O. R., il n'existe actuellement aucun organisme fédéral de normalisation dans le domaine de la téléinformatique. Cependant le ministère de l'Approvisionnement et des Services a un représentant au Comité COBOL CODASYL et il diffuse l'information canadienne sur le travail de ce comité.

f) *Le ministère des Communications*

La fonction essentielle du ministère des Communications en normalisation de la technologie téléinformatique consiste à régler l'utilisation du spectre des fréquences. Il a délégué certaines de ses fonctions à des organismes tels que l'Association canadienne de normalisation. Cette dernière assure l'essai et la certification des appareils ménagers; ceux-ci ne doivent pas dépasser les normes minimales d'émission de radiations établies pour éviter les brouillages radiophoniques.

Normes

Le Ministère se charge de la liaison avec les industries de télécommunications par l'intermédiaire de l'Office canadien de planification technique de la (C. R. T. P. B.). En collaboration avec les industries, il étudie, outre les spécifications techniques, les problèmes suivants :

1. Le coût des normes de rendement du matériel et ses effets sur la compétitivité sur les marchés intérieurs et extérieurs;
2. Les effets de l'amortissement de l'outillage lié à la désuétude qu'entraînent les nouvelles spécifications⁷.

3. La normalisation aux États-Unis

Les principaux organismes de normalisation aux États-Unis sont l'American Society for Testing and Materials (A. S. T. M.), l'American National Standards Institute (A. N. S. I.), la Federal Communications Commission (F. C. C.), le National Bureau of Standards (N. B. S.), l'Electronic Industry Association (E. I. A.) et la Conference on Data Systems Languages. L'A. S. T. M. n'établit pas de normes techniques en téléinformatique; cependant, elle présente un cas intéressant, car elle fournit un autre modèle de normalisation volontaire⁸.

a) *American Society for Testing and Materials*

L'American Society for Testing and Materials est internationale par sa composition; de plus, elle est entièrement volontaire et financièrement autonome, ce qui en soi est exceptionnel. Les normes sont élaborées par 109 grands comités techniques, avec les apports, en temps et en talent, de plus de 10 000 personnes. Les sous-comités adjoints aux grands comités techniques établissent les projets de norme. En outre, on s'applique à résoudre les cas de « votes négatifs ».

Une norme qu'on propose mais qui fait l'objet de votes négatifs ne peut être agréée qu'après un examen complet par les plus hautes autorités de l'A. S. I. M. Celle-ci pose également en principe que tous les grands comités doivent comprendre des membres représentant les producteurs, les consommateurs et les groupements d'« intérêt général ». De plus, les effectifs des deux dernières catégories doivent dépasser au total ceux de la première. Enfin, les

⁷ Ministère des Communications, *Étude n° 7 d) de la Télécommission : Relations entre le ministère des Communications et l'industrie du matériel de télécommunications*, Ottawa, Information Canada, n° Co41-1/7DF au catalogue, 1972.

⁸ L'A. S. T. M. n'est dotée d'aucun comité technique de normalisation de télécommunications, des ordinateurs ou des machines de bureau. Ses normes, pour ainsi dire, sont constituées par des « ouvrages normatifs ».

représentants des producteurs ne peuvent remplir la fonction de président d'un grand comité. On qualifie de « principe du consensus » l'ensemble de ces règles conçues pour assurer une représentation équilibrée et pour résoudre les cas de votes négatifs.

Apparemment, l'American Society for Testing and Material est le plus important organisme de normalisation aux États-Unis qui se conforme au « principe du consensus ». L'énorme diversité dans le domaine des normes du matériel en est la cause. Ceci requiert naturellement un haut degré de compétence de ces dits organisme dans ce champ d'activité.

b) *American National Standards Institute*

L'A. N. S. I. a été conçu à l'origine comme point de rencontre pour tous ceux qui s'intéressent à la normalisation aux États-Unis. L'une de ses fonctions est de recevoir les projets de normes présentés par les autres organismes de normalisation et, le cas échéant, de les homologuer comme « normes américaines » après les délibérations voulues. C'est l'organisme officiel des États-Unis en matière de normalisation; il les représente aux organismes internationaux tels que l'I. S. O. et la C. E. I. Pour s'acquitter de cette dernière tâche, il peut faire appel à des membres de ses comités techniques ou recourir à un autre organisme. Les principaux organes de l'A. N. S. I. sont le Member Body Council, le Company Member Council et le Consumer Council. C'est le premier qui agrée les normes, les deux autres assurant la liaison ainsi que la représentation des groupes d'intérêt au sein de l'Institut.

Le bureau exécutif de l'A. N. S. I. se compose de membres des trois conseils, dont quatre sont désignés par les membres. L'Institut compte diverses régies chargées des travaux de normalisation dans leurs secteurs respectifs; des comités des spécifications techniques élaborent les normes pour chacune des régies.

Les fonds de l'A. N. S. I. proviennent des cotisations des membres et de la vente des publications.

La section du traitement de l'information dans le secteur privé dispose d'une régie des normes, l'Information Processing Systems Standards Board, communément désigné Comité X3; il est soutenu par la Business Equipment Manufacturers Association (B. E. M. A.), qui lui assure les services essentiels de secrétariat.

Il convient de signaler de notables disparités entre l'organisation du Comité X3 et celle de son homologue canadien, le comité divisionnaire A. C. N. O. R. des ordinateurs, du traitement de l'information et du matériel de bureau (C. I. P. O. M.) : le Comité X3 dispose d'un

Normes

sous-comité de planification des normes et des exigences de normes (S. P. A. R. C.); il se révèle beaucoup plus actif que le C. I. P. O. M. Le comité S. P. A. R. C. a pour fonction de mettre en branle la normalisation dans les nouveaux secteurs. La désignation de ceux-ci nécessitant l'élaboration de normes constitue une tâche compliquée, d'où la création du comité S. P. A. R. C. à cette fin.

Par contre le C. I. P. O. M., comme son nom l'indique, doit établir les normes du matériel de bureau, alors qu'à l'A. N. S. I. un comité distinct des normes, le Comité X4, remplit cette fonction dans ce secteur.

c) *Normalisation dans les télécommunications aux États-Unis*

La division des lignes à grandes distances de l'A. T. T. régit un grand nombre de pratiques normatives ayant cours dans les sociétés exploitantes aux États-Unis. Cette division établit la politique technique de réseau dans toutes les liaisons entre États, ainsi que les caractéristiques de lignes de réseau. Elle est en étroites relations avec le réseau téléphonique trans-canadien (R. T. T.), mais les pratiques de la compagnie A. T. T. et celles du R. T. T. ne correspondent pas nécessairement.

d) *Le National Bureau of Standards*

Aux termes de la loi 89-306 du 30 octobre 1965 (projet de loi Brooks), le secrétaire d'État au Commerce peut « faire des recommandations au président pour l'établissement d'une normalisation fédérale du traitement automatique de l'information⁹ ». Le secrétaire d'État a délégué ces fonctions au Center for Computer Sciences and Technology, organisme qui fait partie de l'Institute for Applied Technology du National Bureau of Standards¹⁰.

Ce centre est beaucoup plus actif dans l'élaboration des normes que tout organisme canadien homologue. À titre d'exemple, signalons qu'il coordonne la participation de plus de 250 fonctionnaires fédéraux américains aux diverses activités du Comité X3; au Canada, par contre, la participation de quelque 20 fonctionnaires fédéraux aux activités du C. I. P. O. M. ne se trouve coordonnée par aucun organisme fédéral.

⁹United States Department of Communications, *Federal Information Processing Standards Index* (FIPS PUB 12), numéro au catalogue C 13.52:12, Washington, D. C. 20402, Superintendent of Documents, U. S. Government Printing Office, 1970, p. 14.

¹⁰*Ibid.*, p. 15.

Le National Bureau of Standards exerce une fonction de normalisation dans le domaine du calcul bien plus que dans celui de la télétransmission de données qui revient plutôt à la Commission fédérale des télécommunications, bien que celle-ci ne soit pas spécialisée. La Commission fédérale des télécommunications peut recourir aux services du Bureau of Standards, mais n'y est nullement tenue.

e) *Electronic Industries Association*

L'E. I. A. œuvre à la normalisation de l'équipement électronique. En téléinformatique, sa norme la plus connue est le RS 232, qui donne les spécifications des niveaux de tension, des combinaisons et des fonctions des broches pour l'interface entre les modems de télécommunication et les ordinateurs.

L'Association des industries électroniques du Canada se montre beaucoup moins active que l'E. I. A., son homologue américain, en normalisation des ordinateurs et des communications.

f) *Conference on Data Systems Languages*

La C. O. D. A. S. Y. L., dont la création remonte au mois de mai 1959, se compose d'un certain nombre de comités imbriqués entre eux et dont l'un, le comité du langage de programmation (P. L. C.), est exclusivement chargé de la formulation des spécifications COBOL. Bien que la C. O. D. A. S. Y. L. soit un organisme essentiellement américain, le gouvernement fédéral canadien en est membre de plein droit depuis 1966; le ministère canadien des Approvisionnements et des Services, ou plus précisément sa régie des spécifications, a fait imprimer et publier les trois derniers numéros du *Journal of Development*, qui est rédigé par la P. L. C. L'importance de la C. O. D. A. S. Y. L. est manifeste pour qui sait qu'à peu près la moitié de la programmation aux États-Unis et au Canada se fait en COBOL.

g) *Normalisation par les fabricants d'ordinateurs*

Les fabricants d'ordinateurs aux États-Unis occupent des groupes relativement importants de spécialistes qu'ils chargent d'élaborer des normes pour les appareils qu'ils construisent. Chaque constructeur dispose de beaucoup de liberté dans le choix des normes auxquelles devront se conformer les différents composants de ses ordinateurs. Les normes fixées dans les spécifications de tel type d'ordinateur sont souvent nombreuses; il en est ainsi, par

Normes

exemple, dans le cas du matériel et de la programmation de l'ordinateur I. B. M. 360. Cette liberté de choix rend très difficile la normalisation du traitement de l'information.

4. Normalisation internationale

Dans les cas où les échanges internationaux sont intenses, il vaudrait mieux appliquer les mêmes normes dans tous les pays. Hélas! chaque pays a sa propre réglementation. Bien plus, des normes nationales ou propres à un groupe de pays servent à des fins économiques. C'est pourquoi l'établissement de normes internationales se heurte à de nombreuses difficultés, car il faut essayer d'harmoniser quantité d'intérêts. C'est ce que tentent de faire quelques organismes internationaux, dont nous allons exposer brièvement les activités.

a) *La Commission électrotechnique internationale*

La C. E. I. se compose de délégués des comités nationaux formés dans les 41 pays membres. Elle réunit des représentants de groupements techniques et scientifiques qui s'occupent de normalisation en électrotechnique dans leurs pays respectifs. Des comités techniques spécialisés exécutent les travaux de la C. E. I. Le secrétariat de chacun, nommé auprès d'un comité national par le comité d'action de la C. E. I., collabore avec le président et le bureau central de la C. E. I. à Genève. Les normes sont publiées en français et en anglais à titre de recommandations de la C. E. I., après approbation par au moins les quatre cinquièmes des comités nationaux membres. La normalisation en téléinformatique n'occupe qu'une place restreinte dans les activités de la C. E. I.

b) *L'organisation internationale de normalisation*

Le Comité de coordination en normalisation des Nations unies (C. O. N. N. U.) est à l'origine de la création de cet organisme, dont les travaux ont commencé en février 1947, après la ratification de son acte constitutif et de son règlement intérieur par 15 organismes nationaux de normalisation. L'I. S. O., organisme international de normalisation, englobe en 1972 les organismes nationaux de normalisation de 70 pays. L'I. S. O. vise à l'établissement d'un accord mondial sur les normes qui faciliterait le développement des échanges internationaux, l'amélioration de la qualité, l'accroissement de la productivité et la baisse des prix.

Par l'intermédiaire de quelque 1 200 organes de travail, plus de 50 000 experts répartis dans le monde entier participent aux activités de l'I. S. O., qui a publié quelque 2 000 normes.

Cela représente plus de 200 000 pages de données précises embrassant presque tous les secteurs de la technologie.

La direction de l'Organisation internationale de normalisation est assurée par un bureau qui se compose d'un président, d'un vice-président, d'un trésorier et d'un secrétaire général ; les membres du conseil sont élus pour trois ans. Les travaux de l'I. S. O. se répartissent entre les comités techniques, les divisions techniques, l'assemblée générale et un secrétariat général.

L'assemblée générale groupe les délégués désignés par les 55 organismes membres et se réunit au moins une fois tous les trois ans. Le conseil, qui se compose du président et des représentants des 14 organismes membres, est l'organe administratif de l'I. S. O. Il se réunit au moins une fois par an pour diriger les activités de l'Organisation. Le secrétariat général assure la liaison entre les organismes membres et le conseil, perçoit les cotisations, réglemente les dépenses et diffuse l'information.

Il coordonne également les activités des comités techniques établis par les organismes membres et les tient au courant des travaux entrepris par d'autres organismes internationaux. Les 150 comités techniques se composent de représentants de chaque organisme membre qui souhaite prendre part à leur activité particulière.

Lorsqu'un comité technique se met d'accord sur un avant-projet de norme internationale, le secrétariat général le soumet d'abord à tous les organismes membres, puis au conseil par voie de scrutin. Le comité technique (I. S. O. - C. T. 97) des ordinateurs et du traitement de l'information apparaît comme le plus spécialisé dans le traitement de l'information. Les travaux de l'A. C. N. O. R. se rattachent aussi cependant à ceux du comité technique I. S. O. - C. T. 95 qui s'intéresse au matériel de bureau. Le comité technique I. S. O. - C. T. 97 a publié en 1972 30 recommandations relatives à la téléinformatique. Les comités et les sous-comités techniques tiennent une réunion tous les ans, et beaucoup de leurs activités se font par correspondance. Toutefois des groupes de travail spécialisés se réunissent plusieurs fois entre les réunions des sous-comités. Les comités techniques C. T. 95 et C. T. 97 n'ont pas encore abordé l'étude d'un bon nombre de problèmes, dont les applications du PL-1 au COBOL aux éléments d'information et à la mesure des rendements.

c) *Le comité consultatif international télégraphique et téléphonique de l'U. I. T.*

Le C. C. I. T. T. appartient à l'Union internationale des télécommunications (U. I. T.). Il étudie la normalisation internationale des tarifs et des techniques du télégraphe, ou

Normes

téléphone et de la télétransmission de données. Il y a au C. C. I. T. T. trois catégories de membres : les représentants des gouvernements, ceux des entreprises privées de télécommunication reconnues d'utilité publique et ceux des sociétés industrielles ou des organismes scientifiques. Seuls les représentants des gouvernements ont plein droit de vote. Le Canada est représenté par son ministère des Communications. L'Association canadienne des entreprises de télécommunications (A. C. E. T.) siège maintenant à l'U. I. T., remplaçant ainsi l'Association du téléphone du Canada, l'Association des chemins de fer du Canada et quelques organismes similaires.

L'A. C. E. T. participera aux travaux du C. C. I. T. T. et du Comité consultatif international des radiocommunications de l'U. I. T. (C. C. I. R.). La Société canadienne des télécommunications transmarines (S. C. T. T.) demeurera membre du C. C. I. R. et du C. C. I. T. T. et Téléstat Canada restera membre du C. C. I. T. T., au moins quelque temps.

Des groupes d'étude spécialisés mènent les travaux du C. C. I. T. T.; leur calendrier de travail est dressé par la session plénière du C. C. I. T. T. qui se tient tous les trois ou quatre ans; elle révisé aussi et vote les rapports et les recommandations des groupes d'étude, autorisant ensuite des études plus poussées ou créant de nouveaux groupes d'étude. Ceux-ci travaillent beaucoup par correspondance, particulièrement pour les exposés de vues. Le moment venu, on convoque une réunion pour discuter et pour résoudre certains points litigieux. Le C. C. I. T. T. se livre actuellement à d'importants travaux touchant la télétransmission de données. Ainsi le « Spécial A » est un groupe formé pour l'étude des problèmes que pose le recours aux réseaux de télécommunications pour la télétransmission de données numériques, tout particulièrement entre ordinateurs. De même le N. R. D. est un groupe permanent de travail conjoint pour l'étude de nouveaux réseaux de télétransmission de données.

d) *La Fédération internationale du traitement de l'information*

En programmation, l'élaboration de normes sous les auspices des organismes internationaux officiels de normalisation est actuellement assez réduite. Cependant des groupes d'étude spécialisés ont été très actifs dans ce secteur, surtout en langages de programmation, mais également en d'autres domaines.

La Fédération internationale du traitement de l'information (I. F. I. P.) effectue des travaux techniques en terminologie, en programmation et vient de mettre en œuvre une étude des applications sur ordinateur. Le Comité technique de programmation de l'I. F. I. P. a

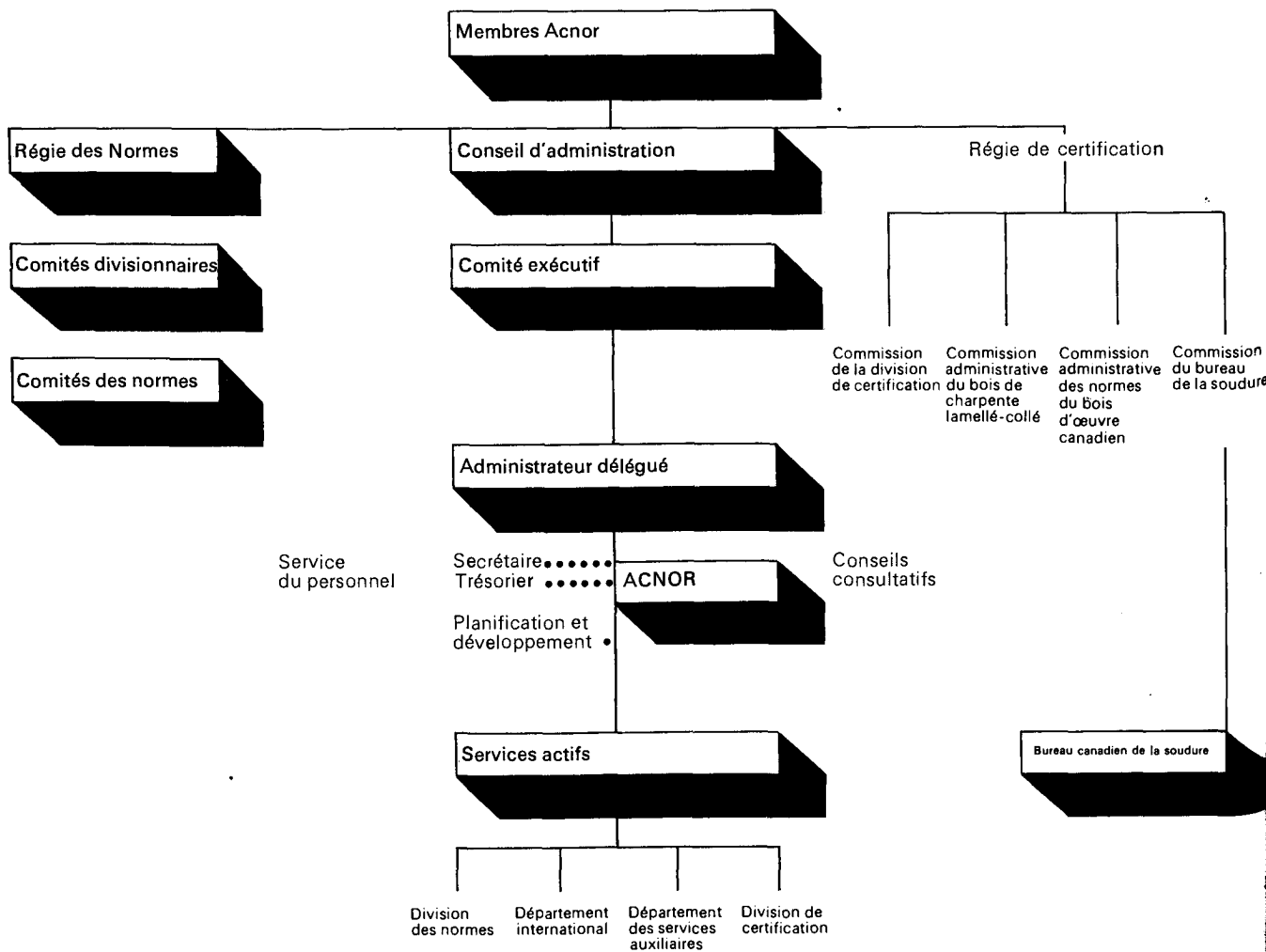
patronné l'ALGOL 60 et la spécification de l'ALGOL 68. Ces spécifications ont été élaborées par un groupe de travail dont les membres, hautement qualifiés, avaient été choisis avec soin par le comité technique où chaque pays a un représentant.

Il faut souligner que l'I. F. I. P. ne se livre à des travaux de normalisation qu'à la demande d'organismes officiels de normalisation internationale. Lorsque la demande lui en est faite, l'I. F. I. P. forme des comités techniques spécialisés.

5. Conclusions

La technologie téléinformatique, il faut le reconnaître, présente des caractéristiques nettement internationales. C'est pourquoi il faut harmoniser les normes nationales et les normes internationales. Le Canada doit établir une véritable normalisation nationale pour participer pleinement à la normalisation internationale. Or, il y a manque de liaison entre les divers organismes gouvernementaux de normalisation, entre l'État et le secteur privé, entre le secteur informatique et les sociétés de télécommunications. Comme le développement technique de la téléinformatique n'en est qu'à ses débuts, cela ne présente encore aucun caractère de gravité. Le moment d'en prendre note est venu néanmoins; il faut maintenant étudier comment y suppléer par une planification conjointe de l'État et du secteur privé.

Figure 1
Organigramme ACNOR



Études

14

Études

14

Les aspects technologiques de la téléinformatique

**Enquête
effectuée par :**

**Le G. E. T. C.
Ottawa, Ontario**

Août 1972

Table des matières

Introduction 1

Partie A

Ordinatique 8

1	Quelles dimensions les super-ordinateurs atteindront-ils?	14	7	Les progrès de la micro-programmation	29
2	Les incidences des grands circuits intégrés	18	8	Les mémoires	32
3	Incidences éventuelles du traitement associatif	21	9	Les mémoires à accès rapide	37
4	L'ordinateur optique	22	10	Mémoires lentes à accès direct	41
5	Les machines intelligentes	23	11	Mémoires autonomes	45
6	Programmation	23	12	Terminaux	48

Partie B

**Technologie des
télécommunications** 54

1

Télétransmission 58

2

Commutation 74

3

Circuits locaux 78

4

Les modems 81

Bibliographie 84

Introduction

Dans le présent document, nous nous employons à offrir une vue d'ensemble sur la technique actuelle de la téléinformatique et sur les progrès qu'elle connaîtra probablement au cours de la décennie à venir. Notre étude se divise en deux parties, consacrées l'une aux ordinateurs et l'autre à la technologie des télécommunications. La première embrassera aussi l'évolution dans le domaine des semi-conducteurs, étant donné ses incidences sur la technologie des télécommunications.

Si nous traitons de progrès technologiques particuliers, c'est surtout pour justifier les prévisions de dépenses. Nous n'entendons pas être exhaustifs, mais nous espérons embrasser les développements majeurs.

L'époque comprise dans notre étude se termine en 1980 : nous avons cru que les appareils non encore inventés ne pourraient avoir de grandes répercussions d'ici là.

Le premier ordinateur numérique réussi a été produit en Allemagne en 1941¹. Toutefois, il n'en est découlé aucun perfectionnement. Aussi le premier à attirer l'attention internationale a été le Harvard Mark I, devenu utilisable en août 1944². Parmi les prévisionnistes des débuts, l'un estimait à douze le nombre des ordinateurs nécessaires pour répondre à la demande totale des États-Unis. Ce chiffre a été porté plus tard à 50³. Or, 25 ans après, on comptait environ 50 000 ordinateurs aux États-Unis. Il y en avait 2 400 au Canada et quelque 70 000

¹ Organisation de coopération et de développement économique, *Écarts technologiques: Composants électroniques*, Paris, O. E. C. D., 1969.

² Douglas F. Parkhill, *The Challenge of the Computer Utility*, Reading, Massachusetts, Addison-Wesley, 1966. Pour l'histoire des premiers ordinateurs, voir pp. 12-18.

³ John Diebold, *Man and the Computer, Technology as an Agent of Social Change*, New York, Frederick A. Praeger, 1969, p. 48.

Les aspects technologiques de la téléinformatique

au total dans le monde⁴. Nous reproduisons au tableau 1 un état des innovations dans le secteur informatique d'après un rapport de l'O.C.D.E.⁵

Le Harvard Mark I assurait le fonctionnement de relais électromécaniques logiques. Il suffisait de 4,5 secondes pour multiplier deux nombres de vingt-trois chiffres. Le premier ordinateur entièrement électronique, l'E. N. I. A. C., qui est devenu utilisable en 1946, était quelque deux mille fois plus rapide. L'ordinateur le plus rapide aujourd'hui; le Control Data Star 100, est capable en rendement maximum de 100 millions de multiplications de mots de 32 bits par seconde.

C'est là une cadence 500 millions de fois plus rapide que pour le Mark I et 250 000 fois que pour l'E. N. I. A. C. Depuis 1952, année où les ordinateurs ont commencé à se généraliser dans le commerce, le coût moyen d'exécution d'une instruction a diminué de 10 000 fois environ.

On peut prévoir d'autres gains aux chapitres de la vitesse et des coûts, mais à un rythme probablement amoindri. De nouvelles techniques encore à l'étape du laboratoire, tels le traitement optique, les dispositifs à effet Josephson et le traitement associatif, laissent entrevoir pour la décennie des vitesses démultipliées; d'autre part, l'usage général des circuits intégrés pour la mémoire logique ou à accès rapide pourrait réduire les prix de cent fois en dix ans. Toutefois, ces possibilités ne sont pas assorties d'indication quant au moment de leur mise sur le marché. Les considérations économiques et sociales entrent aussi en ligne de compte.

La technologie de l'informatique en se développant a fait naître des besoins dans le domaine des télécommunications. Vers la fin de la décennie 60-70, les réseaux de téléphone et de télégraphe se sont engagés activement dans la voie de l'adaptation aux données de forme numérique. Ils poursuivent ce travail, soumis à des pressions pour que les données soient soustraites des réseaux à fréquence vocale. Certains utilisateurs voudraient que les réseaux de télétransmission de données se conforment à des caractéristiques de rendement que peut

⁴ A. F. I. P. S., *The State of the Information Processing Industry*, Montvale, N. J., A. F. I. P. S., 1966.

⁵ O. C. D. E., ouvrage cité.

rendre économiques une technologie d'ordre numérique. Une partie de celle-ci, notamment la modulation par impulsions codées, est suffisamment au point, s'étant déjà révélée avantageuse pour la transmission de la voix. Les progrès que connaissent les applications informatiques appellent une technologie et une rentabilité complémentaires en télétransmission de données.

Dans une vue d'ensemble sur la téléinformatique, on ne saurait laisser de côté la question de la programmation. La principale source de réduction des coûts se rattache probablement au stockage des données, mais elle-même serait liée à la programmation. D'ici une dizaine d'années, la proportion croissante des dépenses au chapitre de l'écriture programmatique incitera à trouver des méthodes plus efficaces pour leur élaboration.

Parmi les objectifs manifestes, citons une plus grande souplesse de la programmation et, par voie de conséquence, des possibilités accrues d'utilisation. Cette évolution, qui s'accompagne de la tendance à grouper tous les éléments mécanographiques dans un seul appareil, devrait entraîner une plus grande modularité de la programmation. Les langages et les instructions machine continueront de se perfectionner, réduisant ainsi la complexité des programmes. Auerbach⁶ a spéculé sur la probabilité que se réalisent les études automatisées de programme, clefs d'une plus grande efficacité en ce domaine. Il y a beaucoup à faire pour abaisser les taux d'erreurs en programmation et développer la connaissance des moyens de maîtriser les interactions entre éléments de programme, si l'on veut généraliser les programmes vastes et complexes.

⁶ Isaac L. Auerbach, *Technological Forecast, 1971*, procès-verbaux du Congrès de l'I. F. I. P., Ljubljana, août 1971, Amsterdam, Pays-Bas, North-Holland, 1972, pp. 764-775.

Tableau 1

Principales inventions et innovations dans l'industrie des ordinateurs

(A = théorie, B = première application, C = première application commerciale)

Description	Type, pays et année	Firme ou individu concerné	Remarque	
1. Théorie générale des ordinateurs	A. France	1936	L. Couffignal	Inconnu à l'extérieur de la France Aucune publication — Inconnu Influence relative
	Allemagne	1936	K. Zuse	
	Royaume-Uni	1937	A.M. Turing	
2. Premier ordinateur électronique	B. Allemagne	1941	K. Zuse	Ordinateur Z3 peu connu à l'extérieur de l'Allemagne Travail important fait par ENIAC G. Stibitz à Bell Canada (1940) H. Aiken et IBM à Harvard (1944) et V. Bush à MIT (Fin des années 30 et commencement des années 40) UNIVAC I
	États-Unis	1946	J.P. Eckert et J.W. Mauchley	
	C. États-Unis	1951	Remington Rand	
3. Programme enregistré sur la mémoire interne	A. Royaume-Uni	1937	A.M. Turing	MADM Échanges nombreux entre les EDSAC États-Unis et le Royaume- UNIVAC 1 Uni
	États-Unis	1946	J. von Neumann (Univ. de Pennsylvanie)	
	B. Royaume-Uni	1948 1949	Univ. de Manchester Univ. de Cambridge	
C. États-Unis	1951	Remington Rand		
4. Concept des sous-programmes	A. Royaume-Uni États-Unis	1937 1946	A.M. Turing J. von Neumann	
5. Mémoire lecturielle	A. —	—	—	Mémoire lecturielle en usage dans les échanges téléphoniques automatiques Ordinateur ENIAC. Enregistrement limité Ordinateur EDSAC II. Stockage de l'information
	B. États-Unis Royaume-Uni	1946 1949	J.P. Eckert et J.W. Mauchley Université de Cambridge	
	C. Plusieurs pays		La plupart des manufactures	
6. Concept de la mémoire associative	A. États-Unis	1946	V. Bush	ATLAS } Possibilités non encore 360-67 } exploitées de mémoires associatives
	B. Royaume-Uni	1952	Ferranti	
	C. États-Unis	1965	IBM	

Tableau 1 (suite)

Principales inventions et innovations dans l'industrie des ordinateurs
(A = théorie, B = première application, C = première application commerciale)

Description	Type, pays et année	Firme ou individu concerné	Remarque
7. Microprogrammation	A. Royaume-Uni 1948	Université de Manchester Université de Cambridge	} Rappports étroits
	B. États-Unis 1948	IBM (J. Backus), Marine américaine (G. Hopper)	
8. Premier programme (A2)	B. États-Unis 1951	Marine américaine (G. Hopper)	Tard dans les années 40 – Grace Hopper au Royaume-Uni
	C. États-Unis 1951	Remington Rand	UNIVAC I : Premier ordinateur ayant un compilateur
9. Langage du Fortran	B. États-Unis 1953	Association des utilisateurs d'IBM (Share) et l'IBM	Premier compilateur FORTRAN par J. Backus de l'IBM
	C. États-Unis 1954		
10. Imprimante cylindrée a haute vitesse	C. France 1954	Bull	Première application du principe à la volée en imprimerie.
11. Mémoire à tores à ferrite	A. États-Unis 1955	MIT (Lincoln Laboratory)	Travail important fait à Harvard
	B. États-Unis 1956	Remington Rand, alors IBM	UNIVAC 1103A, IBM 704 et 705
C. États-Unis 1956			
12. Ordinateurs transistorisés	A. États-Unis 1947	Bell Canada	Découverte de l'effet transistor
	B. États-Unis 1956	Bell Canada	Ordinateur Leprechaun
	C. États-Unis 1958	Philco, IBM, GE	Philco 2000, IBM 7090, système ERMR
	Royaume-Uni 1959	Elliott	Elliott 803
	Allemagne 1959	S. E. L.	ER56 computer (S. E. L. est tributaire de l'ITT américaine)
13. Langage ALGOL	B. Plusieurs pays 1958	ADM (É.U.) et GAMM (Allemagne)	ALGOL fut développé conjointement par des spécialistes européens et américains assemblé à Zurich, Suisse, Dijkstra écrit le premier ALGOL à Dijkstra, Pays-Bas. Ce système fut par la suite adopté par la plupart des manufacturiers, et est très répandu en Europe et aux États-Unis.
	C. Tous les pays 1958	Plusieurs manufacturiers	

Tableau 1 (suite)

Principales inventions et innovations dans l'industrie des ordinateurs
(A = théorie, B = première application, C = première application commerciale)

Description	Type, pays et année	Firme ou individu concerné	Remarque
14. Multiprogrammation	C. États-Unis Royaume-Uni	1960 1962 Honeywell Ferranti	Ordinateur H800 Ordinateur Orion Aucun rapport développements isolés
15. Langage COBOL	B. États-Unis C. plusieurs pays après	1960 1960 Ministère de la Défense États-Unis La plupart des manufacturiers	
16. Famille d'ordinateurs	B. États-Unis États-Unis	1955 1963- 1964 Armée américaine IBM, Honeywell, RCA GE, CDC	Plan FIELDATA Series IBM 360, series CDC 3000 et 6000 Series Honeywell H 200, series RCA Spectra 70
17. Partage du temps	B. États-Unis C. États-Unis	1964 1966 MIT, Collège Dartmouth, GE GE, et plusieurs gros manufacturiers américains (IBM, CDC, etc.)	

Notons finalement que de nouvelles conceptions de la programmation ont déjà cours dans l'étude et l'exploitation de nouveaux systèmes de commutation électronique; des programmes de contrôle de la commutation sont adoptés par les sociétés exploitantes pour leurs réseaux de télécommunications à fréquence vocale. On peut déjà constater la jonction entre les technologies de l'ordinateur et des télécommunications.

Partie A

Ordinatique

Dans le domaine du matériel informatique, il est une nouvelle formule dont l'avenir est assuré, soit celle du mini-ordinateur. À mesure que son prix diminue, ses applications rentables se multiplient. L'appareil se prête à une grande diversité de tâches : contrôle industriel, composition typographique, surveillance médicale électronique, direction de la circulation routière, traitement de données usuelles dans la petite entreprise, contrôle des communications, contrôle « intelligent » des terminaux à distance et contrôle périphérique des grands centres de calcul. On peut maintenant se procurer un mini-ordinateur pour moins de \$ 3 000 (sans périphérique), et les prix continueront certainement de baisser.

Les fabricants de super-ordinateurs devront lutter sans cesse davantage pour s'assurer une part du commerce des appareils de moyenne et de grande taille. Il est peu probable que ceux-ci soient évincés un jour; on aura toujours besoin des deux catégories d'appareils et, tout compte fait, le marché des ordinateurs géants devrait se développer plus vite. Nous reproduisons ci-après les points de vue positifs ou négatifs à l'origine de cette hypothèse⁷.

Voici quelques-uns des arguments en faveur des moyens et grands ordinateurs :

- La loi de Grosch ne se confirme pas : le potentiel de calcul ne quadruple pas chaque fois que doublent les dépenses en matériel informatique; c'est, pour une bonne part, que les frais généraux de contrôle de la programmation atténuent les progrès en vitesse du matériel, voire les neutralisent complètement, selon certains.
- Les frais de calcul diminueront beaucoup plus vite que ceux des télécommunications; ceux-ci formeront donc une proportion toujours croissante des frais des opérations de calcul à distance, lesquels restreindront gravement le rayon d'exploitation des centres d'accès à distance.

⁷ William D. Smith « Future of the Computer is Assessed », *New York Times*, le 5 août 1971, pp. 45 et 50, où on rend compte de la même conclusion en l'attribuant à F. G. Withington d'Arthur D. Little Inc., *Computer Based Services of the Seventies*, Réseau téléphonique transcanadien, Ottawa, juillet 1971.

Les aspects technologiques de la téléinformatique

- Les façonniers ne peuvent offrir à un degré suffisant la sécurité des fichiers; la plupart des utilisateurs souhaiteront donc se doter d'un ordinateur interne qui leur assure cette protection. Peu d'utilisateurs ont l'importance que suppose un super-ordinateur particulier.
- L'utilisateur qui ne possède pas son propre ordinateur ne peut être sûr que les tâches urgentes recevront l'attention nécessaire; d'une manière très générale, il est à la merci du fournisseur de services informatiques dans un secteur essentiel

de ses opérations. Il ressort de ces problèmes que les utilisateurs désireront un ordinateur à eux.

- Posséder un ordinateur est une source de prestige; c'est pourquoi les entreprises et les services réclament leur centre de calcul tout en invoquant des raisons d'un autre ordre à l'appui de leur demande.
- Étant donné l'extrême importance de bonnes communications entre les programmeurs et les promoteurs d'une tâche, il est essentiel que l'ordinateur soit installé dans les locaux mêmes de l'entreprise.

Voici quelques-uns des arguments positifs ou négatifs avancés par les partisans des super-ordinateurs :

- La loi de Grosch vaut toujours, du moins pour une autre génération d'ordinateurs. Tout en reconnaissant que les moniteurs de la troisième génération n'ont pas donné satisfaction — ils absorbent en général de 25 à 50 p. 100 du temps de l'unité centrale — les partisans du super-ordinateur soutiennent que la leçon a été comprise et que pour les nouveaux ensembles géants le gros des tâches de contrôle appartiendra à des appareils périphériques plus petits ou à du matériel spécialisé. En outre, les économies d'échelle demeureront.
- Les frais de télécommunications devraient diminuer plus lentement que ceux de l'informatique; toutefois, si les installations étaient mieux adaptées à la télétransmission de données, ils pourraient être réduits sensiblement. De plus, bien des centres urbains ont, dans le domaine du calcul, des besoins propres à combler l'appétit de la prochaine génération de super-ordinateurs; ainsi, il pourrait s'agir uniquement de télétransmission locale à bas tarif pour la plupart des utilisateurs.
- La plupart des façonniers défendent chaudement le caractère sacré — ou virtuellement sacré — de l'information qu'ils traitent ou conservent. Ils soutiennent que le problème que poserait censément la sécurité des données est plus psychologique que réel et que les rares possibilités de fuite pourraient, au besoin, être éliminées à peu de frais, mais, admettent-ils, ce supplément répugne d'habitude au client. De fait, les façonniers ont généralement de meilleures méthodes que leurs clients en matière de sécurité de l'information.
- Évidemment celui qui possède un ordinateur en détermine l'utilisation à son gré. Les partisans du super-ordinateur le reconnaissent, mais voient là un luxe accessible à un petit nombre seulement. Et selon eux, grâce à un système de priorités pour le travail, avec différences de tarif et temps d'exploitation limité en certaines circonstances, le fournisseur peut assurer à l'utilisateur le service dont il a besoin en assumant, s'il y a lieu, des obligations contractuelles.
- L'argument du prestige associé à la possession d'un ordinateur est contré par l'énoncé voulant que des méthodes désuètes entraînent vite le discrédit dans le milieu des affaires.

Les aspects technologiques de la téléinformatique

- Les adeptes des super-ordinateurs affirment que la fiabilité est de réalisation plus facile dans les grandes installations, le matériel étant en double et l'entretien étant exécuté avec soin. On peut aussi y assurer plus économiquement la protection des fichiers et des machines en cas d'émeute ou de révolution. (Par contre, la centralisation de tant de données et de puissance de calcul fait du super-ordinateur une cible toute désignée, advenant une activité révolutionnaire.)
- Certes, il peut être important que les programmeurs se trouvent près de ceux dont ils exécutent les tâches, mais il n'en découle plus que l'ordinateur doit être installé dans les mêmes bureaux. Une large gamme de terminaux de télégestion aux possibilités nombreuses est à la disposition des programmeurs. Et on prévoit que cette gamme s'élargira encore.

Tout bien considéré, la demande de super-ordinateurs devrait croître plus vite que celle du matériel moyen.

On verrait se multiplier simultanément, fait plus remarquable encore, les terminaux intelligents contrôlés par mini-ordinateurs. Il est à prévoir aussi que ces terminaux dégageront de plus en plus le grand centre de traitement des tâches ordinaires, dont le contrôle des télécommunications.

À la figure 8 de *L'Arbre de vie* (volume 1)⁸, on trouvera les chiffres relatifs à la diffusion effective ou prévue des ordinateurs de toutes dimensions.

On doit à Knight⁹ l'ouvrage le plus réputé sur la relation entre le coût et la taille de l'ordinateur. Son étude a été effectuée vers 1965, époque où la loi de Grosch était soumise à de dures attaques. L'auteur a non seulement démontré que cette loi s'appliquait avec exactitude à n'importe quelle année, mais que le nombre des opérations exécutées au prix d'un dollar avait augmenté à un rythme phénoménal.

⁸ Rapport du Groupe d'étude sur la téléinformatique au Canada, *L'Arbre de vie*, ministère des Communications, Ottawa, Information Canada, 2 volumes, mai 1972.

⁹ K. E. Knight, « Changes in Computer Performance », *Datamation*, vol. XII, n° 9, septembre 1966, pp. 40-54 et « Evolving Computer Performance 1963-1967 », *Datamation*, vol. XIV, n° 1, janvier 1968, pp. 31-35.

Solomon¹⁰ a fait des recherches sur les économies d'échelle offertes par les ordinateurs de la série IBM 360. Il a constaté que cette loi est d'une exactitude étonnante, sauf pour les programmes fortement axés sur les entrées et sorties. L'auteur ajoute qu'une enquête a permis de découvrir des économies supplémentaires dans le cas des grandes installations au chapitre des traitements versés au personnel.

La figure 1 illustre des améliorations de rendement de l'ordinateur d'après le nombre d'instructions exécutées au prix d'un dollar. Plusieurs courbes de sources différentes y sont tracées. On voit par là qu'il n'y a guère accord sur le coût d'exécution d'une instruction pour une année donnée. C'était à prévoir, car les coûts varient considérablement selon le type d'ordinateur, la configuration du matériel et les applications. On s'entend assez bien sur la pente de la courbe; toutefois, Auerbach¹¹ incite à croire que la hausse de rendement est un peu plus lente pour le matériel relativement lent qui a été étudié. D'une manière générale, le rythme de progrès des ordinateurs ne devrait pas dépasser celui des circuits logiques (courbe 5), élément primordial de l'ordinateur. Il est donc improbable que les fortes pentes des courbes 3 et 4 puissent se prolonger longtemps. Le graphique fait bien ressortir les énormes réductions des coûts réalisées ces quinze dernières années, qui sont de l'ordre d'environ vingt mille fois.

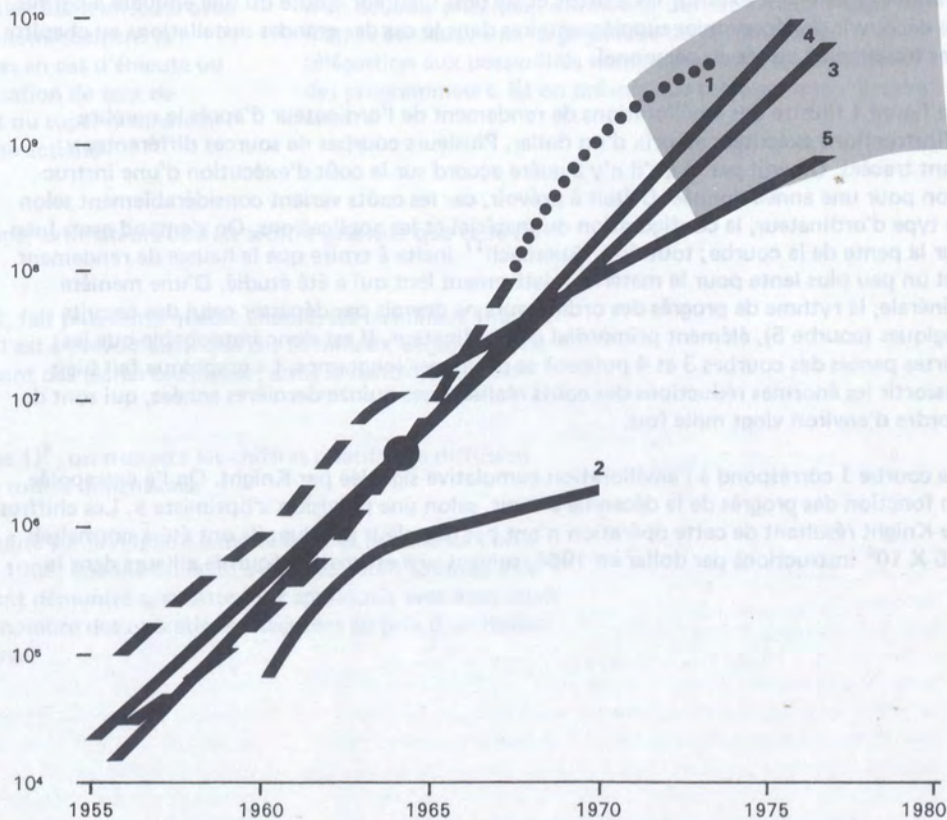
La courbe 1 correspond à l'amélioration cumulative signalée par Knight. On l'a extrapolée en fonction des progrès de la décennie à venir, selon une prévision « optimiste ». Les chiffres de Knight résultant de cette opération n'ont pas de valeur absolue; ils ont été « normalisés » à 5×10^6 instructions par dollar en 1964, suivant une estimation fournie ailleurs dans le

¹⁰ Martin B. Solomon, *Some Computer Economics : Economies of Scale*, procès-verbaux de la conférence du Data Processing Institute, Ottawa, 1971, pp. 223-229.

¹¹ Auerbach Technology Evaluation Service, *Computer Software*, EDP Series, n° 7, Philadelphie, Pennsylvanie, Auerbach Information, 1971.

Figure 1
 Nombre d'instructions par
 dollar pour une année donnée

Nombre
 d'instructions
 exécutées
 au prix
 d'un dollar



Estimations et projections
 reliées au texte de l'étude

- | | | | | |
|--------|----------|-------|------|---------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Knight | Auerbach | Armer | Ware | Notz et coll. |

présent document¹². Les valeurs relatives elles-mêmes ont été tirées d'un calcul portant sur plus de trois cents ordinateurs. La courbe 2 rend compte des chiffres donnés par l'Auerbach Corporation¹³ pour un ordinateur capable de 10 000 opérations à la seconde, c'est-à-dire un appareil lent. La courbe 3 illustre une prédiction d'Armer, citée par Kimbel¹⁴, voulant que le coût de la puissance brute de calcul ait diminué de dix fois tous les quatre ans et continue d'évoluer ainsi. La prédiction d'Armer a été normalisée elle aussi à 5×10^6 instructions pour un dollar en 1964. Cette approximation concorde bien avec l'estimation de Willis Ware (Rand Corporation) figurée par la courbe 4¹⁵ et voulant qu'en 1975 le coût du calcul ait été réduit de 200 000 fois par rapport à 1955. Ware a aussi prédit que la capacité installée aura augmenté de 160 000 fois dans le même laps de temps, et que ce phénomène se sera accompagné d'une diminution de taille de 10 000 fois et d'un accroissement de vitesse de 40 000 fois.

Enfin, nous voyons, à la courbe 5, les diminutions, déjà acquises ou prévues, dans le coût des composants électroniques de l'ordinateur, converties en instructions au dollar par Notz et ses collaborateurs¹⁶.

Étant donné la grande diversité des ordinateurs actuellement sur le marché et leur adaptation à des tâches particulières de toutes sortes, il est difficile de concevoir comment mesurer la puissance de calcul d'une façon satisfaisante et commode. Les procédés mis en œuvre par Knight ne sont plus pratiques, sauf pour certaines catégories d'appareils. C'est pourquoi il a refusé lui-même de mettre ses méthodes à jour pour les ordinateurs lancés depuis 1967.

¹² K. E. Knight, « Evolving Computer Performance 1963-1967 », *Datamation*.

¹³ *Auerbach Technology Evaluation Service*, ouvrage cité.

¹⁴ Dieter Kimbel, *Computers and Telecommunication – economic, technical and organizational issues*, publication de l'O. C. D. E. n° DAS SPR 71.63, Paris, le 24 novembre 1971, CONFIDENTIEL, pp. 51 et 52.

¹⁵ Willis H. Ware, *On Limits in Computing Power*, document n° P4208, Californie, Rand Corporation, octobre 1969.

¹⁶ William A. Notz, E. Schiacha, J. L. Smith et M. G. Smith, « Large Scale Integration – Benefitting the System Designer », *Electronics*, vol. XL, n° 4, 20 février 1967, pp. 130-133.

Les aspects technologiques de la téléinformatique

Les courbes de la figure 1 donnent quand même une bonne indication des baisses étonnantes de prix des ordinateurs réalisées au cours des quinze dernières années, même si les valeurs absolues sont sujettes à caution et difficiles à interpréter.

1. Quelles dimensions les super-ordinateurs atteindront-ils ?

La prochaine décennie verra une accélération constante dans le fonctionnement des super-ordinateurs ; mesuré en instructions à la seconde, l'accroissement a été de quelque vingt fois durant la dernière décennie¹⁷. Les laboratoires ont déjà élaboré la technologie nécessaire pour réaliser une nouvelle augmentation de vitesse du même ordre.

La figure 2 indique la diffusion des grands ordinateurs¹⁸.

Pour mesurer la puissance de calcul, on s'est alors fondé sur le produit de la vitesse de calcul et de la capacité de mémoire des plus grands ordinateurs de chaque période. Trois points ont été ajoutés au schéma d'origine pour le mettre à jour (CDC 7600, IBM 360/195 et Star 100). D'après cette méthode, le rythme d'augmentation se serait tassé ces derniers temps.

La figure 3 consiste dans un diagramme illustrant la puissance de calcul d'après le nombre des instructions à la seconde¹⁹.

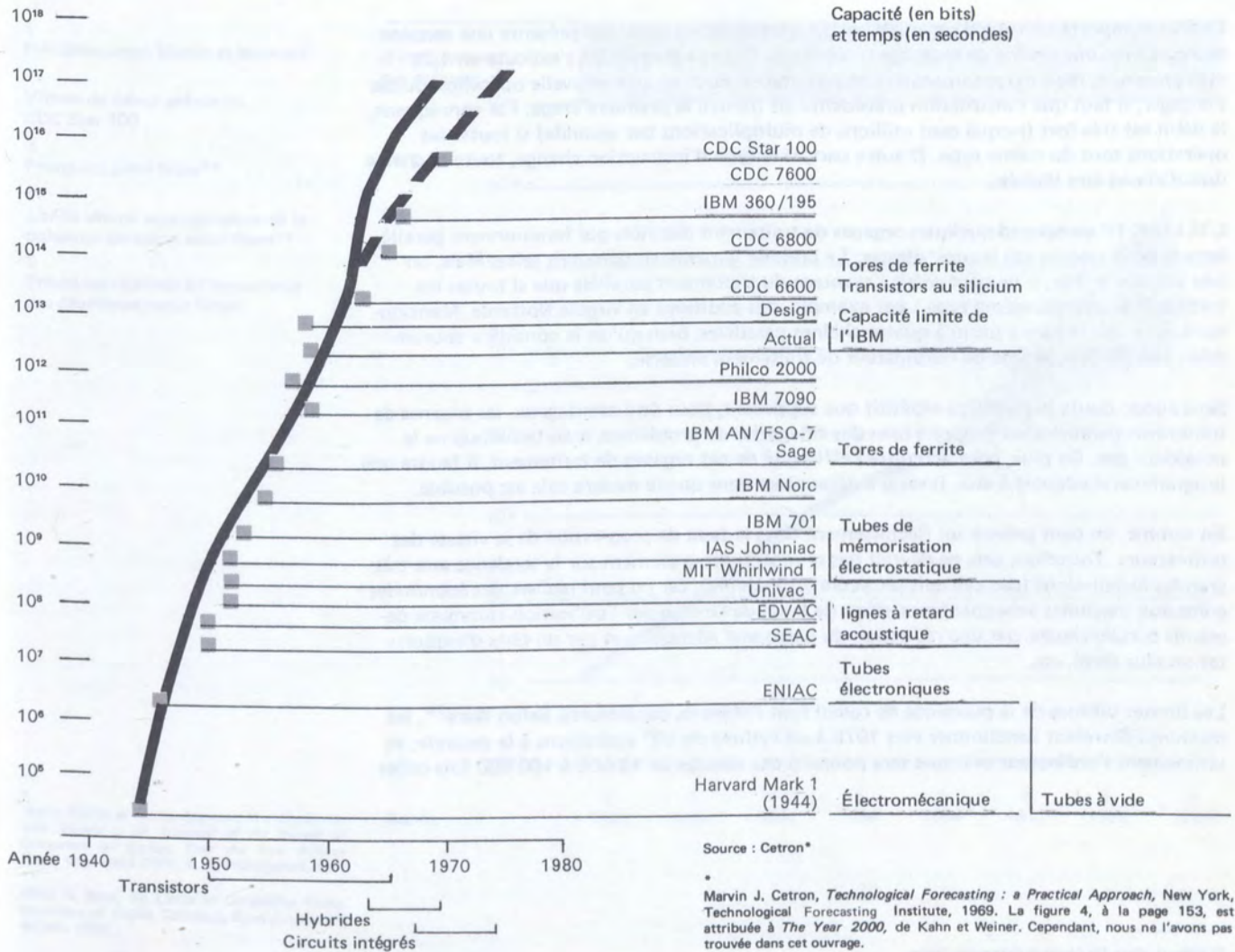
Une extrapolation en ligne droite à partir de ce graphique serait trop peu favorable, semble-t-il, car les ordinateurs Star et ILLIAC IV se classent bien au-dessus de cette ligne. Il est possible néanmoins que le taux de progrès observé se maintienne.

¹⁷ James Martin et Adrian Norman, *The Computerized Society : an Appraisal of the Impact of Computers on Society over the Next Fifteen Years*, Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1970.

¹⁸ K. E. Knight, « Changes in Computer Performance », *Datamation*.

¹⁹ James Martin et Adrian Norman, ouvrage cité.

Figure 2
Diffusion des grands ordinateurs



Les aspects technologiques de la téléinformatique

Le Star comporte un type d'organisation dit traitement en série, qui présente une certaine analogie avec une chaîne de montage de voitures. Chaque instruction s'exécute en 1,28 microseconde, mais exige toutefois quelques étapes. Pour qu'une nouvelle opération puisse s'engager, il faut que l'instruction précédente ait franchi la première étape. Par conséquent, le débit est très fort (jusqu'à cent millions de multiplications par seconde) si toutes les opérations sont du même type. D'autre part, si le type d'instruction change, toute la chaîne doit d'abord être libérée.

L'ILLIAC IV comprend quelques organes de traitement distincts qui fonctionnent parallèlement pour réaliser ces hautes vitesses. Le premier appareil en comptait seize. Mais, un peu comme le Star, il ne peut offrir l'avantage du traitement parallèle que si toutes les instructions sont du même type : par exemple, des additions en virgule flottante. Mentionnons aussi que le Star a jusqu'à quatre chaînes parallèles, bien qu'on le considère couramment comme l'archétype de l'ordinateur de traitement en série.

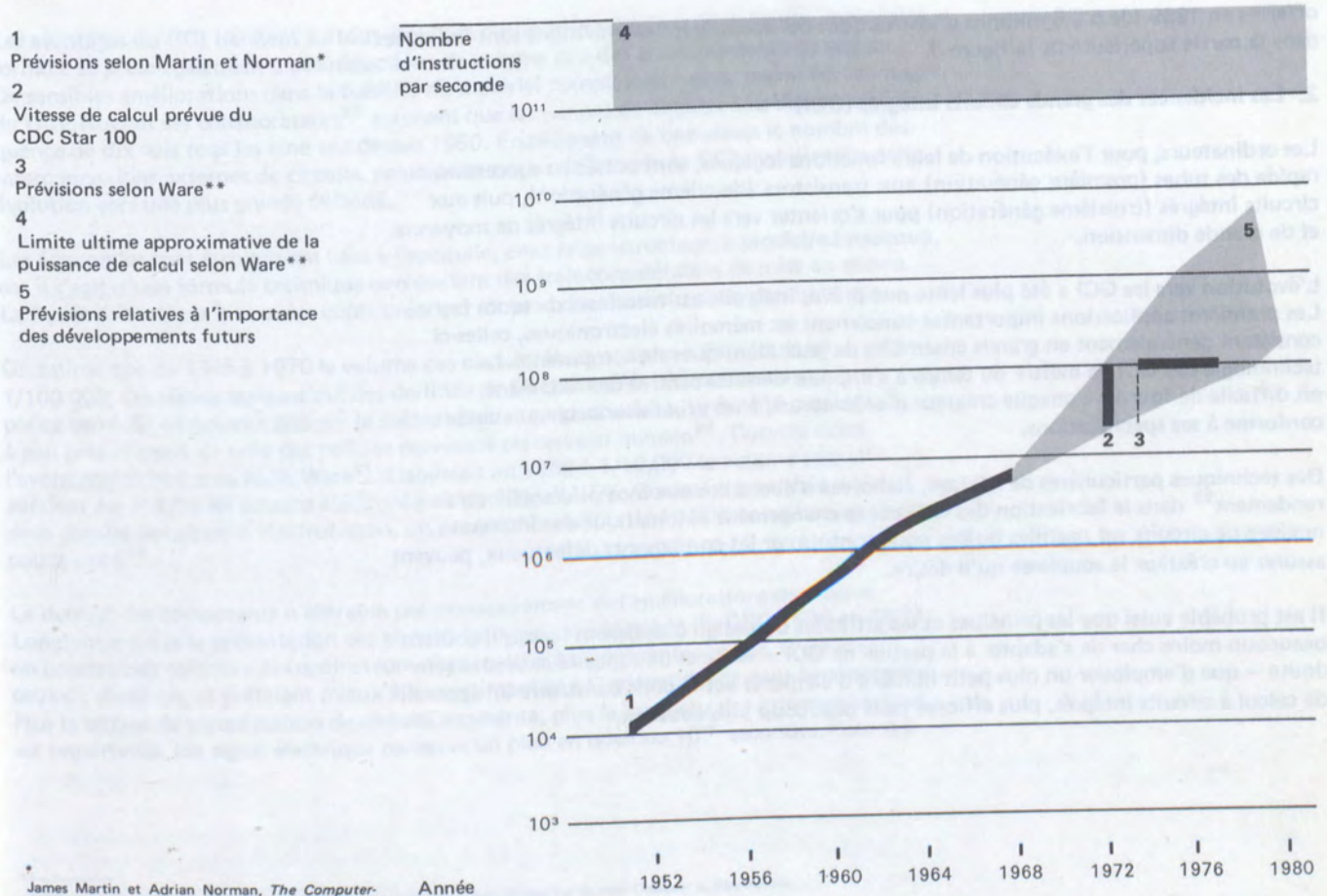
Sans aucun doute le caractère répétitif que supposent, pour être avantageux, les organes de traitement parallèles est propre à bien des catégories de problèmes, mais beaucoup ne le possèdent pas. De plus, pour accroître l'efficacité de ces organes de traitement, il faudra une programmation adaptée à eux. Il reste à déterminer dans quelle mesure cela est possible.

En somme, on peut prévoir un fléchissement dans le taux de progression de la vitesse des ordinateurs. Toutefois, cela ne devrait pas se répercuter gravement sur la tendance aux très grandes installations (comportant plusieurs ordinateurs), car on peut réaliser des économies grâce aux machines échappant aux effets de la loi de Grosch par l'utilisation commune de grands périphériques, par une réduction du personnel nécessaire et par un taux d'exploitation plus élevé, etc.

Les limites ultimes de la puissance de calcul font l'objet de conjectures. Selon Ware²⁰, les machines devraient fonctionner vers 1975 à un rythme de 10^9 opérations à la seconde; et ultimement l'ordinateur pratique sera poussé à des vitesses de 10 000 à 100 000 fois celles

²⁰ Willis H. Ware, *On Limits in Computing Power*.

Figure 3
Augmentation du rendement des ordinateurs rapides



* James Martin et Adrian Norman, *The Computerized Society : an Appraisal of the Impact of Computers on Society Over the Next Fifteen Years*, Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1970

** Willis H. Ware, *On Limits in Computing Power*, Document n° P4208, Californie, Rand Corporation, octobre 1969.

Les aspects technologiques de la téléinformatique

offertes en 1969 (de 5 à 6 millions d'instructions par seconde). Ces prévisions sont indiquées dans la partie supérieure de la figure 3.

2. Les incidences des grands circuits intégrés (GCI)²¹

Les ordinateurs, pour l'exécution de leurs fonctions logiques, sont passés en succession rapide des tubes (première génération) aux transistors (deuxième génération), puis aux circuits intégrés (troisième génération) pour s'orienter vers les circuits intégrés de moyenne et de grande dimension.

L'évolution vers les GCI a été plus lente que prévu, mais elle est manifeste de toute façon. Les premières applications importantes concernent les mémoires électroniques, celles-ci consistant généralement en grands ensembles de jeux identiques de composants. La technologie des GCI va mettre du temps à s'imposer dans les centres de traitement, car il est difficile de fournir à chaque créateur d'ordinateurs, à un prix raisonnable, un circuit conforme à ses spécifications.

Des techniques particulières de câblage, élaborées d'abord comme moyen d'améliorer le rendement²² dans la fabrication des GCI par le changement automatique des interconnexions de circuits sur pastilles isolées pour contourner les composants défectueux, peuvent assurer au créateur la souplesse qu'il désire.

Il est probable aussi que les principes et les attitudes du design changeront lorsqu'il coûtera beaucoup moins cher de s'adapter à la pastille de GCI — lente et de capacité excessive sans doute — que d'employer un plus petit nombre d'éléments actifs pour construire un appareil de calcul à circuits intégrés, plus efficace mais beaucoup plus coûteux.

²¹ Les circuits intégrés sont des dispositifs électroniques grâce auxquels un circuit entier : transistors, résistances, condensateurs et interconnexions, est monté sur une pastille de silicium. Le GCI comporte le montage simultané de 100 ou plus de ces circuits sur une seule pastille.

²² Le terme *rendement* désigne ici le pourcentage des bons appareils dans l'ensemble de la fabrication. Pour réaliser des rendements acceptables, il faut que le milieu soit contrôlé de très près.

Les avantages du GCI tiennent surtout aux possibilités d'économie qu'il présente, mais cette formule se prête également à des réductions de volume et à des accroissements de vitesse. De sensibles améliorations dans la fiabilité du matériel compteraient aussi parmi les avantages du GCI. Notz et ses collaborateurs²³ estiment que les pannes de circuits décroissent en fréquence de dix fois tous les cinq ans depuis 1950. En réduisant de beaucoup le nombre des interconnexions externes de circuits, principales causes de pannes, le GCI maintiendra cette évolution vers une plus grande fiabilité.

Les économies sont étroitement liées à l'aptitude, chez le constructeur, à produire beaucoup, car il s'agit d'une formule technique comportant des frais considérables de mise en œuvre. La figure 4 illustre la baisse des coûts unitaires moyens des circuits à semi-conducteurs.

On estime que de 1948 à 1970 le volume des circuits électroniques a été réduit au 1/100 000. On réalise aujourd'hui des densités de 50 000 à 150 000 composants au pouce carré. Si on pouvait obtenir le même résultat au pouce cube, la densité atteindrait à peu près le quart de celle des cellules nerveuses du cerveau humain²⁴. Comme nous l'avons mentionné plus haut, Ware²⁵ établissait en 1969 à 1/10,000 le volume auquel auraient été réduits les circuits électroniques de 1955 à 1975. Comme limite théorique de la densité des circuits électroniques, on a avancé le chiffre de 16 000 conditionneurs au pouce carré²⁶.

La densité des composants n'entraîne pas nécessairement des améliorations de vitesse. Longtemps après la présentation des circuits intégrés, ou l'annonce du CDC 7600 en 1969, on construisait toujours des ordinateurs ultra-rapides à composants séparés. C'est que ceux-ci, disait-on, se prêtaient mieux à l'assortiment et à l'indépendance dans la conception. Plus la vitesse de commutation de circuits augmente, plus la longueur des interconnexions est importante. Un signal électrique parcourt un pied en quelque 10^{-9} secondes. Pour les

²³ William A. Notz et collaborateurs, « Large Scale Integration – Benefitting the System Designer », *Electronics*.

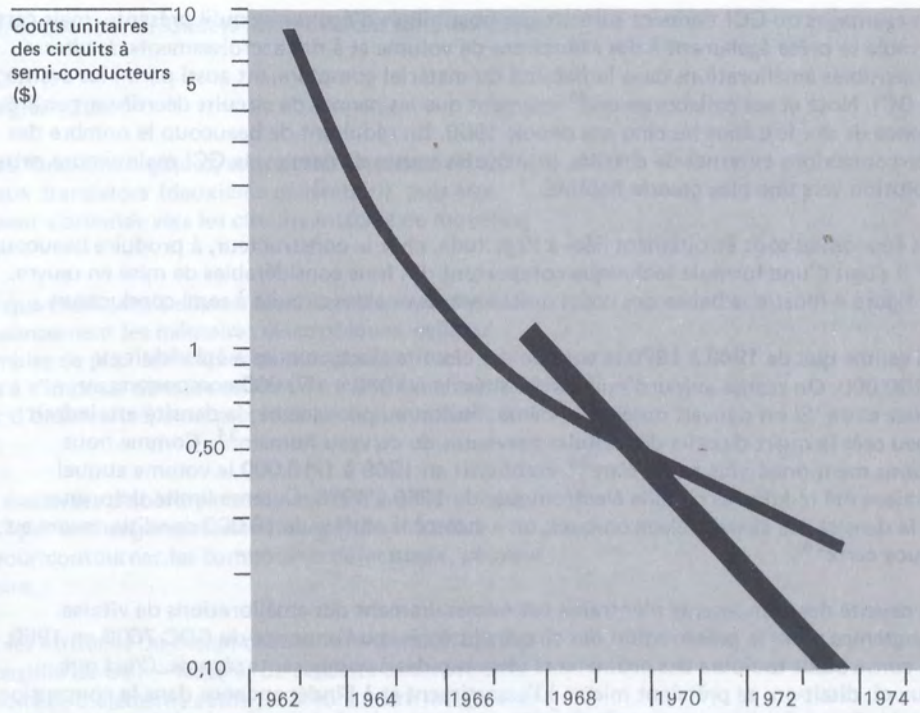
²⁴ F. G. Heath, « Large-Scale Integration in Electronics », *Scientific American*, vol. CCXXII, n° 2, février 1970, pp. 22-31.

²⁵ Willis H. Ware, *On Limits in Computing Power*.

²⁶ H. M. Zeidler, A. J. Lipinski, L. J. Moll, E. B. Shapiro, W. A. Kent et J. H. Wensley, *Patterns of Technology in Data Processing and Data Communications*, rapport 7379B-4 du Stanford Research Institute, établi pour la Commission fédérale des Communications, Washington, Menlo Park, California, Stanford Research Institute, février 1969.

Figure 4

Coûts unitaires des circuits à semi-conducteurs



■ Circuits intégrés

■ Dispositifs électroniques intégrés*

Source : Institut de recherche Stanford**

* Correspond à l'intégration à moyenne échelle (MSI)

** H. M. Zeidler, A. J. Lipinski, L. J. Moll, E. B. Shapiro, W. A. Kent et J. H. Wensley, *Patterns of Technology in Data Communications*, Stanford Research Institute Report, n° 7379B-4. Préparé pour la Federal Communications Commission, Washington, D. C., Menlo Park, Californie, Stanford Research Institute, février 1969.

ordinateurs ultra-rapides, il faudra en venir à la technologie des GCI. D'ici là, les fabricants de matériel ultra-rapide pourraient bien s'abstenir de faire usage des GCI pour les circuits « critiques ». Cette situation pourrait bien se prolonger toute la décennie.

3. Incidences éventuelles du traitement associatif

Les mémoires associatives font l'objet de recherches et de perfectionnements depuis 1957. Leur principe comporte l'accès au stockage par spécifications des contenus plutôt que des adresses. Ces systèmes sont ordinairement dotés de moyens de contrôle supplémentaires permettant d'accélérer l'accès lorsque tout le stockage n'est pas visé.

Tous les termes exigeant consultation sont sollicités en même temps et tous ceux qui correspondent aux critères de la recherche actionnent un commutateur dans un registre de réponse. Par exemple, si trois cycles de machine établissent les critères de sélection, un seul autre cycle est nécessaire pour consulter l'ensemble ou une partie déterminée du stockage.

Comme les tests logiques sont exécutés essentiellement à chaque position de la mémoire, tandis que le plus souvent les mots sont lus un à un et en succession à même la mémoire et que les essais sont effectués dans l'unité centrale de traitement, chaque mot d'une mémoire associative renferme des ensembles de circuits qui lui sont propres. C'est pourquoi la mémoire associative coûte plus cher que la mémoire classique, mais elle peut exécuter beaucoup plus rapidement des opérations complexes de recherche. L'alternative en matière de coût a pour termes la durée de l'opération parallèle et l'opération en série de type classique.

Les principaux types de mémoires associatives sont les suivants :

- mémoires tampons
- mémoires périphériques
- mémoires centrales

La mémoire tampon est d'application usuelle. L'IBM 360 (modèle 85) comporte une grande mémoire associative (jusqu'à 32 768 mots de 16 bits) ayant pour objet d'améliorer le rendement d'un appareil à mémoire centrale assez lente.

Les mémoires associatives servent aussi dans les ordinateurs de très haute vitesse pour les registres internes spéciaux et dans divers dispositifs périphériques perfectionnés, telles les unités à disques à capacités de recherche particulières. Ce genre d'application sera commun à bon nombre d'ordinateurs d'ici quatre ou cinq ans.

Les aspects technologiques de la téléinformatique

On prévoyait pour 1972 que le Rome Air Development Centre ferait un appel d'offres touchant un système de 4 096 mots en mémoire centrale de 288 bits, avec une mémoire rapide de réserve de 10^8 bits. Cet ensemble serait capable d'une exploration parmi ces 4 096 mots (ou d'un secteur d'entre eux) en 100 nanosecondes. Cette innovation devrait se réaliser en quatre ou cinq ans.

Les conceptions examinées en 1957 commencent à porter fruit. Toutefois, pour que le matériel à l'appui des mémoires associatives puisse se réaliser selon tout son potentiel il faudra de nouvelles méthodes et techniques de programmation et de nouvelles démarches vis-à-vis des difficultés à résoudre. En outre, ces méthodes et techniques devront être appliquées par compilateurs comportant les langages établis, de sorte que la grande majorité des usagers d'ordinateurs ne soient pas obligés à un recyclage. Ces améliorations exigeront beaucoup de temps, même si on y affecte les plus grands talents dans le domaine. On ne prévoit pas, dans ces conditions, que les systèmes à mémoire centrale associative prennent beaucoup d'importance d'ici dix ans. Il en sera peut-être autrement ensuite du fait des pressions qu'exerceraient les utilisateurs de grands fichiers.

4. L'ordinateur optique

La Laser Computer Corporation, dénommée auparavant Computer General Inc., affirme avoir créé un ordinateur optique d'un rendement qu'on peut qualifier d'extraordinaire. La première livraison de l'appareil, le CG-100, était prévue pour mai 1971, mais on ne sait plus à quelle date elle aura lieu effectivement.

Les caractéristiques détaillées de l'appareil sont sous le secret, mais on dit que la mémoire centrale serait de 10^{13} bits, avec cycle d'écriture-lecture de vingt nanosecondes. Le coût du stockage serait de l'ordre de 10^{-7} cents par bit; quant au prix d'achat, il serait de \$ 1,6 million, soit environ 10 p. 100 de celui de l'IBM 360/195 dont la mémoire serait trois cent mille fois moindre que celle du CG-100 (32,5 millions de bits)²⁷.

²⁷ Samuel Weber et Gerald Parkinson, « Optical Computer Reads Like a Dream... », *Electronics*, vol. XLIV, n° 7, 29 mars 1971, pp. 81 et 82; Edith Myers, « He Dreams the impossible Dream... or Does He? », *Datamation*, vol. XVII, n° 13, 1^{er} juillet 1971, pp. 52 et 53.

On est un peu sceptique quant à la possibilité pour la compagnie de produire cet appareil. Toutefois la plupart des spécialistes reconnaissent qu'un modèle de laboratoire est réalisable; on doute surtout qu'une production commerciale soit possible à l'heure actuelle.

Au moment où nous allons mettre sous presse, il semble bien que l'entreprise n'a pu donner suite à ses promesses. Ses conceptions n'en démontrent pas moins les virtualités extraordinaires de la technologie informatique.

5. Des machines intelligentes

Des deux côtés de l'Atlantique, on travaille à la mise au point d' « ordinateurs intelligents », c'est-à-dire capables d'apprendre. On n'en prévoit pas la généralisation toutefois pour la décennie à venir. Depuis un certain temps on procède à la simulation pour ces appareils et des microcircuits adaptatifs sont en cours de production en quantités raisonnables. On soutient²⁸ qu'en combinant de grands ensembles de ces éléments adaptatifs avec la rétroaction électrique, on pourra réaliser des processus d'apprentissage analogues à ceux de l'homme. À l'université de Kent, en Angleterre, on a amené un ensemble de pareils dispositifs à distinguer des phonèmes consonantiques déformés et à produire, comme réponse, les sons exacts pour une fraction de ce que coûte le processus repérage et nettoyage sur ordinateur classique.

6. Programmation

La programmation entre sans doute pour une forte proportion du coût des systèmes informatiques, même s'il est difficile d'établir des chiffres exacts en la matière. Selon une règle empirique courante, le fabricant d'ordinateurs peut prévoir des dépenses à peu près égales pour la programmation et le matériel dans l'élaboration de nouveaux appareils. Par la suite le nouvel usager engagera probablement en sus, dans son effort de programmation, quelque 50 à 100 p. 100 du coût du matériel.

²⁸Igor Aleksander, « Electronics for Intelligent Machines », *New Scientist and Science Journal*, vol. XLIX, n° 742, 11 mars 1971, pp. 554 et 555.

Les aspects technologiques de la téléinformatique

Frost et Sullivan²⁹ estiment que le coût par instruction d'un programme moyen a diminué de 25 p. 100 depuis dix ans et qu'il pourrait bien baisser autant dans les dix prochaines années. Certes, il ne s'agit pas là de réductions considérables dans les coûts de programmation, mais il faut dire que la technique de programmation s'est beaucoup perfectionnée et que d'autres progrès importants sont à prévoir. Nous examinerons ci-après pour quelles raisons les coûts ne s'en sont pas ressentis, mais tout d'abord nous allons exposer quelques facteurs des progrès réalisés en programmation.

a) *Perfectionnements aux techniques de programmation*

Il faut citer tout d'abord l'emploi de langages plus étendus et plus concis. L'un des meilleurs est l'APL (A Programming Language) ; il réduit à une proportion se situant entre le dixième et le centième, en général, voire au millième en certains cas, la longueur des programmes que l'utilisateur doit élaborer. À titre de comparaison, les programmes en Fortran sont quatre fois plus courts que les programmes correspondants des machines. Des langages spécialisés et des collections de sous-programmes peuvent même offrir en certains cas plus de possibilités de concision. Par exemple, des douzaines de langages pour divers types de simulation épargnent à l'utilisateur les détails de l'ordonnancement et lui permettent de s'attacher surtout aux rapports logiques entre les éléments du calendrier de travail. Autre exemple, de grandes collections intégrées de sous-programmes destinées aux calculs de génie civil servent largement aux études de bâtiments et de routes.

L'élaboration d'un certain nombre de systèmes ou de langages que peuvent utiliser les analystes dans la définition de programmes à des degrés de précision appropriés contribue aussi à réduire les coûts de programmation. La quantité du travail exigée de l'analyste (qui indique la solution des problèmes mais qui laisse au programmeur le soin de l'appliquer) doit être tout juste suffisante pour permettre au programmeur d'exécuter sa tâche sans information supplémentaire. Nombre de compagnies ont tenté de mettre sur pied un véritable système de communication entre analyste et programmeur ; ils voulaient surtout normaliser la fonction d'analyste et l'adapter davantage à la gestion. Au Canada, le programme SCOT élaboré par la Great West Life, à Winnipeg, offre un exemple réussi de cette formule. On l'a commercialisé et il a été adopté avec satisfaction par plus de quarante

²⁹Étude récente citée dans *Computerworld*, 22 décembre 1971.

compagnies. Il est à prévoir que les organismes de normalisation travailleront d'ici quelques années à un langage machine en mettant à profit quantité des éléments communs aux langages qui servent déjà.

Troisième facteur d'amélioration, les fabricants offrent à titre gracieux ou à des prix minimes des collections croissantes de sous-programmes, de services et de moyens auxiliaires de programmation. Leur éventail s'étend entre de grands ensembles pour l'analyse statistique et la programmation mathématique, d'une part, et les sous-programmes, programmes complexes de mise à jour, de tri et de fusion, d'autre part. On a créé des milliers de programmes dans ces catégories, mais la plupart ne sont guère appliqués bien qu'ils puissent exécuter à peu près le même travail que bien d'autres. Le plus difficile dans ce domaine est de trouver des moyens efficaces de coordonner et de diffuser l'information sur ce qui existe déjà pour toute tâche donnée. À mesure que l'industrie progresse, cette situation devrait s'améliorer graduellement; les répertoires de programmes éprouvés se multiplieraient.

Notons ici que faire passer un programme d'un milieu à un autre pose une difficulté. Même en langage d'aussi large diffusion que le Cobol ou le Fortran, les programmes symboliques ne passent pas aisément d'une machine à l'autre; s'ils sont établis en d'autres langages, le problème est plus aigu. Il se fait beaucoup de recherche pour remédier à cette situation et en particulier pour aplanir les complications liées à des différences de milieu. La General Services Administration du gouvernement fédéral américain cherche à stabiliser le langage de la programmation. Elle exige que toute programmation achetée par son entremise soit établie dans l'un des langages communs pour lesquels il existe des normes.

Le temps partagé entre pour beaucoup aussi dans les progrès réalisés en technologie de programmation. Au point de vue du programmeur, cette formule permet de s'assurer, sur demande, une part appropriée dans l'utilisation d'un ordinateur (tranches de temps de l'unité centrale, ressources de la mémoire, moyens de programmation, etc.) afin de progresser à un rythme correspondant aux possibilités du programmeur et non limité par la difficulté d'accès à un ordinateur. Les efforts pour mesurer les gains de productivité chez le programmeur sont demeurés sans résultat jusqu'ici; cela tient surtout à de grands écarts entre les talents naturels des programmeurs. Le partage du temps d'ordinateurs entre plusieurs usagers entraîne des frais généraux particuliers. Les partisans du temps partagé considèrent la perte d'efficacité dans l'exploitation de l'ordinateur comme plus que compensée par les gains de rendement en programmation. Le temps partagé a beaucoup d'autres applications

Les aspects technologiques de la téléinformatique

que l'élaboration de programmes. Il s'impose généralement pour toute catégorie d'application, tels les services de réservation des sociétés aériennes, où les utilisateurs doivent avoir accès à des données et des programmes imprévisibles.

Le travail incessant pour mettre au point des compilateurs de plus en plus puissants et adaptables, et pour fournir au programmeur des moyens de déceler et de localiser en moins de temps les erreurs de programmation, a eu un effet bénéfique sur les coûts de la programmation et devrait avoir de plus grandes répercussions encore à l'avenir.

b) Réductions dans le coût de la programmation

Les coûts de programmation, redisons-le, n'ont pas diminué aussi vite que prévu. Cela est attribuable, entre autres, à une hausse des traitements et aux frais généraux élevés de l'administration et de la documentation en ce domaine; ces facteurs ne rendent pas entièrement compte toutefois de la persistance des coûts élevés.

Le taux de la diminution des coûts semble faible, mais il faut dire qu'il est difficile de trouver des programmes d'une égale complexité comme base de comparaison. La complexité moyenne des programmes s'est beaucoup accrue sans doute au cours de la décennie. Nous devons à J. D. Aron³⁰ la figure 5 présentant la chronologie des coûts de programmation pour un certain nombre de grands ordinateurs IBM. L'auteur a contrôlé ces chiffres par des comparaisons avec des appareils d'autres marques. Il s'agissait à la fois d'études et d'applications. M. Aron note que les chiffres ont la même valeur en 1969 qu'en 1960. Les coûts des programmes n'auraient donc pas diminué dans l'intervalle. Il y a à cela plusieurs raisons :

- Les perfectionnements dans le dépistage des erreurs n'ont guère eu d'effet sur l'élément principal des coûts de dépannage pour les grands programmes, qui sont occasionnés par l'interaction des parties de programme de sources différentes.
- Des programmeurs sans formation s'engagent dans le domaine à un rythme tel que la possibilité de mettre à profit la technique de programmation ne s'améliore pas.
- Les programmeurs n'acquièrent pas de meilleures méthodes.
- La difficulté des programmes s'accroît au même rythme que l'amélioration des techniques. Ainsi, les ordinateurs dont la puissance augmente sont utilisés à des tâches de plus en plus difficiles.

M. Aron estime que le dernier facteur est le plus important.

³⁰J. D. Aron, « Estimating Resources for Large Programming Systems », *Software Engineering Techniques*, rapport sur la conférence parrainée par le NATO Science Committee, Rome, Italie, 27 au 31 octobre 1969, Scientific Affairs Division, N.A.T.O., Bruxelles 39, Belgique, avril 1970, pp. 68-79.

Figure 5
Rendement de la programmation

	Degré dans la difficulté	Durée			
		6 mois	12 mois	Plus de 24 mois	
Col. facile 1		20	500	10 000	Très peu d'interactions
Col. moyen 2		10	250	5 000	Quelques interactions
Col. difficile 3		5	125	1 500	Plusieurs interactions
		Instructions par jour-homme	Instructions par mois-homme	Instructions par année-homme	
		Unités			Source : J. D. Aron

Les aspects technologiques de la téléinformatique

L'examen de la figure 5 est très instructif. Par exemple, les réalisations de courte durée semblent avoir la moitié du rendement de celles de longue durée. C'est probablement que les frais généraux sont relativement plus élevés pour un personnel plus nombreux qui doit exécuter certains travaux en moins de temps. D'autre part, le rendement est le même pour les réalisations difficiles de courte et de longue durée; alors, la complexité interviendrait beaucoup plus que les frais généraux. Le degré de difficulté d'un programme est mesuré d'après l'interaction avec d'autres éléments du système complet, comme on l'a indiqué à la partie droite de la figure. M. Aron en infère que si la durée et le degré de difficulté sont fixes, les coûts de programmation sont fonction linéaire du nombre des instructions, alors que plus une réalisation a de durée, plus elle approche le coût minimum par instruction atteint pour des travaux de plus de 24 mois.

Il en résulte un dilemme pour qui cherche à mesurer les gains de rendement en programmation, car le rythme auquel les programmations nouvelles et plus difficiles sont abordées dépassent ou égalent le rythme du progrès dans la compréhension des systèmes de programmation.

c) *Améliorations à la technologie des compilateurs*

Il s'est fait bien peu d'études pour découvrir comment mesurer les rendements des divers compilateurs.

Cette lacune tient surtout à deux faits :

- La recherche s'est orientée principalement vers les améliorations, plutôt que vers la mesure des résultats. Toute comparaison entre compilateurs suppose l'examen de facteurs complexes, dont les suivants :
 - i) Est-ce que dans les versions machine des programmes établies par compilateur on exploite pleinement les ressources en calcul? Diverses ressources sont à observer : temps de compilation sur l'ordinateur, volume de mémoire exigé par le programme (efficacité de la mémoire pour la tâche), temps d'ordinateur nécessaire pour le programme (efficacité du code pour la tâche);
 - ii) Le compilateur effectue-t-il la traduction immédiate en langage machine ou est-ce que les produits du compilateur doivent être traités avant d'être introduits dans l'ordinateur ?
 - iii) Tous les éléments du langage source sont-ils traduits par le compilateur ?
 - iv) Quelle partie des frais généraux de l'étape traduction est imputée au compilateur et combien sont absorbés par le système entier d'exploitation ou, plus particulièrement, sont assimilés aux frais de l'opération entrée-sortie ?
 - v) Est-ce que l'ordinateur qui effectue les traductions possède des caractéristiques particulières qui le rendent tout spécialement adapté ou inadapté à cette tâche ?
 - vi) Est-ce qu'il se fait beaucoup de contrôles et de corrections pendant la traduction ?

Quelques chiffres peuvent indiquer les améliorations apportées à la technologie de la compilation depuis dix ans. Ce sont les mesures de la vitesse que l'on exprime en « instructions exécutées par carte source compilée » (i.e.-c.s.c.). C'est là une mesure très intéressante de la vitesse de compilation, car elle est à peu près indépendante de celle de l'ordinateur, ce qui permet des comparaisons faciles entre les compilateurs de différents ordinateurs. Les chiffres sont tirés d'un ouvrage par C. E. Earnest³¹ de l'Université de New York. Il y a une dizaine d'années, un compilateur Algol 7094 de l'IBM fonctionnait à 137 000 i.e.-c.s.c. Il y a environ cinq ans, le Fortran H sur IBM 360/65 fonctionnait à 37 000. Le chiffre est de 14 000 pour le compilateur Fortran Univac 1108, et il s'agit d'un appareil optimisant, c'est-à-dire qui renferme un bon nombre d'instructions supplémentaires conçues pour une haute qualité dans la traduction des programmes sources qu'il reçoit. Ces chiffres ne sont pas assez précis pour que des graphiques de projection puissent être révélateurs. On peut au mieux en déduire avec certitude que d'autres améliorations importantes suivront. On peut aussi prévoir des progrès dans les moyens de mesurer le rendement des compilateurs.

d) *Améliorations au rendement des centres informatiques*

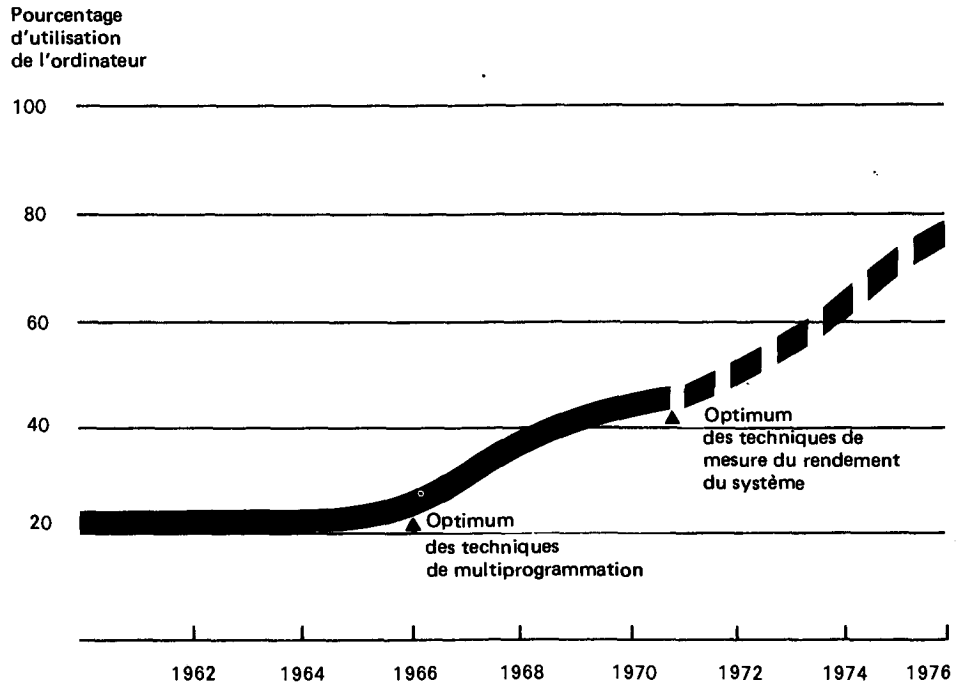
Depuis quelque temps on s'intéresse beaucoup au rendement des centres informatiques, ou plus précisément à celui de leur exploitation. Bon nombre de centres se sont mis à mesurer ce que valait la répartition de leurs ressources entre les diverses activités. Comme les techniques de mesure se perfectionneront et se généraliseront, l'utilisation de l'ordinateur devrait connaître des améliorations considérables (figure 6). Il n'en résultera pas, bien sûr, de baisses dans les coûts de programmation, mais l'exécution des programmes par ordinateur devrait coûter moins cher.

7. Les progrès de la microprogrammation

Les instructions microprogrammées connaissent une nouvelle faveur depuis quelque temps. Essentiellement cette formule permet à l'utilisateur d'établir lui-même ses instructions sur un modem beaucoup plus petit. Dans les anciennes machines microprogrammées les programmes n'étaient confiés généralement qu'à des mémoires inaltérables; aussi fallait-il modifier matériellement celles-ci pour apporter des changements à l'ensemble des instructions. Les

³¹ C. E. Earnest, *Appendix II : Comments on Industrial Compiler Practice*, dans *Programming Languages and Their Compilers*, (notes préliminaires, deuxième version révisée) par John Cocke et J. T. Schwartz, Université de New York, Courant Institute of Mathematical Sciences, avril 1970.

Figure 6
Effets prévisibles de la multiprogrammation
et application à l'ordinateur des
techniques de mesure de l'efficacité



Source : Auerbach*

*
Auerbach Technology Evaluation, *Computer Software*,
E. D. P. Series, n° 7, Philadelphie, Pennsylvania, Auerbach
Information, 1971.

nouveaux appareils se prêtent mieux à des modifications, mais dans la plupart des cas il ne serait pas facile d'en apporter fréquemment. La microprogrammation, pour être efficace, doit s'appuyer sur des mémoires de petites dimensions mais rapides, et qui soient capables de boucler plusieurs fois un cycle pendant la période cyclique de la grande mémoire.

La microprogrammation sert en général aux fins suivantes³² :

- Comme méthode simplifiée pour doter l'ordinateur d'un jeu d'instructions complexe et diversifié;
- Faciliter l'émulation dans le cas des ordinateurs et parfois des centres de calcul d'une époque antérieure;
- Fournir des instructions particulières pour des dispositifs spéciaux, par exemple pour des systèmes de télé-transmission de données ou pour des traiteurs de graphiques;
- Comme appui aux systèmes personnalisés; on a proposé, par exemple, un microprogramme pour le Fortran;
- Fournir des instructions spéciales pour l'entretien et accroître la fiabilité d'un système au moyen d'instructions de secours destinées à un matériel complexe.

La microprogrammation devrait servir surtout avec les petits ordinateurs. Elle devrait enrayer la tendance à employer de nombreux mini-ordinateurs hautement spécialisés, car elle permettrait d'adapter un appareil microprogrammé à diverses utilisations, moyennant un certain sacrifice de vitesse dans le traitement, en toute probabilité. Ainsi, avec des microprogrammes spéciaux on pourrait se servir du même mini-ordinateur pour des tâches aussi différentes que la composition typographique, le contrôle du raffinage pétrolier et la surveillance électronique des malades dans les hôpitaux.

Il est probable que les grands ordinateurs continueront d'évoluer vers la microprogrammation, sans que ce soit nécessairement aux dépens des instructions détaillées au matériel. Il est plus probable qu'ils serviront surtout à une mise en œuvre plus efficace des instructions spéciales dans le domaine des compilateurs et de la programmation de contrôle, ainsi qu'aux efforts pour concurrencer d'autres ordinateurs.

³² M. J. Flynn et R. F. Rosin, « Microprogramming : an Introduction and a Viewpoint », *IEEE Transactions on Computers*, vol. C-XX, n° 7, juillet 1971, pp. 727-731.

Les aspects technologiques de la téléinformatique

8. Les mémoires

Tout comme les éléments logiques étudiés sous la rubrique des grands circuits intégrés, les éléments de la mémoire sont essentiels au fonctionnement du calculateur numérique. Ils interviennent largement aussi dans les coûts du centre de calcul. La mémoire à accès rapide entraine pour 20 à 25 p. 100 dans les dépenses de \$ 7 500 000 000 consacrées par les États-Unis aux centres de traitement en 1970³³. Les mémoires à accès lent (unités à tambour, à disques et à rubans) en ont probablement absorbé de 15 à 25 p. 100

a) *Mémoires et banques d'informations*

Les mémoires occupent une place de premier ordre non seulement dans la marche des ordinateurs, mais dans celle des banques d'informations. La mise sur le marché de mémoires volumineuses à bas prix et d'accès facile et une demande croissante de fichiers centraux devraient entraîner la création de grandes banques de données mécanographiques au cours de la décennie.

Ces banques d'informations ne se réaliseront pas du jour au lendemain, bien que les éléments essentiels de la mémoire existent déjà. Il nous reste toujours à apprendre comment faire d'une façon efficace le tri et la recherche dans de grands fichiers. Nous ne possédons pas non plus de langages établis pour l'exploitation des fichiers centraux, mais il est sûr qu'il s'en constituera à brève échéance. Le mini-ordinateur peu coûteux et les mémoires associatives fort chères contribueront sûrement à réduire les coûts de la consultation des données. L'American National Standards Institute a déjà proposé des langages de fichiers normalisés. Que ceux-ci connaissent ou non une large diffusion, le milieu souhaite sans aucun doute l'avènement de normes.

Il semblerait donc que le besoin exprimé par la société et une compétence technique manifeste devraient contribuer au cours de la décennie à répandre les grandes banques d'informations.

b) *Le coût de la mémoire*

Les coûts des mémoires de divers types sont illustrés aux figures 7 et 8.

³³ « Why Cores Could Become Just a Memory », *Business Week*, n° 2156, 26 décembre 1970, pp. 60 et 61.

Figure 7
Coûts des mémoires rapides

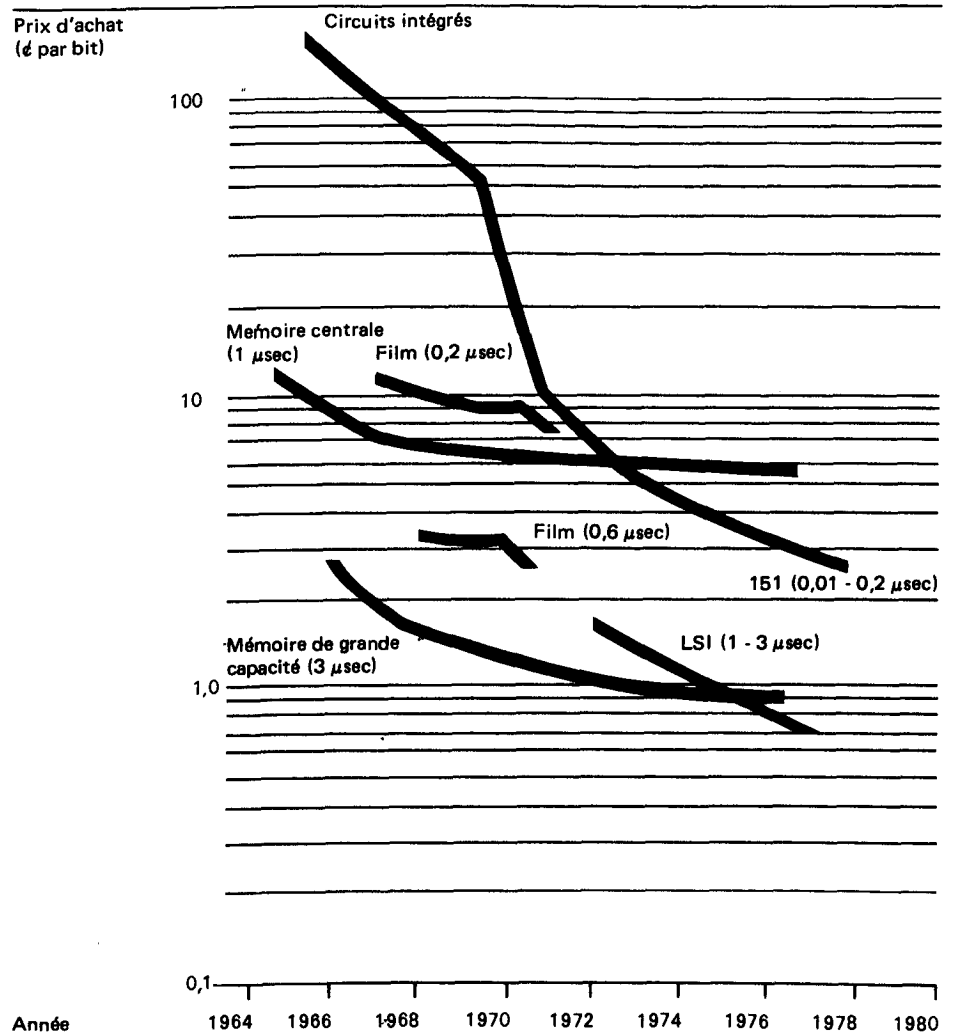
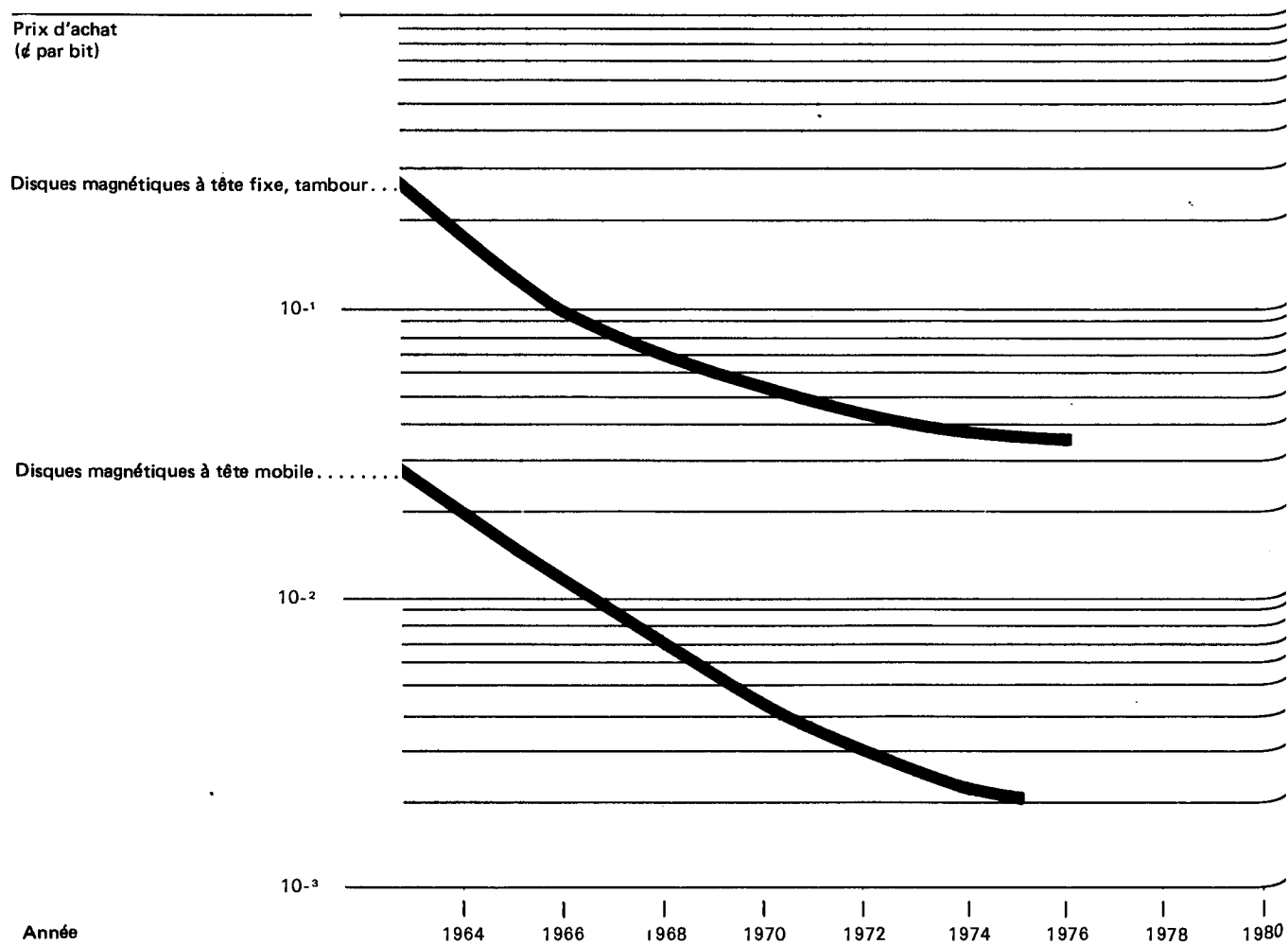
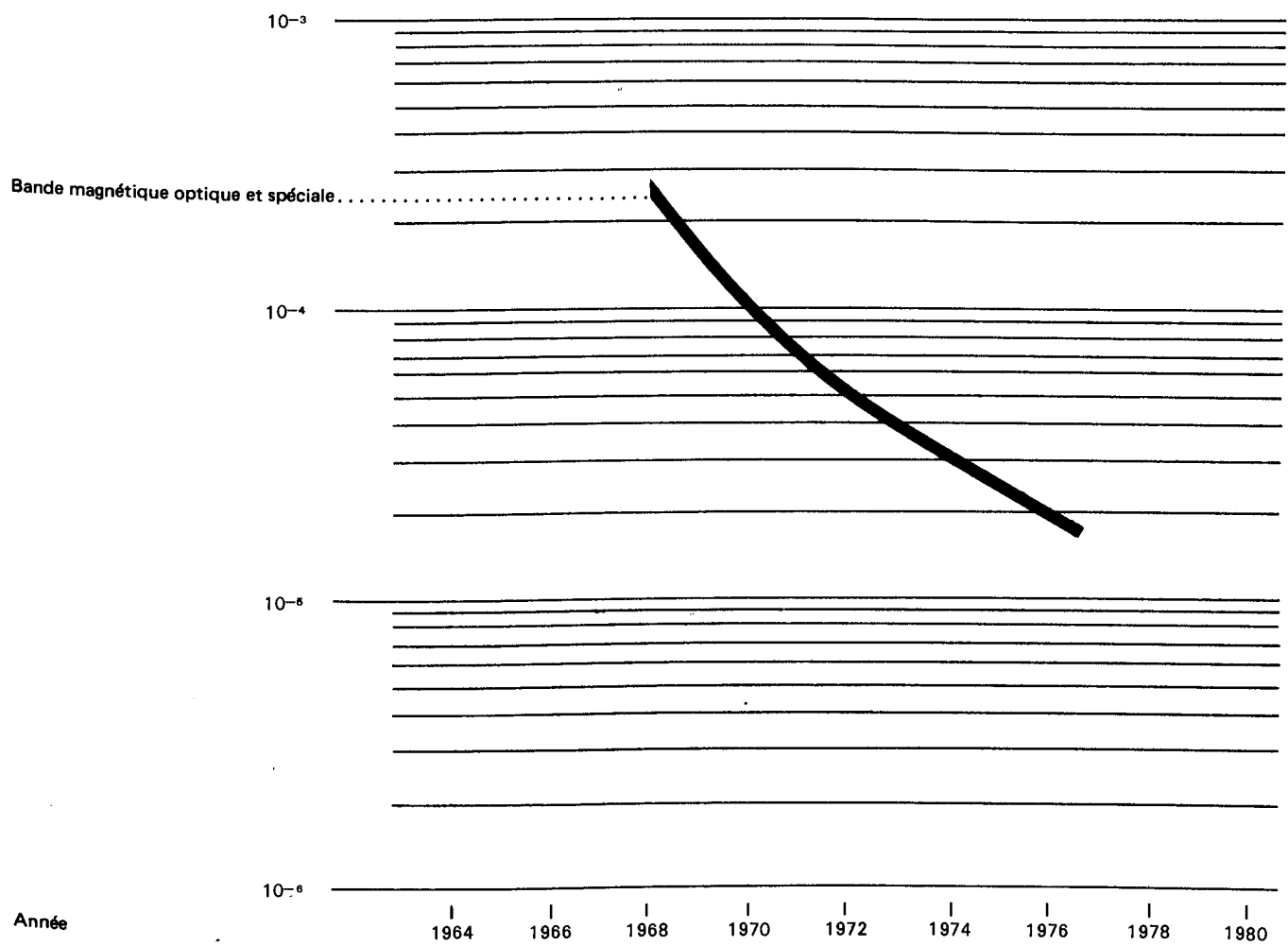


Figure 8
Coûts des mémoires lentes





Les aspects technologiques de la téléinformatique

Ces graphiques ont pour source principale une prévision par le Standard Research Institute³⁴, mais des mises à jour ont été effectuées d'après des informations de provenances diverses. Ainsi qu'il ressort des figures, les divers types de mémoires accusent de forts écarts de coûts et de rendement. Aux fins de notre propos, nous répartirons les mémoires entre quatre catégories :

- mémoires à accès rapide (plus de 10 microsecondes)
- mémoires lentes en direct
- mémoires autonomes
- mémoires micrographiques

Comme les mémoires de haut rendement coûtent cher, on recourt de plus en plus à une hiérarchie complexe de mémoires conçues de façon qu'on puisse prévoir assez longtemps d'avance les besoins en données de l'unité centrale pour que les organes périphériques de traitement les reçoivent en mémoire lente et les acheminent par la hiérarchie jusqu'à la mémoire rapide. Dans le cas des grands ensembles de mémoires il faut un petit ordinateur pour diriger en permanence la réception et le transfert des données, ce qui permet de réduire les frais généraux de programmation pour le grand ordinateur.

Après quelques années de développement technologique, la mémoire « virtuelle », qui était offerte dès 1964 avec certains ordinateurs, accède finalement à une existence concrète. Les ordinateurs qui en sont dotés apportent au programmeur une tranquillité totale quant à la capacité de la mémoire centrale ou des autres mémoires et la possibilité de s'en remettre au moniteur pour veiller à ce que le programme et les données appropriés soient en mémoire et accessibles au besoin. L'élément « virtuel » de la mémoire n'exige guère de modification à la mémoire proprement dite. Ce qui est difficile, c'est d'établir la programmation de contrôle et de fournir un centre de traitement spécial et d'extraire de la mémoire lente, au besoin, les feuillets de données. Toutefois, le procédé aura probablement pour effet de ralentir la demande de mémoire utilisable, car la mémoire virtuelle se prête généralement à une meilleure exploitation. Enfin, la tâche du programmeur est réduite, car il n'a plus à s'occuper de l'acheminement des données dans la hiérarchie; de plus, les programmes sont beaucoup moins tributaires des configurations particulières des mémoires; ils passent donc mieux d'un ordinateur à l'autre.

³⁴ H. M. Zeidler et ses collaborateurs, ouvrage cité.

9. Les mémoires à accès rapide

a) Mémoires centrales

Depuis les années 50, on se servait ordinairement des mémoires centrales magnétiques pour l'accès rapide. Les mémoires centrales ont déjà fait l'objet d'études poussées ; il ne semble donc pas que des hausses de rendement marquées ou des baisses de prix sensibles soient à l'horizon. Les mémoires centrales les plus rapides sur le marché ont un cycle de 200 nanosecondes ou à peu près ; les cycles de 750 à 1 500 nanosecondes sont courants. En 1970, on estimait à près de 100 p. 100 la part des mémoires centrales dans les ventes de mémoires à accès rapide, marché d'un milliard et demi à deux milliards de dollars pour les seuls États-Unis. Un fabricant a prédit que même si les ventes progressaient jusqu'à 1975, la proportion des mémoires centrales dans l'ensemble ne serait plus alors que de 50 p. 100, l'autre partie du marché étant acquise aux grands circuits intégrés et aux mémoires à semi-conducteurs³⁵.

Un inconvénient majeur des mémoires centrales est de ne pouvoir se fabriquer par grands lots ; chacune doit être enfilée séparément ; cependant, des machines permettent l'automatisation de cette tâche. Il est souhaitable, pour réduire la consommation de courant et accroître la vitesse, d'utiliser les plus petits tores possibles. Des tores d'un diamètre de douze à treize millièmes de pouce à l'extérieur et de sept à l'intérieur se prêtent bien à l'enfilage ; ceux de huit à dix millièmes sont également susceptibles de cette opération. Les limites de cette solution tiennent à la résistance électrique des fils qui s'accroît avec leur finesse et à la résistance des tores à la rupture qui diminue en même temps que le diamètre, se situant à moins de 50 grammes pour les tores de treize millièmes³⁶. La consommation d'énergie dans les mémoires à petits tores se compare à celle des mémoires électroniques d'aujourd'hui, mais elle est un peu moindre pour les dispositifs à fort rendement.

Koehler³⁷ fait état de consommations aussi faibles que 0,25 milliwatt par bit.

³⁵ « Why Cores Could Become Just a Memory », *Business Week*.

³⁶ Frederick H. Koehler, « An Impartial Look at Semiconductors », *Datamation*, vol. XVII, n° 14, 15 juillet 1971, pp. 42-46.

³⁷ *Ibid.*

Les aspects technologiques de la téléinformatique

b) Mémoires à semi-conducteurs

La mémoire à semi-conducteurs comporte l'avantage de coûts à peu près indépendants de la taille de l'installation; elle est donc particulièrement concurrentielle à l'égard des mémoires à tores lorsqu'une capacité assez modeste est suffisante. De plus, elle se prête à la fabrication par lots, et elle possède en outre les caractéristiques communes à tous les circuits en intégration à grande échelle : coûts de mise en œuvre élevés et coûts de production faibles. Les types et les matériaux de circuits font toujours l'objet d'une vaste expérimentation. Les technologies des semi-conducteurs bipolaires ou à éléments Métal Oxyde, qui sont concurrentes, finissent par se confondre à mesure que progressent les travaux sur les conceptions hybrides. La typologie des circuits est assez flottante également, comme il se crée diverses formes du circuit à bascule électronique. En particulier, les mémoires à condensateurs mettant à profit les effets capacitifs suscitent l'espoir de densités d'enregistrement améliorées avec réduction des pertes d'énergie (un dix-millième de watt, a-t-on signalé)³⁸. Au cours des cinq prochaines années la technologie et les types de circuits devraient tendre vers un petit nombre d'orientations précises qui seraient respectivement le mieux adaptées possible aux besoins de mémoires particuliers. Koehler³⁹ a signalé le manque de normalisation dans les circuits de mémoire intégrés à grande échelle (avec absence correspondante de fournisseurs de mémoire de seconde source) comme étant le grand problème pour les fournisseurs de mémoires électroniques. Les ventes seront réduites d'une façon radicale, d'après cet auteur, jusqu'à ce qu'on trouve une solution.

Les principaux avantages des mémoires à semi-conducteurs sont la vitesse (cycles aussi courts que dix nanosecondes ou moins) et la compatibilité avec les éléments logiques des unités centrales de traitement. Les inconvénients majeurs sont la « volatilité » (cette mémoire, s'il y a interruption de courant, perd son contenu contrairement à la mémoire à tores) et les frais élevés jusqu'à l'avènement de l'intégration à grande échelle. Comme il ressort de la figure 7, les coûts en projection sont bien près d'atteindre le point de rencontre avec la courbe marquant ceux de la mémoire à tores ultra-rapide. Vers 1975, ils devraient être inférieurs à la moitié pour la plupart des applications, à mémoires de rendement équivalent.

³⁸ L. L. Vadasz, H. T. Chua et A. S. Grove, « Semiconductor Random-Access Memories », *IEEE Spectrum*, vol. VIII, n° 5, mai 1971, pp. 40-48.

³⁹ Frederick H. Koehler, ouvrage cité.

c) *Mémoires pelliculaires et à fil plaqué*

Les mémoires pelliculaires et à fil plaqué appelés à remplacer, a-t-on cru un certain temps, les mémoires à tores, n'ont pas donné les résultats escomptés. Celles à fil plaqué sont encore en usage pour des applications restreintes, notamment dans le domaine militaire. Si elles n'ont pas connu plus d'expansion, c'est qu'il n'est pas facile d'en obtenir de hauts rendements et qu'elles se prêtent peu à l'itération par conséquent.

d) *Dispositifs ovoniques*

L'invention de ces commutateurs et de ces mémoires amorphes (verre) a été marquée par beaucoup de mystère et de passion. Leur mise en œuvre s'est poursuivie pendant quelques années sans qu'on comprenne très bien la théorie de leur fonctionnement. On leur a souvent attribué toutes sortes de possibilités : grande vitesse de commutation, rémanence de la mémoire et faibles coûts de fabrication. Le premier dispositif ovonique est actuellement sur le marché. C'est principalement une mémoire inaltérable de 256 bits, à lecture non destructive d'une cadence de cent nanosecondes et à temps écriture de deux à dix millisecondes. Elle se vend à \$ 60 en quantités de cent⁴⁰.

Ces temps derniers, une théorie sur le fonctionnement des dispositifs ovoniques a été confirmée⁴¹ ; il s'agissait d'établir une source de chaleur suffisante pour cristalliser le verre en un « filament ». Dans ces conditions il ne semble guère probable que se réalisent les promesses éclatantes touchant l'utilisation de ces dispositifs comme éléments de mémoire, mais on pourrait leur trouver d'autres applications.

e) *Les mémoires à effet Josephson*

L'effet en question ici a été imaginé d'abord par Brian Josephson à l'Université Cambridge en 1962, puis a été observé dans divers laboratoires américains durant l'année qui a suivi. Plus précisément, la notion, bien confirmée aujourd'hui, avait été formulée ainsi : « . . . si deux super-conducteurs étaient faiblement connectés, un courant continu s'écoulerait ou se

⁴⁰ « L'Effet Ovshinsky est au salon », *Inter électronique*, 2 avril 1971, pp. 56 et 57.

⁴¹ « Ovshinsky Hot and Cold », *Nature*, vol. CCXXXI, n° 5301, 4 juin 1971, pp. 284 et 285.

Les aspects technologiques de la téléinformatique

fraierait un chemin entre eux sans l'application d'un potentiel ». Un autre fait a aussi été pressenti par l'auteur : « . . . une polarisation traversant les super-conducteurs produirait un courant alternatif à fréquence proportionnelle au niveau de la polarisation »⁴².

Il se fait actuellement des études intéressantes sur la fabrication de mémoires cryogéniques rapides pour lesquelles on combine la pénétration par effet tunnel et par effet tunnel Josephson passant à travers des isolants minces disposés entre deux super-conducteurs⁴³. Les avantages que peut offrir cette technologie sont les suivants :

- Les cycles de mémoire de quinze à quarante nanosecondes apparaissent comme raisonnables. Même des cycles plus rapides sont peut-être réalisables.
- La consommation de courant est extrêmement faible et se limite aux temps de lecture et d'écriture. (On a estimé cette consommation à un dix-millième de celle d'une mémoire à semi-conducteurs équivalente.)
- On prévoit de fortes densités d'enregistrement, soit quelque 10^8 bits par pied cube.
- Le décodage d'adresse peut s'effectuer dans la mémoire de telle sorte que très peu de canaux sont nécessaires pour raccorder la mémoire aux circuits extérieurs.

Il faudra apporter bien des améliorations à cette mémoire et attendre une dizaine d'années avant sa mise en marché. Problème intéressant à prévoir, il sera difficile d'assurer l'entretien d'une mémoire ne pouvant fonctionner qu'à des températures voisines de $3,6^\circ \text{K}$ (-447°F). Au stade de développement actuel, il n'est pas possible de faire des prévisions sérieuses sur les coûts.

Notons que les mémoires très rapides ne représentent qu'un domaine d'exploitation virtuelle de l'effet Josephson parmi d'autres. Le National Bureau of Standards de Washington met déjà à profit les jonctions Josephson comme normes premières de voltage, qui sont exactes à quelques parties sur 10^8 près. Leurs applications (à divers stades de développement) sont

⁴² Owen Doyle, « Josephson Junctions Leave the Lab . . . but Only a Few at a Time », *Electronics*, vol. XLIV, n° 5, 1^{er} mars 1971, pp. 38-42.

⁴³ Wilhelm Anacker, « Potential of Superconductive Josephson Tunneling Technology for Ultrahigh Performance Memories and Processors », *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. MAG-V, n° 4, décembre 1969, pp. 968-975.

variées. Elles servent, par exemple, de magnétomètres ultrasensibles (jusqu'à moins 10^{-11} gauss), d'appareils très sensibles pour mesurer le voltage (10^{-11} volts) ou le courant (10^{-11} ampères)⁴⁴.

Dans le domaine des télécommunications, les jonctions Josephson peuvent servir avantageusement de convertisseurs très sensibles dans la gamme des fréquences allant de la radio à l'infrarouge⁴⁵.

10. Mémoires lentes à accès direct

La présente catégorie embrasse tous les éléments de mémoire qu'il n'est pas facile de placer loin du centre de traitement mais qui n'appartiennent pas aux mémoires d'accès rapide. On y trouve notamment :

- Les tambours et les disques à tête fixe magnétiques;
- Certains ordinateurs à mémoire optique;
- Des mémoires à bulle magnétique;
- Des dispositifs à charge couplée.

a) *Tambours et disque à tête fixe magnétiques*

Depuis nombre d'années ces dispositifs sont sur le marché sous diverses formes, dans une gamme étendue de vitesses et de capacités. Celles-ci s'échelonnent ordinairement entre 10^5 et 10^9 bits. Quant aux temps d'accès moyens, leur fourchette est de 5 à 100 millisecondes normalement. Les débits, une fois réalisé l'accès au premier mot renfermant les données, varient entre 10^5 et 10^7 b/s d'une manière générale. Cette vitesse d'extraction s'effectue d'habitude sur plusieurs pistes parallèlement.

Il y a eu évolution constante vers des unités à tambours et à disques plus grandes, plus rapides et plus économiques. Comme les mémoires à tores, ces dispositifs sont à peu près au point; il n'y a donc pas lieu de prévoir des améliorations au décuple ou au centuple pour la décennie à venir. Toutefois, les matériaux d'enduit magnétique ont fait l'objet ces temps derniers de perfectionnements qui pourraient bien entraîner des hausses de rendement.

⁴⁴ Owen Doyle, ouvrage cité.

⁴⁵ Andrew Longacre, « A Josephson Frequency Converter », *Electronics*, vol. XLIV, n° 5, 1^{er} mars 1971, pp. 44-46.

Les aspects technologiques de la téléinformatique

À mesure que baissera le prix des mémoires à circuit intégré, les petits dispositifs deviendront de moins en moins économiques. On s'appliquera surtout à mettre au point de grands appareils à débits de transfert et à temps d'attente de l'ordre de dix ms. Ils permettront le remplacement rapide des tores dans les grands ordinateurs. Des prix de 0,05 cents par bit pour des appareils de 500 megabits sembleront raisonnables d'ici quelques années. C'est là dix fois moins environ que le prix probable pour la mémoire électronique lente.

b) Installations à mémoire optique

Divers ordinateurs à mémoire optique de très grandes dimensions sont déjà réalisés ou en bonne voie. Le modèle IBM 1300 (Photo-Digital Storage System) compte parmi les plus anciens (fin 1967). Il avait une puissance de mille milliards en bits. Les données étaient enregistrées sur de petites particules de film au moyen d'un faisceau électronique. Ce type d'ordinateur, conçu en fonction d'un besoin particulier, ne faisait pas partie de la production courante d'IBM.

Plus récemment a été créée une mémoire dite « Precision instrument Unicon », d'une capacité de 10^{12} bits. L'enregistrement est assuré par rayon laser sur film spécial, et il ne peut être effacé. Comme le film est peu coûteux et que la densité est très élevée, il n'y a pas là d'inconvénient majeur. Chaque feuillet de film aura une capacité d'environ deux milliards de bits accessibles en quelque 100 millisecondes. Les 450 feuillets se prêteront à une sélection automatique, avec temps d'accès de l'ordre de vingt à trente secondes. L'installation complète se vendant à peu près \$ 1,6 million⁴⁶, le coût par bit sera d'environ $1,6 \times 10^{-4}$ cents.

On travaille actuellement à la réalisation de dispositifs à mémoire holographique. Cette formule permettra des densités d'enregistrement comparables à celles du procédé Unicon (10^8 bits au pouce carré). Les mémoires holographiques comportent toutefois un avantage ; elles sont peu sensibles à la poussière et peu sujettes aux autres défauts des supports de l'enregistrement, étant donné que l'information contenue dans n'importe quel bit déborde sur un espace beaucoup plus étendu et est entremêlée avec celle que portent d'autres bits. Une mémoire holographique de 10^{12} bits serait en cours de réalisation aux États-Unis à la Radiation Incorporated. La Russie y travaillerait également⁴⁷.

⁴⁶ « Arpa Net to Have Trillion-Bit IR System », *Datamation*, vol. XVII, n° 10, 15 mai 1971, pp. 86 et 87.

⁴⁷ A. L. Mikaeliane et V. I. Bobrinev, « Holographic Memory Devices », *Opto-Electronics*, vol. II, 1970, pp. 193-199.

La société RCA travaille à la réalisation d'une mémoire holographique plus petite, d'accès plus rapide et à contenu effaçable. Pour enregistrer les hologrammes, on porte un film de manganèse et de bismuth au point de Curie, dans des zones de haute intensité lumineuse; il en résulte un inversement de la magnétisation au refroidissement. Le temps d'écriture n'est que de vingt nanosecondes, mais celui de lecture est d'environ vingt microsecondes. Le temps moyen d'accès se situe dans les centaines de microsecondes. La mémoire a été conçue en vue d'une capacité de 10^8 bits, au coût probable de moins d'un cent le bit⁴⁸. Mais la formule n'est pas encore au point. En effet, l'appareil exige un laser extrêmement puissant, un déflecteur rapide de faisceau et des modulateurs de lumière rapides et durables. Dans une communication ultérieure, la RCA affirmait avoir mis au point un cristal de la grosseur d'un cube de sucre, fait de niobate de lithium et de nitrate de sodium et de baryum additionnés d'impuretés métalliques, et capable de stocker 10^{12} bits d'information⁴⁹.

c) Mémoires à bulles magnétiques

L'idée de stocker de l'information dans des domaines ou « bulles » magnétiques se déplaçant sur des films minces de substances magnétiques a été signalée pour la première fois par A. H. Bobeck, des laboratoires Bell, en octobre 1967⁵⁰. En découvrant plus tard que le grenat se prêtait à cet usage, on a accru sensiblement les possibilités de cette technique; c'est non seulement que le grenat se produit à meilleur compte que les orthoferrites utilisées auparavant, mais qu'une plus grande mobilité des bulles et une plus grande densité d'enregistrement sont alors possibles. Pour produire des mémoires à bulles magnétiques, on emploie à peu près la même technique que pour les mémoires à semi-conducteurs, sauf que les étapes sont moins nombreuses et les tolérances moins critiques. On peut en attendre des rendements plus élevés et par conséquent une plus grande capacité de stockage par pastille que les mémoires à semi-conducteurs utilisées d'une façon pratique. Les mémoires à bulles magnétiques devraient avoir un prix de revient de plusieurs fois inférieur à celui des mémoires à semi-conducteurs et sensiblement plus bas que celui des mémoires à tores⁵¹.

⁴⁸ R. D. Lohman, R. S. Mezrich et W. C. Stewart, « Holographic Mass Memory's Promise : Megabits Accessible in Microseconds », *Electronics*, vol. XLIV, n° 2, 18 janvier 1971, pp. 61-66.

⁴⁹ *EDP Weekly*, vol. XII, n° 11, 5 juillet 1971, p. 15.

⁵⁰ A. H. Bobeck, « Properties and Device Applications of Magnetic Domains in Orthoferrites », *Bell System Technical Journal*, vol. XLVI, octobre 1967, pp. 1901-1925.

⁵¹ A. H. Bobeck et H. E. D. Scovil, « Magnetic Bubbles », *Scientific American*, vol. CCXXIV, n° 6, juin 1971, pp. 78-90.

Les aspects technologiques de la téléinformatique

On peut en établir le cycle entre un et dix mégahertz ; quant aux densités d'enregistrement, on prévoit qu'elles seront de 10^5 à 10^7 bits par pouce carré et de 10^8 bits par pouce cube⁵². La mise sur le marché devait avoir lieu en 1973-1974.

Notons que la mémoire à bulles magnétiques ne sera probablement pas offerte en accès sélectif, comme elle est mieux adaptée à l'accès cyclique. Elle aurait le plus de possibilités, estime-t-on, comme solution de rechange aux mémoires de grande capacité ou aux mémoires à disques utilisant des têtes fixes. Cette technique comporte un avantage d'un intérêt tout spécial : les éléments logiques peuvent être combinés dans une unité de mémoire ordinaire. Cela pourrait contribuer, a-t-on avancé, à de nouvelles formes d'organisation du calcul. À plus brève échéance, cette formule devrait surtout être utile en permettant d'adresser un ou plusieurs registres cycliques sur une seule pastille à bulles magnétiques.

Dans la pratique, on limite le diamètre des bulles magnétiques à une fois ou deux l'épaisseur du matériau ; de plus, l'espacement des bulles ne doit pas être inférieur à deux ou trois fois leur diamètre (étant donné leur force de répulsion) ; c'est dire que l'épaisseur du matériau magnétique est importante dans l'étude des structures. Sous ce rapport, les limitations actuelles tiendraient à ce qu'il est difficile de déceler d'une façon sûre la présence de petites bulles et qu'il faut tenir compte des épaisseurs minimales de ligne existantes lorsqu'on recourt aux techniques de la photolithographie. Pour surmonter cette dernière difficulté, il suffit de passer à la lithographie par faisceau électronique.

d) *Dispositifs à charge couplée*

Il est sans doute présomptueux de prédire la prédominance d'une technique ou d'un dispositif sur d'autres en matière de mémoires en cours d'exploration ; est-ce que la révélation des dispositifs à charge couplée par les laboratoires de la Bell Telephone ne remonte pas qu'au printemps 1971 ? Or, la formule a fait sensation dans le secteur et déjà diverses entreprises travaillent à la construction de modèles préliminaires.

Le dispositif à charge couplée est semblable aux mémoires à bulles magnétiques : des grappes de charge sont acheminées le long d'une chaîne d'électrodes un peu comme les bulles

⁵² « 100 Million Bits Per Cubic Inch in New Devices », *Bell Laboratories Record*, vol. XLIX, n° 1, janvier 1971, p. 33.

magnétiques le long de chaînes de récepteurs. Pour produire les dispositifs à charge couplée, on emploie sensiblement les mêmes procédés techniques que pour les mémoires à semi-conducteurs, sauf que là aussi les étapes sont moins nombreuses. Les prix de revient sont difficiles à prévoir comme il s'agit d'une technique encore récente ; cependant, ils devraient s'établir à peu près aux mêmes niveaux que pour les registres à décalage par bulles magnétiques, à rendement analogue. Or, ceux-ci, estime-t-on, devraient être de quelques fois moins chers que les mémoires à semi-conducteurs.

Les mémoires à charge couplée, selon un auteur⁵³, fonctionneront à dix mégahertz et ne consommeront que cinq microwatts par bit, d'après la technologie actuelle. Des perfectionnements permettraient de passer à un débit dix fois plus élevé et à des densités d'enregistrement d'un million de bits au pouce carré.

Sans doute, les possibilités de ces dispositifs comme détecteurs d'images sont plus extraordinaires encore. La société Bell a déjà produit un dispositif de projection à charge couplée, renfermant quatre-vingt-seize éléments capteurs de lumière⁵⁴. Ces dispositifs sont tout spécialement avantageux pour la détection des images à divers titres : a) ils se fabriquent facilement en silicium, matière réagissant bien à tout le spectre lumineux ; b) étant donné la simplicité des détecteurs, on prévoit des rendements suffisants même avec de grands jeux de détecteurs ; c) le détecteur se balaie seul et fonctionne à bas voltage.

11. Mémoires autonomes

a) *Les chargeurs*

Comme les disques à tête fixe, les chargeurs sont trop perfectionnés pour que l'on puisse prévoir des rendements de dix à cent fois moins coûteux par exemple, ou des progrès de cet ordre. Toutefois, on s'attend à des améliorations aux enduits magnétiques qui accroîtraient sensiblement la densité d'enregistrement, mais on ne saurait se hasarder à des prédictions précises pour la décennie à venir.

⁵³ Laurence Altman, « The New Concept for Memory and Imaging : Charge-Coupling », *Electronics*, vol. XLIV, n° 13, 21 juin 1971, pp. 50-59.

⁵⁴ « Memorizing More on Tape », *Business Week*, n° 2172, 17 avril 1971, p. 65.

Les aspects technologiques de la téléinformatique

Les chargeurs varient en capacité de 1 à 200 mégabits ; souvent ils sont groupés en unités multiples d'une capacité globale qui dépasse de plusieurs fois celle mentionnée plus haut. D'une manière générale, les temps d'accès moyens se situent entre 100 et 200 millisecondes, mais il existe des unités (comportant une tête de lecture et d'écriture pour chaque piste) à temps d'accès moyen de l'ordre de dix millisecondes. Les prix diffèrent sensiblement selon la vitesse et la capacité, mais ils sont compris normalement dans la fourchette de 0,005 à 0,2 cents le bit, compte tenu du coût du tourne-disque. Comme les chargeurs sont amovibles, leur prix de revient n'est pas très révélateur. Des données supplémentaires peuvent être mises en place au moyen de chargeurs de secours pour aussi peu que 10^{-5} cents par bit.

b) Bandes magnétiques

Comme la technologie des disques, celle des bandes magnétiques semble assez avancée. Les densités d'enregistrement réalisées par cette formule n'ont cessé de croître, grâce à des améliorations aux enduits magnétiques⁵⁵. Des progrès récents laissent entrevoir pour bientôt des densités maximales trois fois plus élevées. Les limitations actuelles ne sont pas uniquement celles de la qualité des rubans. Il faut noter aussi les variations dans l'alignement de la tête de lecture, qui font plafonner ces densités à quelque 20 000 bits par pouce carré en géométrie classique⁵⁶. Et, bien sûr, les densités accrues augmentent les risques d'erreurs occasionnées par les particules de poussière.

Les bandes magnétiques ont en général deux fonctions. Premièrement, elles servent à l'échange de données entre ordinateurs. Alors, les normes sont d'une extrême importance, d'où la lenteur probable des perfectionnements à venir. Deuxièmement, les bandes servent de mémoire complémentaire, un peu comme les chargeurs et les tambours. La plupart des usagers font servir les dérouleurs à ces deux fins.

Dans certaines applications, les dérouleurs de bandes servent à pleine capacité comme compléments de mémoires. Par exemple, aux États-Unis, l'Administration de la Sécurité sociale fait régulièrement usage de six ordinateurs IBM 360/65 pour explorer chaque nuit 1 400 bobines de ruban. À peu près 99 p. 100 du temps sont consacrés à la recherche des

⁵⁵ « Memorizing More on Tape », *Business Week*.

⁵⁶ « A Particle that Jams More Data on Tape », *Business Week*, n° 2171, 10 avril 1971, pp. 42-44.

données dont on a besoin, et environ 1 p. 100 à les traiter. Ces circonstances constituent une forte incitation à s'écarter des normes en cours s'il peut en résulter un meilleur rendement.

La société Ampex a présenté un nouveau dispositif (Memory Terabit) qui semble de nature à redonner à la mémoire à bandes la faculté de faire de nouveau concurrence aux mémoires à laser pour le stockage de masse. Le dispositif Ampex offre des densités d'enregistrement de 1 500 000 bits par pouce carré en permettant un enregistrement et une lecture dans le sens de la largeur du ruban plutôt que de la longueur, ce qui réduit les problèmes d'alignement de la tête. Dans sa version la plus importante, l'appareil peut contenir 3×10^{12} bits sur soixante-quatre systèmes d'entraînement. Il suffit de quarante-cinq secondes pour faire une recherche sur toute l'étendue d'un ruban. Quant au temps d'accès, il serait inférieur à la moitié du temps d'exploration dans la plupart des cas ; c'est qu'un dispositif de cette taille permet de mieux grouper les données nécessaires.

La plus grande mémoire Terabit devrait coûter quelque trois millions de dollars, ce qui correspond à 10^{-4} cents par bit. C'est là un peu moins que pour la mémoire optique Unicon. Les premières livraisons ont été effectuées à l'automne 1972. Depuis la réalisation due à Ampex, on a annoncé de nouveaux dispositifs fondés sur la même technologie.

c) *Conservation sur microfilm*

Dans bien des applications, il faut conserver les enregistrements pour des consultations éventuelles, mais il n'y a guère lieu de les modifier ou de manipuler davantage les données qu'ils renferment. S'il s'agit de grandes quantités de données, le microfilm offre le moyen de conservation le plus économique.

Les appareils photomicrographiques sur ordinateurs sont assez récents. On estime⁵⁷ à une cinquantaine le nombre des organes de sortie de microfilm installés fin 1968 dans le monde entier. Deux ans plus tard, il y en aurait eu de 700 à 800.

Les principaux inconvénients de ces sorties de microfilm sont de deux ordres : contrairement au ruban magnétique, le film ne peut être corrigé ou modifié ; les données, non plus, ne

⁵⁷ Charles Askanas, « Commentary », *Datamation*, vol. XVII, n° 14, 15 juillet 1971, p. 72.

Les aspects technologiques de la téléinformatique

peuvent être facilement réintroduites dans l'ordinateur pour un traitement ultérieur, à l'encontre des données sous forme numérique. D'autre part, on peut tirer des copies lisibles des enregistrements sans recourir à l'ordinateur pour le décodage de données numériques. De plus, le support en question est beaucoup plus durable que le ruban magnétique, qui nécessite de nouveaux enregistrements à des intervalles de trois à six mois.

Pour de nombreuses applications, la comparaison avec l'imprimante par ligne est appropriée. Les avantages du dispositif sont le prix (le film est environ six fois moins cher que le papier à imprimante), la vitesse (40 000 lignes par minute contre 2 000 pour l'imprimante par ligne rapide), la compacité (il n'exige que 2 p. 100 de l'espace que prend une imprimante par ligne pour la même production) et la facilité avec laquelle on peut faire des copies de haute qualité.

La plupart des prévisionnistes annoncent des taux de croissance élevés (de 25 à 40 p. 100) pour les sorties sur microfilm après 1975, mais *Quantum Sciences*⁵⁸ n'en prédit pas moins une situation voisine de la saturation du marché pour l'année susmentionnée. C'est que « plus de 50 p. 100 des utilisateurs de centres mécanographiques, — soit ceux qui versent à ce titre des loyers supérieurs à \$50 000 par mois, — se feront installer les dispositifs à microfilm, et que peu auront besoin de plus d'un appareil ». On prévoit aussi qu'à cette époque les dispositifs à microfilm se vendront \$25 000 et plus, avec prix moyen de \$35 000, contre \$30 000 et \$60 000 en 1971.

12. Terminaux

Il n'est pas facile de se soustraire aux généralités en abordant un sujet aussi étendu que celui des terminaux, car il s'en trouve à tous les prix depuis \$15 pour le dispositif à bouton simple jusqu'à \$100 000 pour des terminaux « intelligents ». Des terminaux spécialisés, telle la console de visualisation graphique, conversationnelle, peuvent coûter encore davantage.

Nous avons choisi arbitrairement, pour un bref examen, quatre catégories de terminaux :

- imprimantes à clavier
- terminaux téléphoniques à clavier
- terminaux à écran cathodique
- terminaux de points de vente

⁵⁸ « Was COM a Victim of Overreaction », *Detamation*, vol. XVII, n° 15, 1^{er} août 1971, p. 49.

Les progrès techniques les plus prometteurs seraient les suivants :

- une incorporation croissante des composants de grands circuits intégrés et des tampons de mémoires électroniques
- la pénétration sur le marché des imprimantes électrostatiques

Si les particules de grands circuits intégrés devaient réduire le coût des éléments logiques de terminaux, il n'en reste pas moins qu'elles ne forment qu'un faible pourcentage des coûts de fabrication. Les mémoires tampons cycliques (à bulles magnétiques ou à charge couplée) peuvent aussi entraîner des diminutions de coût, mais elles auront de forts concurrents dans les terminaux renfermant leurs propres éléments de stockage, tels les dispositifs à tubes cathodiques, à verre photochromique et à plasma.

a) *Imprimantes à clavier*

L'imprimante à clavier, à l'heure actuelle, est le terminal le plus répandu. Comme cet appareil se produisait déjà en quantité pour le Telex et le TWX, il a été facile de l'adapter aux besoins des terminaux d'ordinateur.

Les prix d'achat des imprimantes à clavier s'échelonnent ordinairement entre \$600 et \$7 000. Ces écarts tiennent largement au plus ou moins de robustesse dans la construction, mais la vitesse des appareils et les dimensions des caractères entrent aussi en jeu.

La plupart des imprimantes à percussion fonctionnent à 120 b/s ou moins. Les dispositifs à encrage par vaporisation ou électrostatiques sont un peu plus rapides. Les imprimantes électrostatiques — plus silencieuses, plus rapides, plus fiables et capables de produire des graphiques — remplaceront vraisemblablement les imprimantes à percussion. Toutefois, celles-ci, dans leurs versions les moins chères, seront difficiles à supplanter sous l'angle des prix ; aussi leur disparition devrait-elle être lente et graduelle.

b) *Terminaux à écran cathodique*

Voici un genre de dispositif de plus en plus en faveur, en particulier lorsque les enregistrements sur papier ne sont jamais ou que rarement nécessaires. Ces appareils se caractérisent par une haute vitesse de reproduction des données, mais ils sont aussi particulièrement souples dans leur présentation ; munis d'un curseur ou d'un indicateur, ils permettent plus de liberté dans la liaison avec l'ordinateur.

Les aspects technologiques de la téléinformatique

Les terminaux à tube cathodique exigent un refroidissement ininterrompu de l'écran ; par conséquent les mémoires tampons sont nécessaires, ce qui hausse sensiblement le coût du terminal. Le plus bas prix est de \$1 500. Il y a des suppléments pour diverses commodités : production de graphiques, préparation des textes, jeux de caractères plus nombreux et grand écran. La capacité d'écriture vectorielle de précision ajoute encore au prix de revient. Plusieurs terminaux coûtent plus de \$100 000.

Un perfectionnement notable a consisté dans la fabrication de terminaux portatifs composés d'un coupleur acoustique de téléphone, d'un clavier, d'un générateur de caractères et d'une mémoire tampon. On tire alors profit d'un écran de simple téléviseur en y branchant un câble à la prise de l'antenne. Cette technique a pour résultat un terminal facile à porter et qui se vend environ \$1 200 au Canada. Des dispositifs de ce genre pourraient bien se révéler des prototypes du terminal d'ordinateur à usage domestique. Comme une assez forte proportion de leur prix de revient est du domaine électronique et que les économies de la production de masse sont encore à venir, les prix devraient baisser de moitié d'ici cinq ans.

c) Terminaux téléphoniques à clavier

Pendant quelques années encore, la seule manière pratique de généraliser l'accès aux ordinateurs à partir des foyers sera fournie par les terminaux téléphoniques à clavier. C'est là une technique aux possibilités restreintes, mais elle n'oblige pas à des dépenses en matériel de terminal si l'on dispose déjà d'un téléphone à clavier. Il existe aussi des dispositifs qui s'adaptent à l'appareil à cadran.

Les terminaux téléphoniques sont déjà sur le marché depuis quelque temps. Les appareils ordinaires à vocabulaire de trente-deux mots, à ligne d'accès unique et mini-ordinateur pour la contrôler, coûtent environ \$ 30 000 ; à l'autre extrémité de la gamme, les appareils comportant soixante lignes d'accès et un vocabulaire de 2 000 termes, se vendent quelque \$140 000. Dans la plupart des cas, la lecture emprunte la parole et celle-ci est enregistrée sur film de celluloïde ou bien sur bande ou tambour magnétiques. Au moins un appareil reproduit des mots à partir des phonèmes de base du langage humain, ce qui lui vaut un vocabulaire illimité.

Les terminaux téléphoniques devraient servir surtout à répondre à des demandes de renseignements simples, mais des utilisations plus complexes ne sont pas à exclure. Parmi les applications ordinaires, citons les autorisations de crédit, les inventaires, les vérifications de prix, la réception des commandes et la collecte des données en usine.

La société General Motors of Canada emploie avec satisfaction un terminal téléphonique depuis 1969 pour répondre aux demandes de renseignements sur le mouvement des voitures commandées. À son avis, ce système devrait être beaucoup plus utilisé, car il s'est révélé efficace et peu coûteux. Il fallait seulement quatorze semaines-homme de programmation pour mettre le système sur pied; celui-ci donnerait des réponses satisfaisantes dans 70 p. 100 des cas; quant au reste (30 p. 100), il fournirait les données nécessaires pour faire appel à un concours humain. Le système a été adopté récemment aux États-Unis par une division de la G. M.

Le matériel de reconnaissance de la voix, qui pourrait dispenser d'un dispositif à bouton unique pour l'introduction des données en distinguant les éléments du langage humain, en est encore à une étape peu avancée; son usage ne devrait donc pas se répandre au cours de la présente décennie. L'IBM fait actuellement l'expérience d'un dispositif capable de reconnaître treize mots émanant d'ingénieurs⁵⁹ de ses clients. On n'a pas révélé comment il réagissait aux divers accents.

d) *Terminaux de points de vente (PV)*

Ces terminaux ont surtout servi jusqu'ici à vérifier le crédit des consommateurs. Ils sont donc la simplicité même. Les plus répandus comportent un dispositif à bouton simple et des voyants de signalisation. La capacité de servir à d'autres fins, tels la comptabilité en liaison directe et les inventaires, n'a pas échappé à l'attention, non plus que l'ampleur du marché. On estime à plus de six millions, pour les États-Unis seulement, le nombre des caisses enregistreuses en usage. La difficulté consiste à produire un terminal économique.

L'industrie amorce à peine son essor, et on trouve déjà sur le marché un assez grand choix de terminaux PV, depuis le dispositif à bouton unique jusqu'aux appareils à fonctions multiples, sans compter celui, destiné principalement aux supermarchés, qui comprend une « baguette magique »; celle-ci, passée au-dessus de l'étiquette, lit le prix de chaque article et, si désiré, son numéro de magasin.

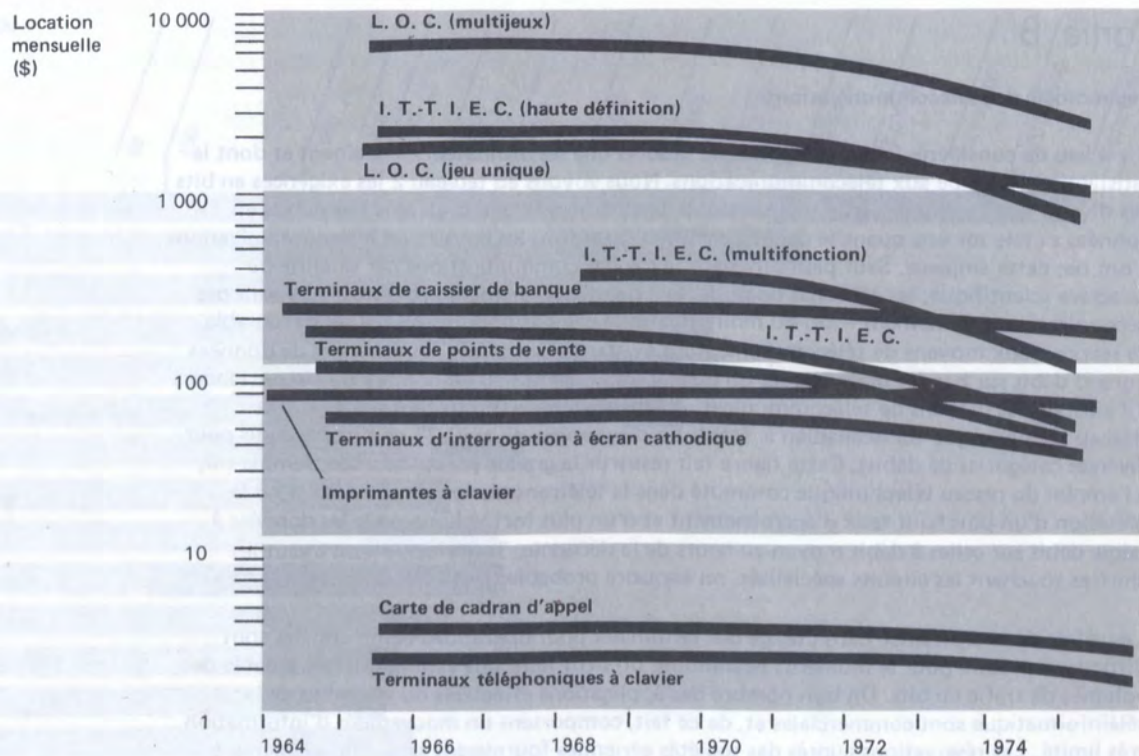
⁵⁹ « IBM Voice Recognition Only Experimental », *Datamation*, vol. XVII, n° 18, 15 septembre 1971, p. 48.

Les aspects technologiques de la téléinformatique

Afin de faciliter l'emploi des terminaux PV, et d'en accroître la rentabilité, on a cherché à fournir des installations qui augmenteraient le nombre des commis pouvant utiliser le dispositif. Un terminal de conception intéressante a été créé par Lyman Richardson de la société T-Scan Ltd. On y introduit par une fente une carte marquée, et celle-ci est éjectée quelques secondes après avec la réponse au verso. Le terminal est assez rapide pour que nombre de personnes y aient accès en même temps ; il leur suffit de s'approcher et d'insérer leur carte pour un traitement immédiat ; elles peuvent aussi accumuler les cartes pour les introduire par lots dans l'appareil au moment opportun. Ce type de terminal se prête, bien sûr, à des applications plus complexes que le dispositif de PV. L'essai auquel il a été soumis est exposé dans le volume n° 2 de la collection « Études » du G. E. T. C. dû à Lyman Richardson et portant le titre de *Expérience de gestion scolaire dans le comté de Peel*.

Sauf dans les projections de coût tout à fait approximatives de la figure 9, il n'a pas été question de beaucoup d'autres terminaux dans notre étude ; la plupart, d'ailleurs, reposent sur des techniques semblables à celles dont nous avons rendu compte. Nous citerons quatre domaines d'application étendue : caisse de banque, distribution de tickets, cours de la bourse et traitement séquentiel.

Figure 9
Coût mensuel de location des postes terminaux



Source :
Institut de recherche Stanford

Explication des abréviations :

I. T. : Imprimantes à clavier

L. O. C. : Lecteur optique de caractère

T. I. E. C. : Terminaux d'interrogation à écran cathodique

Partie B

Technologie des télécommunications

Il y a lieu de considérer ici les catégories de besoins que les ordinateurs entraînent et dont la satisfaction incombe aux télécommunications. Nous voyons au tableau 2 les exigences en bits des divers éléments du matériel informatique. On y constate que la gamme des débits en données s'étale sur une quantité de 10^8 environ. Toutefois, les besoins en télécommunications n'ont pas cette ampleur. Sauf peut-être dans le cas des communications par satellite de caractère scientifique, les échanges de données à des débits de mémoire centrale ne sont pas nécessaires pour le moment — ou du moins il n'en existe pas pour lesquels il serait rentable de recourir aux moyens de télécommunication existants. Toutefois, les échanges de données à grand débit sur bandes magnétiques ou microfilm auraient lieu en nombre de circonstances, s'il existait des moyens de télécommunication à haute vitesse qui fussent rentables. Le Réseau téléphonique transcanadien a établi un diagramme du trafic⁶⁰ en bits par mois pour diverses catégories de débits. Cette figure fait ressortir la grande place accordée, semble-t-il, à l'emploi du réseau téléphonique commuté dans la télétransmission de données, d'où la prévision d'un plus haut taux d'accroissement et d'un plus fort volume pour les données à faible débit sur celles à débit moyen au cours de la décennie. Toutefois, si l'on inclut les chiffres touchant les circuits spécialisés, on aboutira probablement à des prévisions contraires.

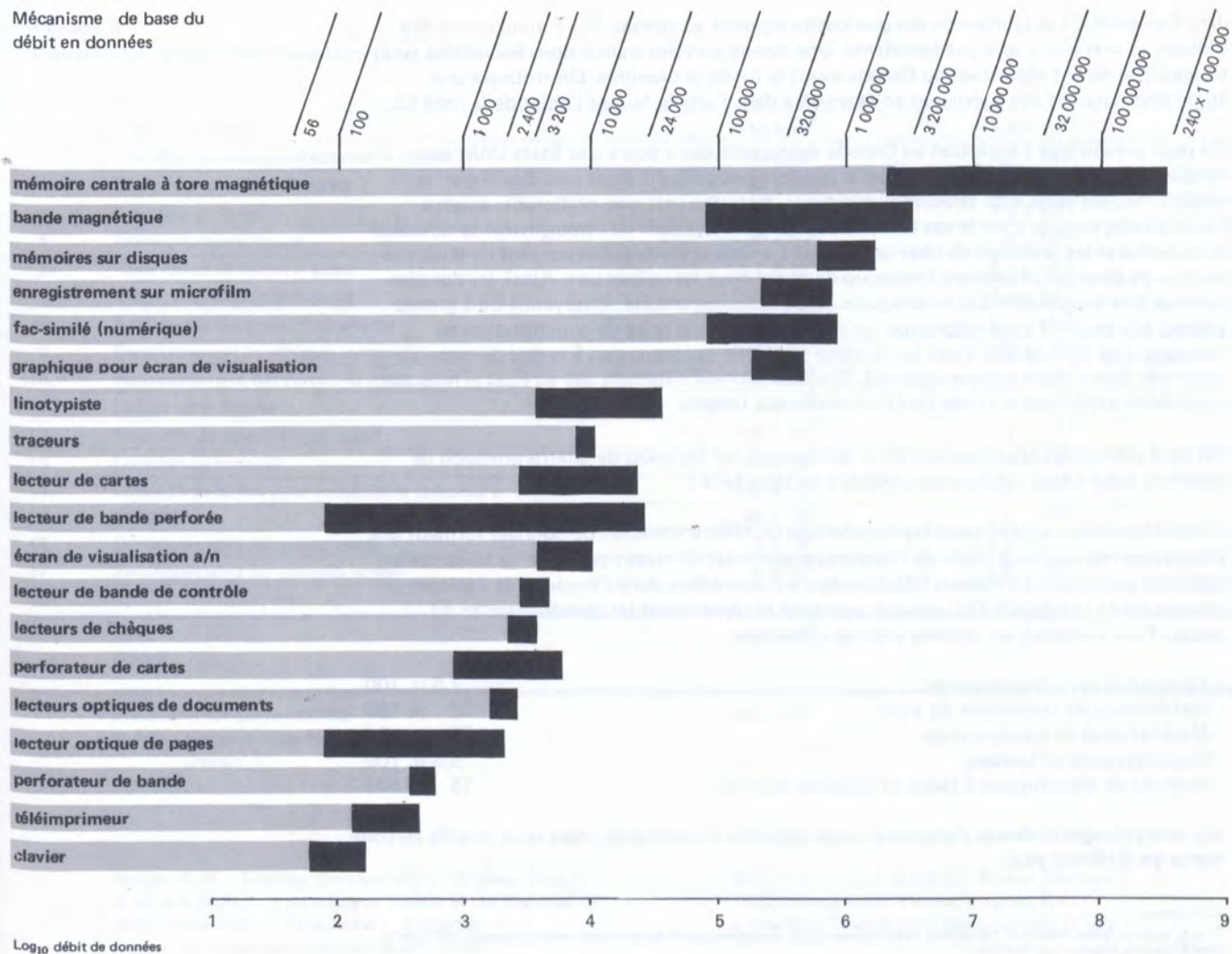
Les effets de la croissance dans l'usage des terminaux pour opérations commerciales sont difficiles à prédire pour le moment; néanmoins, on peut faire une estimation raisonnable des volumes de trafic en bits. Un bon nombre des applications effectives ou virtuelles de la téléinformatique sont commerciales et, de ce fait, comportent un mouvement d'information très limité. Les réservations auprès des sociétés aériennes fournissent sans doute l'exemple classique de ce type d'applications, mais il en existe bien d'autres. Hough et ses collaborateurs⁶¹ ont établi des pronostics sur le volume des transactions aux États-Unis en 1990, c'est-à-dire pour une époque où les applications de ce type devraient être stabilisées

⁶⁰ H. M. Zeidler, et collaborateurs, ouvrage cité.

⁶¹ R. W. Hough, Carolyn Fratessa, Virginia Holly, A. H. Samuel et L. J. Wells, *A Study of Trends in the Demand for Information Transfer* (rédigé pour la National Aeronautics and Space Administration, Ames Research Center, Moffett Field, Californie, contrat n° NAS2-5369, SRI Project MU-7866, Menlo Park, Californie, Stanford Research Institute, février 1970).

Tableau 2
Débit en données d'un système informatique

Mécanisme de base du
débit en données



Les aspects technologiques de la téléinformatique

dans l'ensemble. Les chiffres de ces pronostics figurent au tableau 3. Le mouvement des chèques et le crédit y sont prédominants. Une bonne part des transactions énumérées au tableau 3 se seront répandues au Canada avant la fin de la décennie. On trouvera une étude plus détaillée des prévisions en la matière dans l'article faisant l'objet de la note 62.

On peut prévoir que l'évolution au Canada suivra celle qui a cours aux États-Unis, avec décalage de deux à trois ans. Beaucoup d'applications s'effectueront sans doute par les simples moyens locaux de télécommunications, mais une part non négligeable exigera l'interurbain, comme c'est le cas actuellement pour le Système de renseignements canadien de la police et les systèmes de réservations des transports aériens. Les moyens de télétransmission de données présentent beaucoup de choix pour les utilisateurs. Ainsi, les données peuvent être accumulées à la source pour être transmises ensuite, à moyenne ou à grande vitesse; elle peuvent aussi emprunter un système public ou privé de commutation de messages, une ligne privée, voire un système public de commutation à temps de raccordement très court (moins d'une seconde). Bien sûr le choix dépendra des services offerts par les sociétés exploitantes et des tarifs consentis aux usagers.

On peut estimer les répercussions de la technologie sur les coûts de télétransmission de données, mais il faut établir avec précision certains faits :

i) Les dépenses en capital pour les installations de télétransmission de données forment une proportion relativement faible de l'investissement total du réseau canadien de télécommunications publiques. Le Réseau téléphonique transcanadien, dans l'étude de la Télécommunication n° 4a (Section 5.1b), montre comment se répartissent les investissements du réseau. Pour l'abonné, les chiffres sont les suivants :

• Le poste et ses raccordements	7,5 p. 100
• Installations de répartition du trafic	37 p. 100
• Matériel local de commutation	35 p. 100
• Commutateurs en tandem	5,5 p. 100
• Matériel de transmission à faible et à grande distance	15 p. 100

Les pourcentages ci-dessus s'appliquent aux appareils domestiques, mais ceux relatifs au commerce en diffèrent peu.

⁶² J. C. Madden, *Some Aspects of Transaction Telecommunications*, procès-verbaux de la conférence tenue à Ottawa en 1971 par le Data Processing Institute, pp. 193-216.

Tableau 3
Transactions prévues aux États-Unis pour 1990

1.	Chèques et crédit	340×10^9	$1,4 \times 10^{14}$
2.	Transfert de renseignements sur le crime	70×10^6	$2,1 \times 10^{13}$
3.	Recherche des titres et fonds	20×10^6	$1,8 \times 10^{13}$
4.	Transfert de fonds	5×10^9	$1,5 \times 10^{13}$
5.	Renseignements légaux	30×10^6	9×10^{12}
6.	Réservation de billets d'avion	$4,2 \times 10^9$	$6,7 \times 10^{12}$
7.	Diagnostic médical à distance	200×10^6	$6,0 \times 10^{12}$
8.	Analyse des électrocardiogrammes	200×10^6	$6,0 \times 10^{12}$
9.	Enregistrement de véhicule moteur	245×10^6	$1,5 \times 10^{12}$
10.	Renouvellement des permis de conduire	90×10^6	$5,4 \times 10^{11}$
11.	Indices de la Bourse	4×10^9	4×10^{11}
12.	Réservations pour hôtel et motel	100×10^6	1×10^{11}
13.	Location de voitures	40×10^6	4×10^{10}
14.	Émission de billets pour événements culturels et sportifs	200×10^6	4×10^{10}
15.	Télégraphe	35×10^6	$3,5 \times 10^{10}$
16.	Renseignements sur objets volés	7×10^6	$2,1 \times 10^{10}$
17.	Renseignements sur voitures volées	5×10^6	$1,5 \times 10^{10}$
Total (1990)		360×10^9	4×10^{14}

Évaluation par Datran (1980)

Source : Hough et associés

Datran**

248×10^9

Hough, R. W. : Fratessa, Carolyn; Holly, Virginia; Samuel, A. H. and Wells, L. J., *A study of Trends in the Demand for Information Transfer*, Menlo Park, Californie, Institut de Recherche Stanford, février 1970.

Data Transmission Company, Édifice Datran
 1920, avenue Aline Vienna, Virginie, É.-U.
 « The Data Transmission Market of the 1970's ».

Les aspects technologiques de la téléinformatique

Ainsi, les installations locales absorberaient 80 p. 100 des immobilisations, dont 40 p. 100 destinés aux circuits fermés, c'est-à-dire aux deux fils torsadés reliant les postes des abonnés au centre local de commutation.

ii) La télétransmission de données n'entre que pour une faible fraction dans les recettes provenant des télécommunications, soit pour quelque 6 p. 100. Si on établit le trafic à fréquence vocale à l'équivalent de 2 400 b/s, la télétransmission de données ne représenterait que 0,08 p. 100 du trafic des sociétés exploitantes, d'après le Réseau téléphonique transcanadien⁶³. Ces deux chiffres font ressortir l'inefficacité des télécommunications à fréquence vocale pour la télétransmission de données, indépendamment des autres facteurs, notamment le loyer des terminaux (environ 30 p. 100 des revenus de la société Bell Canada se rattachant aux données), qui gonflent les recettes de la télétransmission de données relativement à celles des services téléphoniques.

iii) Le matériel des sociétés exploitantes est conçu pour un amortissement de plus de vingt ans contre quelque quarante mois pour l'industrie de l'ordinateur.

1. Télétransmission

D'ici une dizaine d'années, la nouvelle technologie devrait se manifester surtout dans le domaine de la télétransmission. Aux États-Unis, d'après un appendice du rapport Rostow⁶⁴, tout prolongement du réseau téléphonique Bell coûterait \$1,50 le mille en 1979 contre \$11,50 en moyenne en 1969.

La télétransmission se signale tout d'abord par des possibilités d'économie d'échelle. Dans le rapport Rostow, on indique empiriquement que pour doubler les circuits sur parcours terrestre il faut accroître les immobilisations d'environ 60 p. 100. Les incidences de ces grands faisceaux de lignes sur les coûts ressortent également d'une étude canadienne plus récente sur la télétransmission de données numériques⁶⁵. Elles sont d'ailleurs très bien illustrées par la figure 10.

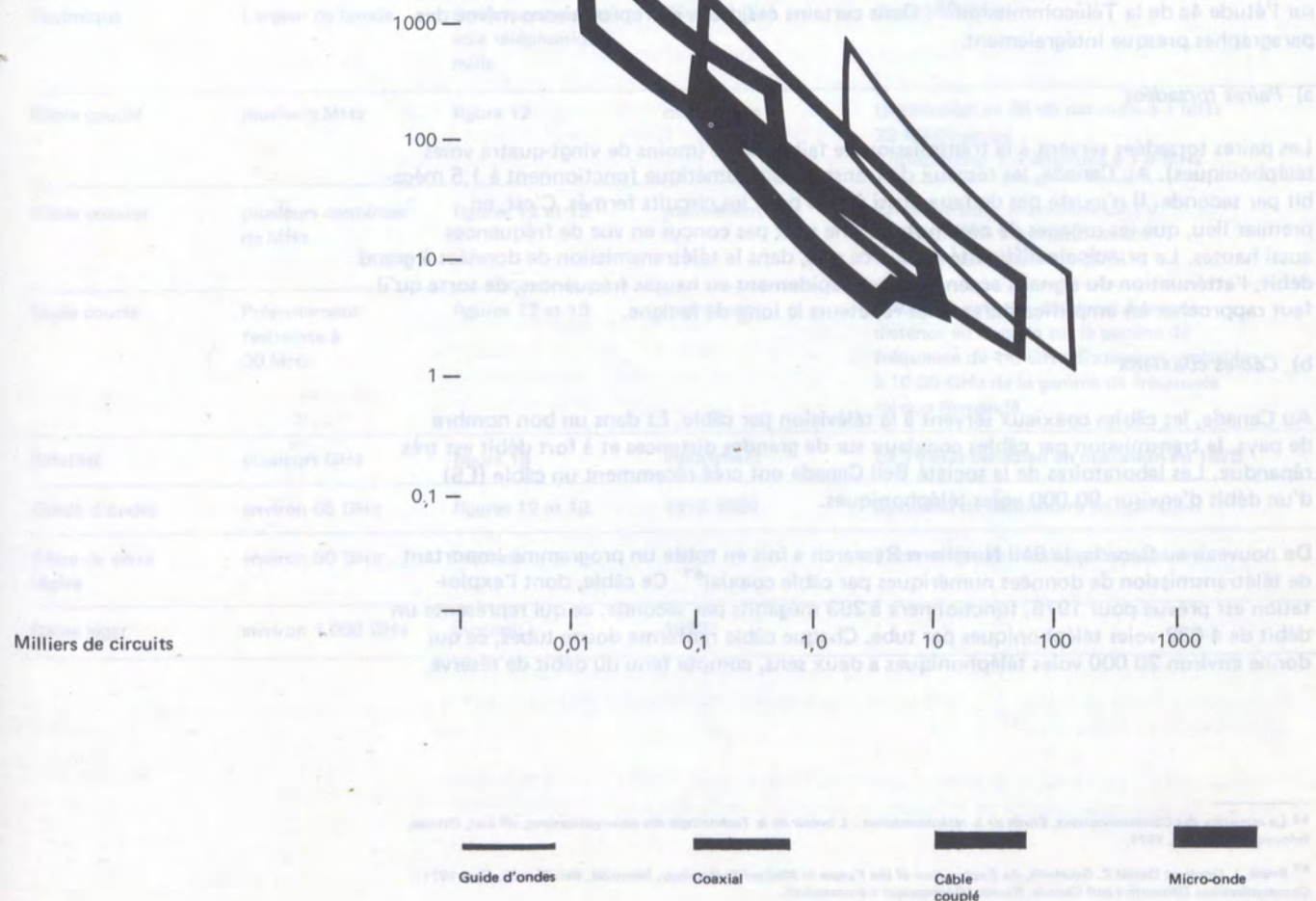
⁶³ *Communications, Computers and Canada*, Réseau téléphonique transcanadien, Ottawa, novembre 1971 (révision décembre 1971).

⁶⁴ Eugene V. Rostow, *A Survey of Telecommunications Technology*, 1^{re} partie, President's Task Force on Communications Policy, Washington, D. C., Superintendent of Documents, juin 1969.

⁶⁵ John Worrall, *Les installations locales*, coll. « Études », vol. 6, Ottawa, Information Canada, août 1972.

Figure 10
Tendances des coûts des transmissions terrestres

Coût initial
(en \$ par mille de
circuits pour les
nouveaux systèmes)



Les aspects technologiques de la téléinformatique

Le tableau 4 indique les principales techniques en usage ou à l'état de projet dans le domaine de la télétransmission.

Nous donnons ci-après un bref exposé des diverses techniques. Il repose pour une bonne part sur l'étude 4a de la Télécommission⁶⁶. Dans certains cas, nous en reproduisons même des paragraphes presque intégralement.

a) Paires torsadées

Les paires torsadées servent à la transmission de faible débit (moins de vingt-quatre voies téléphoniques). Au Canada, les réseaux de transmission numérique fonctionnent à 1,5 mégabit par seconde. Il n'existe pas de taux aussi élevés pour les circuits fermés. C'est, en premier lieu, que les organes de commutation ne sont pas conçus en vue de fréquences aussi hautes. La principale difficulté tient à ce que, dans la télétransmission de données à grand débit, l'atténuation du signal s'accroît assez rapidement en hautes fréquences, de sorte qu'il faut rapprocher les amplificateurs ou les répéteurs le long de la ligne.

b) Câbles coaxiaux

Au Canada, les câbles coaxiaux servent à la télévision par câble. Et dans un bon nombre de pays, la transmission par câbles coaxiaux sur de grandes distances et à fort débit est très répandue. Les laboratoires de la société Bell Canada ont créé récemment un câble (L5) d'un débit d'environ 90 000 voies téléphoniques.

De nouveau au Canada, la Bell Northern Research a mis en route un programme important de télétransmission de données numériques par câble coaxial⁶⁷. Ce câble, dont l'exploitation est prévue pour 1975, fonctionnera à 283 mégabits par seconde, ce qui représente un débit de 4 032 voies téléphoniques par tube. Chaque câble renferme douze tubes, ce qui donne environ 20 000 voies téléphoniques à deux sens, compte tenu du débit de réserve

⁶⁶ Le ministère des Communications, *Étude de la télécommission : L'avenir de la Technologie des communications*, n° 4 a), Ottawa, Information Canada, 1971.

⁶⁷ Frank J. Doyle et Daniel Z. Goodwill, *An Exploration of the Future in Medical Technology*, Montréal, Bell Canada, mars 1971; *Communications Computers and Canada*, Réseau téléphonique transcanadien.

Tableau 4
Sommaire de la technologie des transmissions

Technique	Largeur de bande	Coût approximatif voie téléphonique mille	Disponibilité	Commentaires
Câble couplé	plusieurs MHz	figure 12	maintenant	Diminution de 26 db par mille à 1 MHz 22 fils de gauge Transporteur T-1 employé à 1,5 MHz
Câble coaxial	plusieurs centaines de MHz	figures 12 et 13	maintenant	Employé pour le système CATV Premier câble à grande distance en usage au Canada en 1975.
Onde courte	Présentement restreinte à 30 MHz	figures 12 et 13	maintenant	Structure actuelle des lignes à grande distance au Canada sur la gamme de fréquence de 4-6 GHz. Extension probable à 10-30 GHz de la gamme de fréquence tel que demandé.
Satellite	plusieurs GHz	figure 15	maintenant	Le Télésat canadien en opération en 1973
Guide d'ondes	environ 65 GHz	figures 12 et 13	1973-1980	Systèmes de laboratoire en opération
Fibre de verre légère	environ 50 GHz	inconnu	1980?	Technologie se développe rapidement
Câble léger	environ 1 000 GHz	inconnu	1980?	

Les aspects technologiques de la téléinformatique

en cas de panne. Le câble a été conçu pour des lignes d'une longueur pouvant atteindre 4 000 milles, mais il sera exploité au début dans la région comprise entre Québec et Windsor, Ontario. On y trouve déjà des densités de trafic allant jusqu'à 12 000 circuits à fréquence vocale. On prévoit que certains secteurs de la région auront besoin de plus de 100 000 circuits vers 1985. Les principaux avantages du câble sur la micro-onde sont les suivants : tout d'abord, sa mise en valeur est plus avancée pour la transmission numérique de grand débit; ensuite, la transmission proprement dite est canalisée et non diffusée vers une région assez étendue. Dans les régions à peuplement dense, où la bande des micro-ondes est presque totalement exploitée, le second avantage peut être déterminant. Même si la télétransmission de données numériques par micro-ondes doit être plus économique une fois au point, comme il ressort de la figure 11, il est probable que les câbles coaxiaux conserveront leur place parmi les moyens de télétransmission.

c) *Micro-ondes*

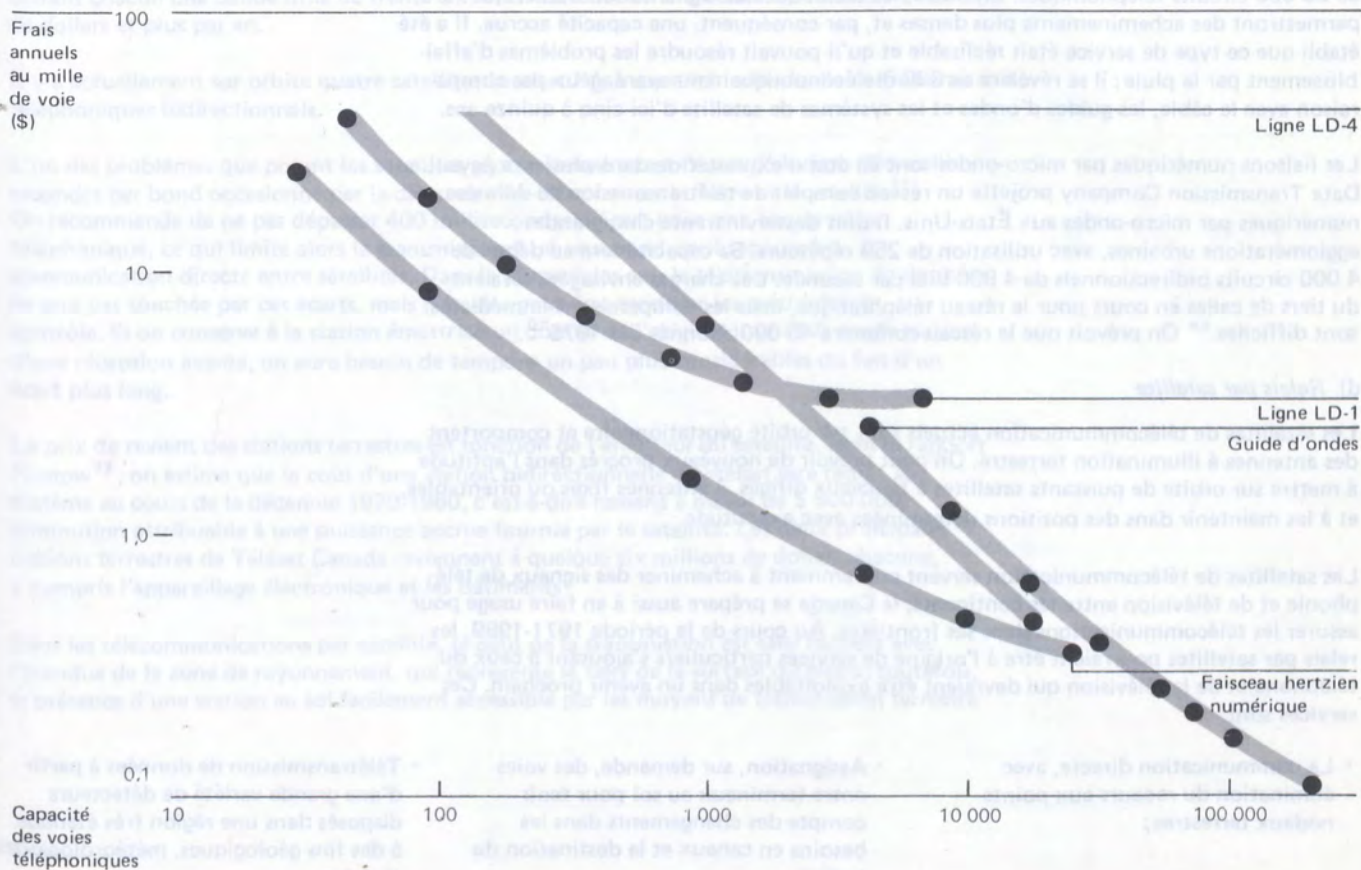
Les micro-ondes occupent une place prépondérante dans les réseaux de télécommunication de grand débit au Canada, ainsi que dans ceux de moindre trafic. Le matériel fonctionne généralement dans les fréquences de quatre à six GHz. Actuellement au Canada quatre réseaux sur GHz ont une bande de vingt MHz. Durant une bonne partie de la décennie en cours, la télétransmission de données numériques empruntera encore dans une large mesure les réseaux de micro-ondes analogiques, car

« Il n'est pas pratique de convertir ces systèmes au fonctionnement numérique sans subir une certaine perte d'efficacité. La conversion initiale, étant mise en œuvre en 1971, développera 56 000 bits à la seconde (près de l'équivalent d'une seule voie numérique à la place d'un groupe analogique de 12 voies. À mesure que les besoins de trafic de données grandiront, un flot T1 (1.544 mégabit à la seconde, soit l'équivalent de 24 voies) sera inséré dans le 500KHZ le plus bas du canal radio (déplaçant 120 voies) ou dans l'affectation MGT2, déplaçant 180 voies. Pour des sections transversales encore plus grandes, l'équivalent de 12 systèmes T1 (288 voies numériques) déplacera les 600 voies analogiques du canal radio total⁶⁸. »

Les micro-ondes pour ce type de service serviront encore après 1980 s'il y a attribution, à cette fin, de nouvelles bandes de fréquences dans la zone de dix à trente GHz, où de

⁶⁸ *Les télécommunications, et les ordinateurs au service du Canada*, p. 28.

Figure 11
 Frais annuels — mille de voie par rapport
 à la capacité des lignes LD-1, LD-4,
 des systèmes à faisceau hertzien numérique
 et à guide d'ondes



Source : R. T. T.*

*
 Les Télécommunications et les ordinateurs
 au service du Canada, Ottawa, novembre
 1971, révisé, décembre 1971.

Les aspects technologiques de la téléinformatique

grandes largeurs de bande et de nouvelles techniques de codage peuvent assurer une capacité de 30 000 circuits téléphoniques. En outre, les techniques de signalisation numérique permettront des acheminements plus denses et, par conséquent, une capacité accrue. Il a été établi que ce type de service était réalisable et qu'il pouvait résoudre les problèmes d'affaiblissement par la pluie; il se révélera sans doute économiquement avantageux par comparaison avec le câble, les guides d'ondes et les systèmes de satellite d'ici cinq à quinze ans.

Les liaisons numériques par micro-ondes sont en état d'exploitation dans plusieurs pays. La Data Transmission Company projette un réseau complet de télétransmission de données numériques par micro-ondes aux États-Unis. Il doit desservir trente-cinq grandes agglomérations urbaines, avec utilisation de 259 répéteurs. Sa capacité sera au début de 4 000 circuits bidirectionnels de 4 800 bits par seconde. Les charges envisagées seraient du tiers de celles en cours pour le réseau téléphonique, mais les comparaisons immédiates sont difficiles.⁶⁹ On prévoit que le réseau comptera 48 000 abonnés dès 1975⁷⁰.

d) *Relais par satellite*

Les satellites de télécommunication actuels sont sur orbite géostationnaire et comportent des antennes à illumination terrestre. On peut prévoir de nouveaux progrès dans l'aptitude à mettre sur orbite de puissants satellites à faisceaux dirigés, à antennes fixes ou orientables, et à les maintenir dans des positions déterminées avec exactitude.

Les satellites de télécommunication servent couramment à acheminer des signaux de téléphonie et de télévision entre les continents; le Canada se prépare aussi à en faire usage pour assurer les télécommunications dans ses frontières. Au cours de la période 1971-1989, les relais par satellites pourraient être à l'origine de services particuliers s'ajoutant à ceux du téléphone et de la télévision qui devraient être exploitables dans un avenir prochain. Ces services sont:

- La communication directe, avec élimination du recours aux points nodaux terrestres;
- Assignation, sur demande, des voies entre terminaux au sol pour tenir compte des changements dans les besoins en canaux et la destination du trafic;
- Télétransmission de données à partir d'une grande variété de détecteurs disposés dans une région très étendue à des fins géologiques, météorologiques et autres.

⁶⁹ C. R. Fischer, *Introduction to the Datan Switched Digital Data Network*, IEEE International Conference on Communications, Montréal, 14, 15 et 16 juin 1971, Conference Record, IEEE n° 71C28-Com au catalogue, pp. 23-1 à 23-3.

⁷⁰ Paul Hersch, « Data Communications », *IEEE Spectrum*, vol. VIII, n° 2, février 1971, pp. 47-60.

Le satellite canadien de télécommunication, mis sur orbite en 1973, comporte douze canaux HF offrant chacun une bande utile de trente-six MHz. La location d'un canal coûtera trois millions de dollars et plus par an.

Il y a actuellement sur orbite quatre satellites Intelsat IV, à capacité individuelle de 6 000 circuits téléphoniques bidirectionnels.

L'un des problèmes que posent les satellites géostationnaires est l'écart d'environ 290 milli-secondes par bond occasionné par la distance aller-retour entre la Terre et le satellite⁷¹. On recommande de ne pas dépasser 400 millisecondes d'écart pour une conversation téléphonique, ce qui limite alors la transmission à un seul bond, sauf recours à la communication directe entre satellites. Dans la plupart des cas, la télétransmission de données ne sera pas touchée par ces écarts, mais il faudra peut-être modifier les méthodes de contrôle. Si on conserve à la station émettrice un double de l'original jusqu'à la confirmation d'une réception exacte, on aura besoin de tampons un peu plus considérables du fait d'un écart plus long.

Le prix de revient des stations terrestres est fonction de l'émetteur du satellite. Dans le rapport Rostow⁷², on estime que le coût d'une station bidirectionnelle d'Intelsat sera réduit au dixième au cours de la décennie 1970-1980, c'est-à-dire ramené à moins de \$ 500 000, diminution attribuable à une puissance accrue fournie par le satellite. Les deux principales stations terrestres de Télésat Canada reviennent à quelque six millions de dollars chacune, y compris l'appareillage électronique et les bâtiments.

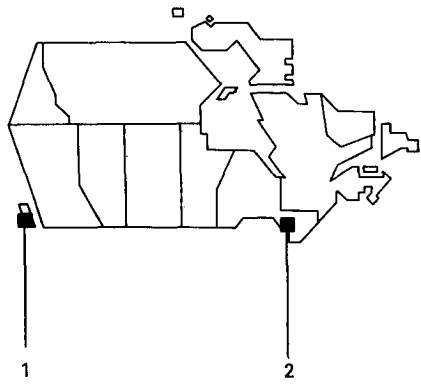
Dans les télécommunications par satellite, le coût de la transmission est sans rapport avec l'étendue de la zone de rayonnement, qui représente le tiers de la surface du globe; toutefois, la présence d'une station au sol facilement accessible par les moyens de transmission terrestre

⁷¹ Wirz, membre du groupe de rédaction de CCITT GAS/3, édition révisée, n° 4, ch. B.VI, Communications-Satellite Systems, Special Autonomous Working Party No. 3, contribution n° 16 11968-1972, GAS/3 - n° 16-E, novembre 1970.

⁷² Eugene V. Rostow, *A Survey of Telecommunications Technology*, 1^{re} partie.

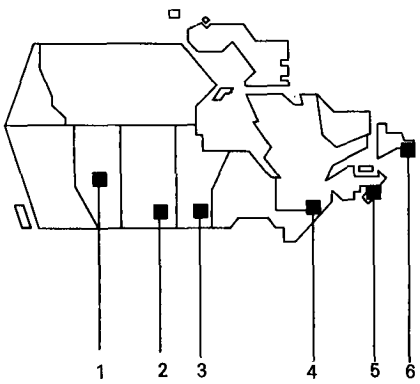
Figure 12
Emplacement des stations terriennes
dans le premier système national au Canada

Voie très chargée



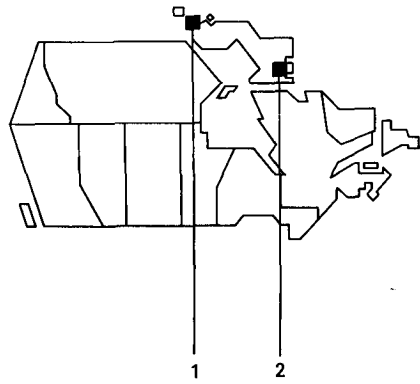
- 1
Lake Cowichan
- 2
Allan Park

**Voie télévisuelle
de qualité réseau**



- 1
Edmonton
- 2
Regina
- 3
Winnipeg
- 4
Montréal
- 5
Halifax
- 6
Saint-Jean

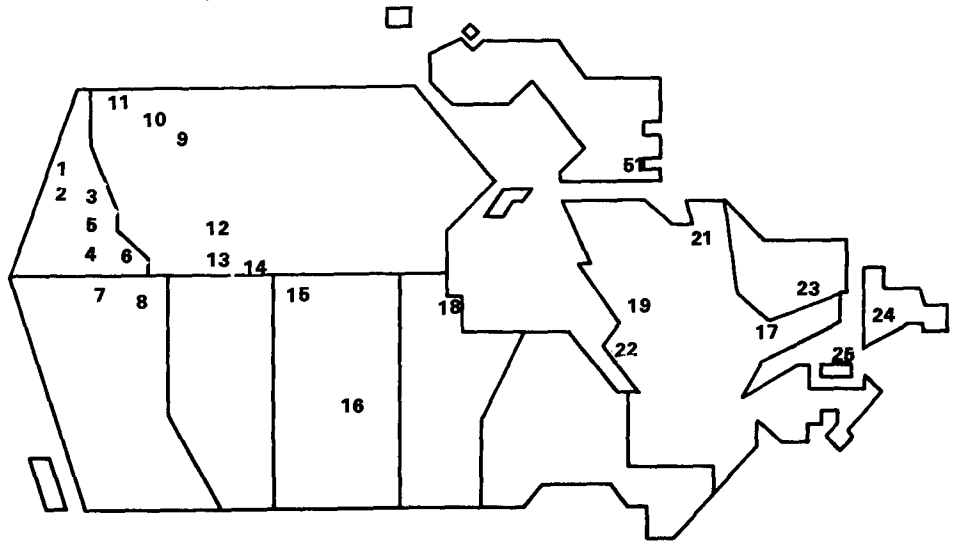
Télécommunications nordiques



- 1
Resolute Bay
- 2
Frobisher Bay

Figure 12 (suite)

Télé à partir de points éloignés



1
Clinton Creek
2
Dawson
3
Elsa
4
Whitehorse
5
Faro
6
Watson Lake
7
Cassiar
8
Fort Nelson
9
Norman Wells

10
Fort Good Hope
11
Inuvik
12
Yellowknife
13
Pine Point
14
Fort Smith
15
Uranium City
16
La Ronge
17
Sept-Îles
18
Churchill
19
Great Whale

21
Fort Chimo
22
Fort George
23
Goose Bay
24
Port-au-Port
25
Îles-de-la-Madeleine
51
Frobisher Bay

Les aspects technologiques de la téléinformatique

est un facteur du prix de revient. L'ouvrage indiqué dans la note 72 renferme un exposé du coût d'Intelsat IV pour 1973. Les résultats de cette étude sont illustrés par la figure 13.

Les coûts sont donc étroitement liés aux densités moyennes du service ; en effet, il faut plus de stations au sol, proportionnellement, en zone clairsemée.

Lorsque des stations au sol moins chères seront possibles grâce à des satellites plus puissants, ces moyens de télétransmission pourront contribuer à améliorer notablement les télécommunications dans les régions éloignées. Mais il faudra probablement attendre pour cela jusqu'aux dernières années de la décennie.

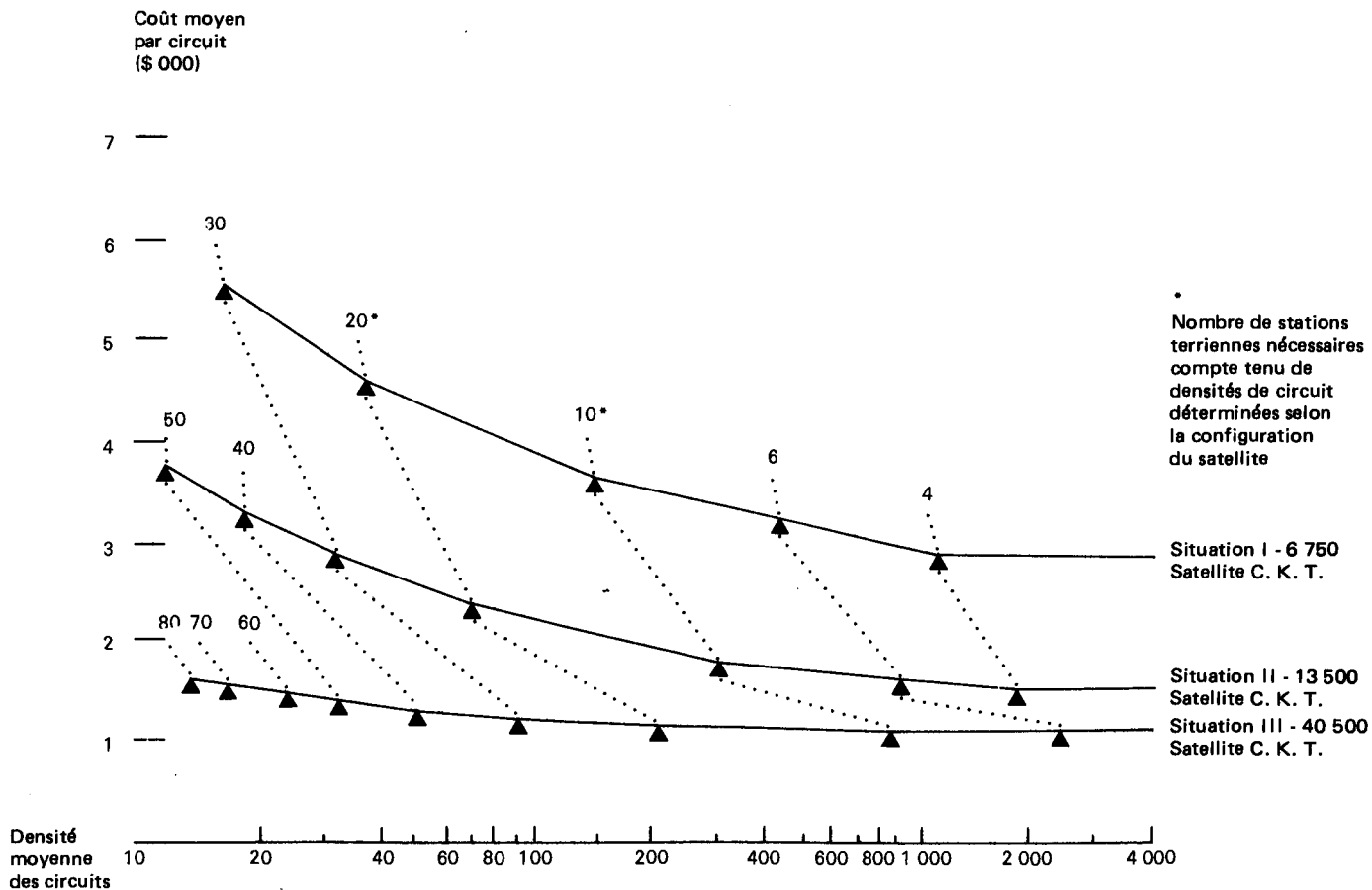
e) *Guides d'ondes*

Des guides d'ondes au millimètre sont techniquement réalisables aujourd'hui ; on peut même prévoir des installations entre 1975 et 1980 aux États-Unis, au Royaume-Uni et au Japon. Le système typique comportera la modulation de phase numérique à 300 mégabits par seconde, une séparation d'un GHz entre canaux et des intervalles de quinze à vingt-cinq milles entre répéteurs. Le guide proprement dit, soit un tube de cuivre de deux pouces, est à enduit diélectrique ou à enroulement hélicoïdal ; en perfectionnant les enduits diélectriques, on devrait réduire de beaucoup les pertes. Des capacités de 250 000 canaux téléphoniques sont projetées ; de plus, des techniques de modulation améliorées, des écarts moindres entre canaux et une réduction des pertes permettront sans doute de faire mieux encore sous l'angle de la quantité. Il faut fabriquer et installer le guide avec de grandes précautions pour réduire la réflexion et la conversion de mode.

f) *Fibre optique*

La technologie de la fibre optique a marqué récemment des progrès qui créent de nouvelles possibilités de transmission. La société Corning Glass Works, aux États-Unis, fabrique depuis quelque temps des fibres pour lesquelles la perte n'est que de dix-huit db/km. On estime que d'ici 1980, ces pertes pourront être réduites à dix db/km. Il reste sans doute bien des difficultés à aplanir, mais il y a quand même lieu de prévoir la réalisation de circuits interurbains acheminant des signaux numériques multiplexés en succession de quelques centaines de mégabits par seconde par fibre, avec répéteurs espacés d'un à deux milles. Ainsi, un faisceau de quelques centaines de fibres aurait une capacité de plusieurs dizaines de gigabits

Figure 13
Tendances des coûts des systèmes spatiaux



Les aspects technologiques de la téléinformatique

par seconde⁷³. Ces systèmes pourraient en être à l'étape du prototype au début de la décennie 1980-1990.

Li et Marcatili⁷⁴ ont énuméré les avantages de la transmission par fibre optique :

- *Faible encombrement* ; ce qui compte tout spécialement pour les liaisons entre bureaux dans les grandes agglomérations urbaines où les canalisations sont chères et congestionnées ;
- *Grande capacité* ; une fibre peut être porteuse d'une voie téléphonique ou d'un canal hautement multiplexé, selon l'élément électronique du terminal ;
- *Aptitude au développement* ; les câbles de faisceau de fibre offrent un moyen économique de multiplexage spatial ; le système à fibre optique se prête donc facilement à l'expansion, suivant la demande ;
- *Économie* ; le verre est abondant et bon marché ; toutefois, on n'a pas encore produit en grande quantité de la fibre peu chère et de bonne qualité optique ;
- *Petit rayon infléchi* ; caractéristique particulièrement appréciable dans le câblage intérieur ;
- Souvent on peut se dispenser de la correction du support et la dispersion par le matériau sur quelques centaines de mégahertz de fréquence est négligeable ;
- La fibre est non conductrice ; peu de parasites sont captés ; la diaphonie est réduite au minimum, si l'installation a été bien conçue ; la protection contre la foudre n'est pas nécessaire ;
- La pressurisation des câbles n'est pas nécessaire ; l'humidité et les phénomènes météorologiques ne devraient pas poser de problèmes.

Par contre, la transmission optique pose aussi quelques difficultés :

- Le courant électrique ne peut être acheminé par la fibre ;
- L'installation, la manutention et la réparation des fibres exigeront de l'ingéniosité.

Ce nouveau matériau se prête à des utilisations si variées qu'on en a proposé l'emploi pour les communications téléphoniques unidirectionnelles entre bureaux ou pour les communications par visiophone (par l'utilisation de la lumière incohérente et la modulation d'intensité analogique).

⁷³ Tingye et Marcatili Li, A. J. Enrique, « Research on Optical-Fiber Transmission », *Bell Laboratories Record*, vol. XLIX, n° 11, décembre 1971, pp. 330-337.

⁷⁴ *Ibid.*

g) *Le conducteur de lumière*

Ce conducteur offre aux ingénieurs en télécommunications beaucoup de choix. Il se prête au multiplexage espace, fréquences et temps. Cette souplesse tient à des sources laser de courtes impulsions (picosecondes), avec une faible largeur de bande comportant nombre de faisceaux (600) dans un conducteur, à résolution appropriée et possibilités de couleurs diverses. On envisage des capacités de plus de 2 000 000 de voies, avec répéteurs à intervalles de cinquante milles. Le conducteur ne doit pas se déplacer de façon à intercepter le faisceau; on doit le maintenir fixe au milieu des mouvements du sol ou infléchir le faisceau. Toutefois, malgré des promesses brillantes, ces systèmes ne peuvent guère être exploitables au cours de la présente décennie, étant donné les incertitudes qu'ils présentent quant aux possibilités de réalisation, à la fiabilité, au prix de revient et aux dimensions. Des systèmes peu chers offriraient de l'intérêt dans les années 80, si on a besoin de très grandes capacités.

Bref, des réductions des coûts pour la télétransmission numérique supposent une demande considérablement accrue. La figure 14⁷⁵ montre (courbe inférieure) les prévisions d'accroissement des communications interurbaines (à fréquence vocale). Voici à ce sujet un passage extrait de l'étude n° 4a) de la Télécommission⁷⁶ :

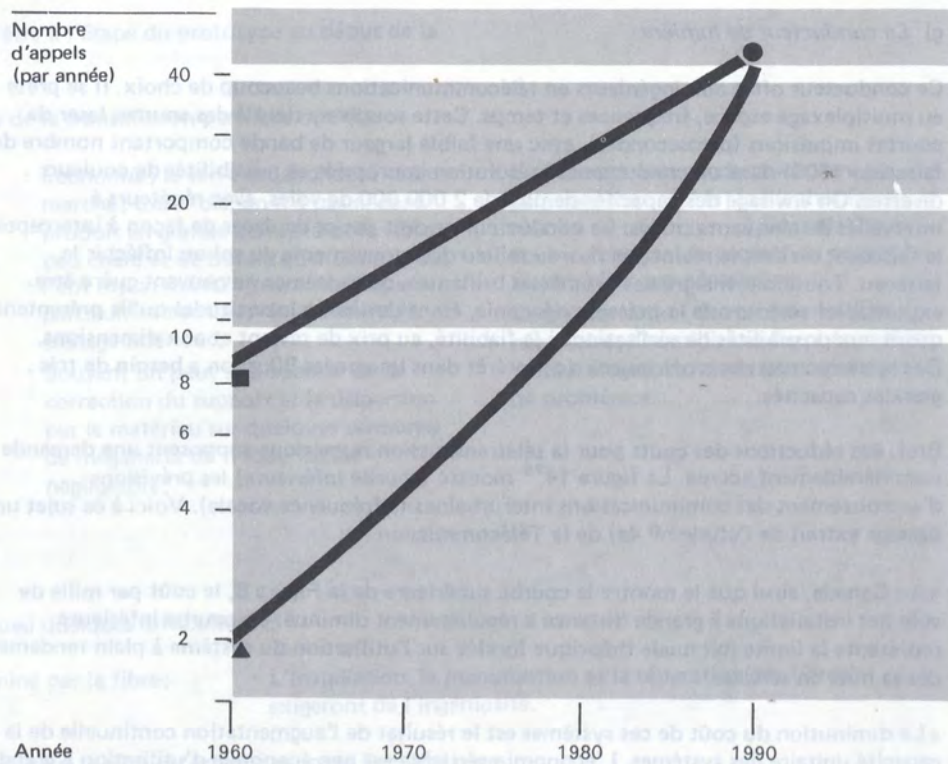
« Au Canada, ainsi que le montre la courbe supérieure de la Figure 8, le coût par mille de voie des installations à grande distance a régulièrement diminué. La courbe inférieure représente la limite minimale théorique fondée sur l'utilisation du système à plein rendement dès sa mise en service.

« La diminution du coût de ces systèmes est le résultat de l'augmentation continue de la capacité unitaire des systèmes. L'économie véritable est une économie d'utilisation à grande échelle; la courbe supérieure tend vers la limite inférieure à mesure que la capacité par voie d'acheminement augmente au Canada. Les courbes indiquées ne représentent que des moyennes approximatives car les chiffres réels varient considérablement d'une année à l'autre, surtout lors de la mise en service de nouvelles voies d'acheminement. »

⁷⁵ Ministère des Communications, Etude de la Télécommission 4a I, pp. 33 et 34.

⁷⁶ *Ibid.*

Figure 14
Croissance prévue des réseaux commutés
(tous les services) pour les communications
locales et interurbaines



▲ Appels interurbains par le service téléphonique
Échelle X 10⁸

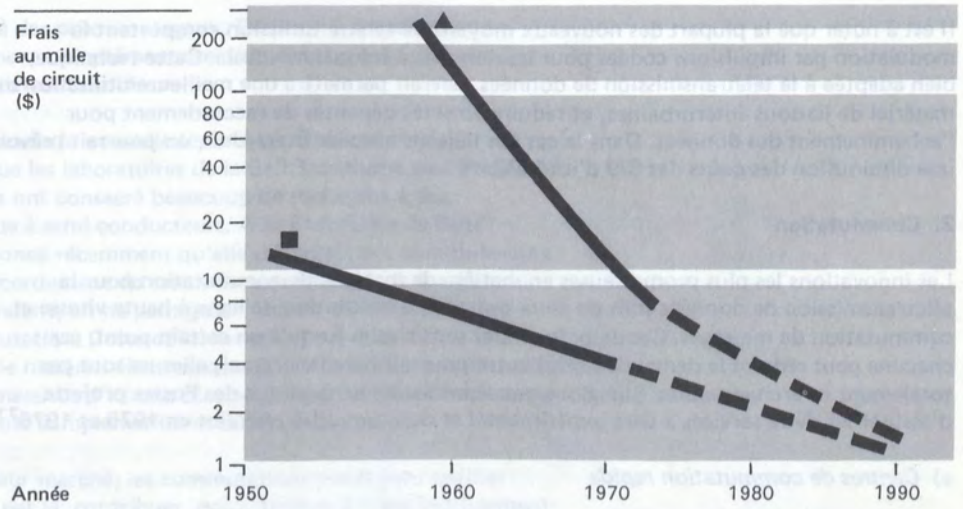
■ Appels locaux par le service local commuté
Échelle X 10⁹

Source : Étude de la Télécommission 4 a)*

* Ministère des Communications, *Étude de la Télécommission 4 a) : L'avenir de la technologie des communications*, p. 83.

Figure 15

**Installations du service des lignes
à grande distance moins l'équipement terminal**



▲ Frais moyens décollant de la longueur des circuits au Canada

■ Limite théorique inférieure

Source : Étude de la Télécommission 4 a)*

* Ministère des Communications, Étude de la Télécommission 4 a) : L'avenir de la technologie des communications, p. 83.

Les aspects technologiques de la téléinformatique

Il est à noter que la plupart des nouveaux moyens de télétransmission comportent la modulation par impulsions codées pour les données à fréquence vocale. Cette technique, bien adaptée à la télétransmission de données, devrait permettre une meilleure utilisation du matériel de liaisons interurbaines, et réduire ainsi les dépenses de raccordement pour l'acheminement des données. Dans le cas des liaisons avec les États-Unis, on pourrait prévoir une diminution des coûts des 8/9 d'ici 1980.

2. Commutation

Les innovations les plus prometteuses en matière de matériel de commutation pour la télétransmission de données sont de deux ordres : commutation de ligne à haute vitesse et commutation de messages. Ces deux formules sont rivales jusqu'à un certain point, car chacune peut réduire la demande dont l'autre pourrait bénéficier, mais elles ne sont pas totalement interchangeables. Signalons que le ministère britannique des Postes projette d'assurer les deux services à titre expérimental et dans un cadre restreint en 1975 et 1976⁷⁷.

a) Centres de commutation rapide

Au Royaume-Uni, notamment, des travaux⁷⁸ actuellement en cours tendent à réaliser des mises en communication entre usagers n'exigeant que cent millisecondes. Un système de commutation expérimental doit entrer en exploitation en 1976. D'après des simulations effectuées par M. C. Andrews et ses collaborateurs au laboratoire de l'IBM à Zurich, un centre de commutation rapide en usage généralisé permettrait d'exécuter une forte proportion de la télétransmission commerciale de données à meilleur compte que par la commutation de messages. Le ministère britannique des Postes projette d'employer ces centres comme compléments du réseau à fréquence vocale. Le circuit local serait le même que pour le réseau téléphonique, sauf qu'il serait relié au commutateur rapide par le central. Les liaisons interurbaines partant du central comporteraient à la fois données numériques et téléphonie par impulsions.

Grâce à cette formule, de nouveaux domaines d'application de la transmission numérique deviendront rentables et il y aura baisse dans les coûts des systèmes à fins commerciales délimitées (réservation dans les compagnies aériennes, par exemple) et nouvelles possibilités

⁷⁷ G. D. Allery et K. J. Chapman, « Features of a Synchronous Data Network for the United Kingdom », *IEEE International Conference on Communications*, Montréal, 1971, pp. 31-10 à 31-13. Renseignements recueillis aussi par entretiens privés.

⁷⁸ *Ibid.*

pour eux d'utiliser le réseau commuté à des prix avantageux. De plus, la commutation rapide pouvant être assimilée à un élément complémentaire du présent réseau commuté, l'installation est possible sans chambardement du réseau.

Il n'est pas facile d'estimer les incidences de la nouvelle technique sur les coûts de la commutation. On constate toutefois que les laboratoires de la Bell Telephone aux États-Unis et la Bell Northern Research au Canada ont consacré beaucoup de recherche à des dispositifs de commutation électronique à semi-conducteurs. Aux États-Unis, la Data Transmission Company (Datran) a annoncé récemment qu'elle utiliserait des commutateurs électroniques capables de temps de raccordement de cent microsecondes dans le cadre du réseau projeté. Tout compte fait, cependant, on ne peut guère prévoir de réductions importantes dans les coûts de la commutation. Cette opinion repose sur deux faits : le réseau téléphonique est lent à adopter le matériel électronique de commutation, et il est peu probable qu'on produise en quantités massives d'ici une dizaine d'années des commutateurs de données ultra-rapides comme éléments complémentaires du système actuel.

Toutefois, même s'ils ne sont pas meilleur marché, les commutateurs pourront modifier l'utilisation des lignes interurbaines et, par là, contribuer indirectement à l'amoindrissement des coûts.

b) *Commutation électronique des données*

La société Siemens, en Allemagne, a créé un système de commutation dirigé par ordinateur pour les données numériques. Ce système dit de commutation électronique des données (C. E. D.), devait être mis en œuvre à compter de 1973 dans le vaste réseau télex d'Allemagne. Il a été commandé en outre par la Western Union aux États-Unis.

Le commutateur proprement dit offre une application intéressante de la technologie informatique. Chaque ligne qui est introduite est reliée directement à un mot de la mémoire. Pour établir la liaison, il suffit d'écrire l'adresse de la mémoire se rattachant à la ligne de « destination » dans le mot mémoire de la ligne d'expédition, puis de positionner un bit indicateur. L'adresse réciproque est écrite aussi dans le mot mémoire de destination afin que soit possible l'acheminement bidirectionnel des données. Si la ligne de données qui est introduite présente un changement de polarité, un indicateur d'interruption commande à l'ordinateur de transférer le changement de polarité à la ligne sortante. Sauf s'il se produit un changement de polarité, aucune intervention de l'ordinateur n'est nécessaire. L'ordinateur assure les interruptions en séquence (et non par ordre

Les aspects technologiques de la téléinformatique

d'arrivée) à un rythme maximum d'une interruption par cycle (une microseconde en général). Ainsi, le débit maximum de données réalisé par le commutateur serait de deux mégabits par seconde. Dans la pratique, on maintient un peu plus bas ce débit afin que les retards de transfert demeurent à un rythme raisonnable et que l'ordinateur puisse exécuter les diverses opérations de servitude. On considère comme un plafond raisonnable 800 000 bits par seconde. On peut raccorder au commutateur quelque 16 384 lignes.

Cette conception du commutateur comporte des côtés intéressants.

Tout d'abord, on a à peu près éliminé du commutateur les relais (sauf pour les concentrateurs de données lointains), ce qui réduit l'entretien. On a rendu le système plus fiable en y incorporant des éléments de redondance et de vérification.

En deuxième lieu, les liaisons s'établissent presque instantanément (en quelques microsecondes); de plus, le débit en données peut être adapté, en régime synchrone ou asynchrone, jusqu'à concurrence de 9 600 bits par seconde et avec minimum d'environ deux b/s. Ajoutons que la capacité du commutateur exploitée est proportionnelle au débit des données.

En troisième lieu, le commutateur étant commandé par ordinateur, il est plus facile d'offrir certains dispositifs spéciaux. Par exemple, on peut assurer une « disponibilité » constante entre deux installations en maintenant l'« indicateur » au point « en service ». On peut aussi créer des réseaux privés en programmant les branchements voulus sur l'ordinateur.

Il faut noter toutefois des inconvénients :

- Le type de commutation choisi peut créer beaucoup d'instabilité à de forts débits de données. Notons ici que le commutateur a été conçu pour des données dont 93 p. 100 étaient acheminées à 200 bits par seconde ou moins. Les fabricants ont ménagé un dispositif qui permet d'écarter les débits de commutation classique trop rapides.
- Le système semble bien adapté au milieu allemand, relativement peu étendu et d'une grande densité démographique. Au Canada, d'autre part, il semble important,

du moins à longue échéance, d'opter pour un système adaptable à une multitude de besoins en télécommunication de sorte que tous les services profitent des économies d'échelle tenant à un coefficient d'utilisation élevé. Le C. E. D. n'a pas été conçu pour la commutation des signaux sonores et visuels, ni ne s'y adapte commodément. Bien sûr, on peut faire valoir avec exagération les économies d'échelle et il est possible que ce système comble à brève échéance une lacune dans les services de télétransmission de données.

c) *Commutation des messages*

La commutation de messages n'est pas nouvelle. Elle est en usage dans les forces armées et les compagnies de télégraphe depuis des années. L'avènement des ordinateurs et des systèmes de commutation ont considérablement accru les possibilités de vitesse et d'adaptabilité de ces systèmes.

La technique en question comporte un avantage insigne : elle permet de transmettre les messages à peu près instantanément sans que l'expéditeur ait à se préoccuper de la disponibilité de tous les segments de ligne servant à acheminer le message au destinataire. De plus, en mettant les messages en file d'attente à chaque nœud, on peut réaliser un haut coefficient d'utilisation des lignes, qui variera selon la nature du trafic et la longueur des files d'attente et entraînera du retard. Voici d'autres avantages des systèmes de commutation :

- Ils permettent d'acheminer assez facilement à plus d'un destinataire le même message;
- On peut appliquer un régime de priorités et accorder des tarifs réduits à ceux qui consentent à ce que la transmission de leurs données retarde au besoin;
- Un ordinateur commutant les messages peut servir à centraliser des fonctions assurées autrement à chacun des terminaux, soit les suivantes :
 - i) grouper l'information reçue sur place pour la transmettre plus efficacement;
 - ii) conversion de code, ou codage, au besoin, pour les données en entrée ou en sortie;
 - iii) joindre à l'information groupée des indications touchant l'acheminement et la vérification;
 - iv) dépister les erreurs de transmission dès la réception;
- On peut commander à l'ordinateur de commutation d'effectuer une livraison des messages délibérément retardée.

Au Canada et ailleurs un certain nombre de réseaux de commutation de messages par ordinateurs sont en usage. Certains comportent le recours à des chaînes privées d'ordinateurs; d'autres louent une partie des installations appartenant aux sociétés exploitantes.

Des travaux récents effectués sous les auspices de l'Advanced Research Project Agency aux États-Unis⁷⁹ ou exécutés par D. W. Davies des National Physical Laboratories au

⁷⁹ H. Frank, I. T. Frisch et W. Chou, *Topological Considerations in the Design of the ARPA Computer Network*. Procès-verbaux et la Conférence de l'A. F. I. P. S., vol. XXXVI, 1970, Spring Joint Computer Conference, Montvale, N. J., A. F. I. P. S., 5 au 7 mai, Atlantic City, pp. 581 et 587.

Les aspects technologiques de la téléinformatique

Royaume-Uni⁸⁰ ont fait progresser notablement les connaissances en ce domaine. Le sous-ensemble de commutation compris dans le projet de réseau de télétransmission de données du Royaume-Uni repose sur les recherches de Davies.

Il est peu probable qu'un système de commutation de messages puisse être aussi économique qu'un système de commutation rapide de lignes. Toutefois, étant donné sa capacité supplémentaire, il pourrait être utile comme complément, même si le commutateur rapide était réalisé. Et, à brève échéance, il pourra offrir un service qui n'existerait pas autrement. Le Réseau téléphonique transcanadien a entrepris des recherches sur la possibilité de mettre sur pied au Canada un système public de commutation des messages par ordinateur. Les compagnies de téléphone et de télégraphe offrent généralement ce service, au Canada, à des fins privées.

3. Circuits locaux

Comme nous l'avons mentionné au début de la section sur les télécommunications, les circuits locaux absorbent quelque 37 p. 100 des immobilisations des sociétés exploitantes. On ne peut guère escompter de réductions sensibles des coûts dans ce domaine pour la décennie à venir, mais il est probable que la demande tendra à faire accroître le potentiel des circuits locaux pour acheminer l'information. Au Canada on a fait des études préliminaires sur les systèmes commutés à large bande, mais la période couverte par la présente étude ne laisse pas entrevoir de réseau « toutes télécommunications » de cette nature. Les considérations ci-après sur les circuits de câbles jumelés et de câbles coaxiaux sont tirées de l'étude de la Télécommission 4a⁸¹ :

« a) *Distribution par câble bifilaire*

Dans la technologie des câbles bifilaires, trois catégories fondamentales offrent des solutions.

- (1) Les câbles ordinaires à paires torsadées tels qu'on les trouve aujourd'hui dans les circuits de distribution sont économiques et permettraient un débit beaucoup plus élevé que celui qu'on utilise actuellement. Chaque paire permettrait une transmission unidirectionnelle à environ 1.5 mégabit par seconde avec des répéteurs espacés de 1.15 mille. Des

⁸⁰D. W. Davies, *The Principles of Data Communication Network for Computer and Remote Peripherals*. Procès-verbaux du Congrès de l'I. F. I. P., vol. II, *Hardware Applications Edinburgh*, 5 au 10 août 1968, Amsterdam, Pays-Bas, North-Holland, 1969, pp. 709-715.

⁸¹Ministère des Communications, ouvrage cité, pp. 44 et 45.

systèmes de distribution à courants porteurs utilisant des circuits intégrés et des filtres numériques pourraient se révéler économiques entre 1975 et 1980 tout en assurant une meilleure transmission. Entre 1975 et 1980, la mise en service d'un nouvel appareil téléphonique à signalisation et contrôle par tonalités, à faible courant de boucle, ou même à alimentation à distance, pourrait considérablement réduire le calibre des fils et, partant, le coût des installations de distribution.

- (2) Des câbles bifilaires de faible capacité, semblables à ceux utilisés dans les installations de transmission à courte distance, pourraient aussi être mis en service pour permettre un débit d'information plus élevé. D'après le niveau actuellement accessible, on peut envisager des installations à 6.3 mégabits par seconde avec des répéteurs numériques espacés de 2.5 milles.
- (3) Si on a besoin de débits d'information plus élevés, on peut aussi utiliser des types de câbles à paires hautement symétriques qui répondraient à ces besoins ou permettraient un plus grand espacement des répéteurs. Les sociétés exploitantes de télécommunications ont une longue expérience de ce genre de câbles.

Dans le passé, les frais de commutation étaient plus élevés que les frais de transmission. Aujourd'hui, les frais de la commutation locale sont comparables à ceux de la distribution. À mesure que les appareils de commutation deviendront plus petits et moins coûteux durant la période de 1980 à 1985, il devrait être possible de décentraliser les matrices de commutation. Cela pourrait favoriser la distribution par câbles bifilaires, car les circuits d'abonnés seraient ainsi beaucoup plus courts et on ferait un meilleur usage des voies d'acheminement entre matrices de commutation. La diminution de la longueur du câble supprimerait les répéteurs individuels des circuits d'abonnés pour les installations à large bande et éviterait les problèmes des courants longitudinaux présents dans les câbles coaxiaux.

« b) Systèmes à câbles coaxiaux

Il existe deux possibilités pour les systèmes de distribution par câbles coaxiaux : la boucle coaxiale et le système coaxial commuté à câbles individuels.

- (1) On pourrait réaliser le système de distribution à boucle coaxiale soit en multiplexage par partage des fréquences, soit en multiplexage par partage du temps. Un gros tube coaxial à large bande sillonnerait une agglomération en reliant environ 200 abonnés

Les aspects technologiques de la téléinformatique

avant de revenir à son point de départ. La même installation pourrait fournir des services unidirectionnels tels que la télévision et la radio AM et FM, et des services bidirectionnels tels que la visiophone, le téléphone et la transmission de données. Les études de prix de revient actuellement en cours indiqueront sans doute qu'un tel système n'est économique que s'il assure simultanément un grand nombre de services. De plus, il ne serait pas aussi intéressant dans les régions à faible population que dans les régions métropolitaines.

- (2) La distribution individuelle commutée par câble coaxial est la deuxième possibilité. On utiliserait un câble coaxial miniature au lieu du câble bifilaire dans le réseau de distribution. À la différence du câble bifilaire, le câble coaxial n'est pas facile à épisser ni à dérouter après la mise en place. Selon le degré réalisable de décentralisation de la commutation, ce système pourrait avoir des applications si on veut distribuer simultanément tous les genres d'information (visiophone, téléphone, télévision, radio FM, etc.)

Chacun des deux systèmes exigera un matériel électronique fiable et à bon marché. Bien qu'on apportera des améliorations dans les domaines de l'encombrement et du prix de revient pendant la période de 1970 à 1980, les principaux perfectionnements seront rendus possibles grâce aux circuits intégrés à grande échelle et aux filtres numériques au cours de la période de 1980 à 1985. »

Il s'est fait quelques expériences, notamment aux États-Unis, sur l'emploi du télécâble comme moyen de communication bidirectionnelle. Certes, ce dispositif ne s'adapte pas commodément aux liaisons arbitraires entre abonnés, mais il ne serait pas exagérément difficile de fournir aux abonnés une ligne de retour à une source centrale (qui pourrait être un ordinateur). On a eu recours à divers systèmes expérimentaux pour solliciter la réaction de l'abonné au contenu d'un programme et pour lui permettre une certaine participation. Guité⁸² a relaté quelques expériences de cette nature.

⁸² Jean-Michel Guité, *Le télécâble et la rétroaction du citoyen avec le gouvernement*, coll. « Études », vol. 3, Ottawa, Information Canada, 1971.

En extrapolant des chiffres relatifs aux États-Unis⁸³, nous situerions entre 11 000 et 12 000 pieds la longueur moyenne du circuit local au Canada. La figure 16 indique le coût du circuit moyen d'après la longueur pour le réseau téléphonique général. Quant à la répartition selon la longueur, elle est illustrée par la figure 17. Le circuit local moyen a une longueur de 1,35 fois la distance en ligne directe entre le central et le poste de l'utilisateur.

4. Les modems

Les modems ou modulateurs-démodulateurs assurent la liaison entre les installations informatiques (ordinateurs et terminaux) et le réseau commuté à fréquence vocale de la société exploitante. Selon une règle empirique, le prix de revient des modems serait d'un dollar par bit-seconde⁸⁴. Un modem de 2 000 bits-seconde se vendrait donc \$2 000. Mais dans la pratique ce prix varie sensiblement selon les caractéristiques désirées. L'état des lignes servant à la transmission ou à la réception peut aussi intervenir.

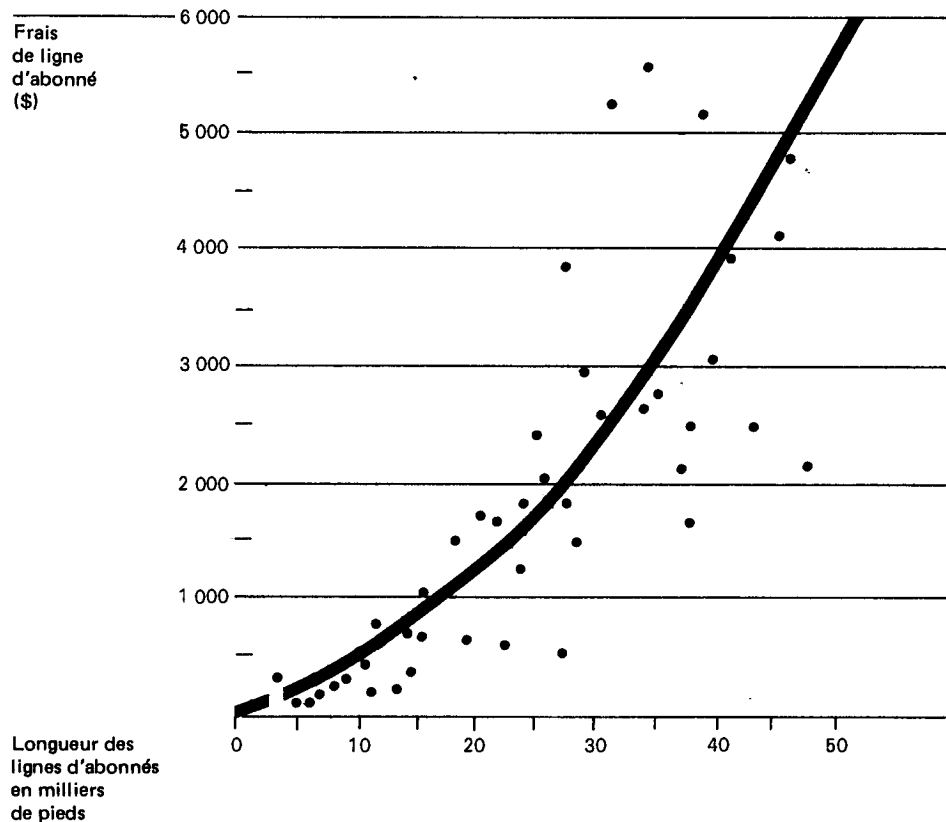
D'une manière générale, la télétransmission de données par le réseau commuté s'effectue au Canada à 2 000 bits-seconde ou moins. La transmission par ligne à fréquences vocales en location, à un rythme de 4 800 bits-seconde, est assez répandue aujourd'hui; on atteint parfois, pour ces circuits, un débit de 9 600 bits-seconde, mais alors les modems sont coûteux.

Lorsqu'on adoptera la transmission numérique pour les circuits locaux (comme le projetait le Réseau téléphonique transcanadien pour 1973), les modems proprement dits ne feront plus partie du service. Mais il faudra toujours un dispositif de liaison pour protéger les installations des sociétés exploitantes et pour fournir des impulsions de synchronisation. On pourra aussi avoir besoin d'un dispositif de composition automatique pour les lignes non louées. Le prix de revient de la liaison devrait être de beaucoup inférieur à celui du modem, mais il n'existe pas de calculs sur ce point.

⁸³H. Clinton et J. William Lally Davis, « Systems Engineering Survey of Subscriber Loop Plant », *IEEE Transactions on Communication Technology*, vol. COM-XIX, n° 1, février 1971, pp. 71-79; Philip A. Gresh, « Physical and Transmission Characteristics of Customer Loop Plant », *Bell System Technical Journal*, vol. XLVIII, n° 10, décembre 1969, pp. 3337-3385.

⁸⁴Frederick R. Cronin, « Modems and Multiplexers — What They Do for Data Communications », *Data Processing Magazine*, vol. XII, n° 12, novembre 1970, pp. 31-34.

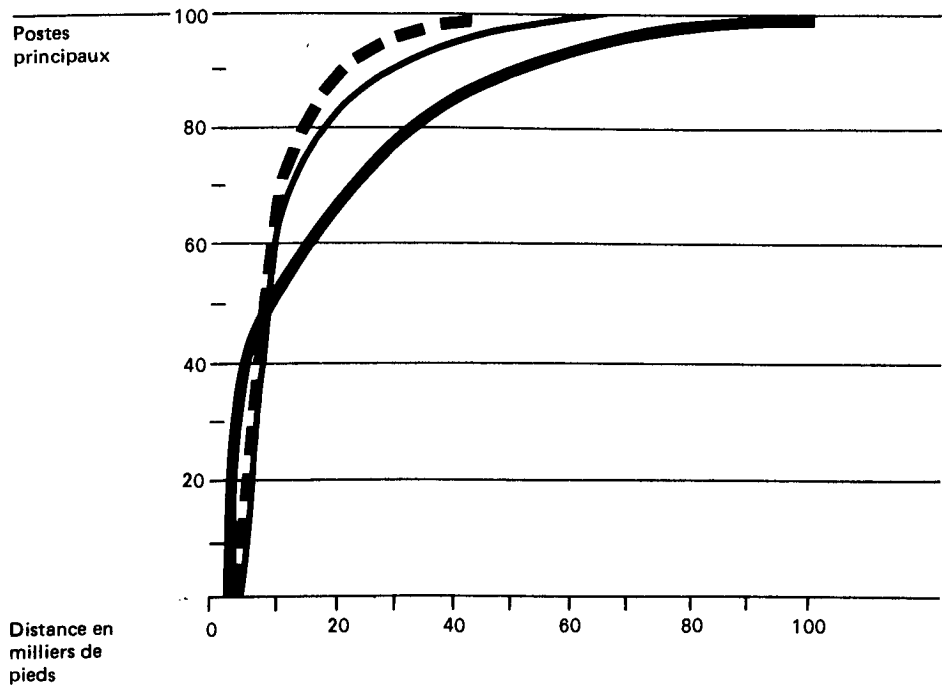
Figure 16
Coût par ligne d'abonné






Source : Devis et Lally*

Clinton H. Devis et William J. Lally, « Systems Engineering Survey of Subscriber Loop Plant », *IEEE Transactions on Communication Technology*, vol. COM-19, n° 1, février 1971, pp. 71-79.

Figure 17
 Longueur de voie entre le bureau central et un poste téléphonique choisi au hasard



Exactitude moyenne et à 90 %

		
R. E. A.	Bell	Général
$3,4 \pm 0,2$ mille	$2,0 \pm 0,1$ mille	$2,2 \pm 0,1$ mille

SOURCE : Davis et Lally*
 * Clinton H. Davis et William J. Lally, « Systems Engineering Survey of Subscriber Loop Plant », *IEEE Transactions on Communication Technology*, vol. COM-19, n° 1, février 1971, pp. 71-79.

Bibliographie

Doyle, F. J. et Goodwill, D. Z., *An Exploration of the Future in Medical Technology*, Montréal, Bell Canada, mars 1971.

Graham, W. R., *The Impact of Future Developments in Computer Technology*, n° P4401 du document, Californie, Rand Corporation, juin 1970.

Hartley, G. C., « Opportunities and Problems of Synchronous Networks », *IEEE International Conference on Communications*, Montréal, 1971, pp. 31-5 à 31-9.

Helliwell, J. F., Shapiro, H. T., Sparks, G. R., Stewart, I. A., Gorbet, F. W. et Stephenson, D. R., *Bank of Canada, Staff Research Study No. 7 : the Structure of RDX2*, Ottawa, Ontario, Banque du Canada, 2 volumes, 1971.

Johnson, R. R. « Needed : a Measure for Measure », *Datamation*, vol. XVI, n° 17, 15 décembre 1970, pp. 22-30.

Sharp, D. E., « Minis Are Outstripping the Maxis in Computer Marketplace », *Canadian Datasystems*, vol. II, n° 11, november 1970, pp. 32-38.

