

Un service public de commutation de données par paquets

par Philippe Picard

L'Administration française a lancé, en février 1975, un appel d'offres avec concours devant permettre l'ouverture, courant 1977, d'un service public de commutation de données par paquets : pourquoi, comment, et dans quel contexte général ?

Pourquoi un réseau public
de commutation de données ?

• Il peut être utile de résumer brièvement l'état actuel du développement des transmissions de données en France (tableau 1) :

— Plus des deux tiers des installations terminales de téléinformatique (de l'ordre de 17 000, fin 1974) sont connectés à des liaisons spécialisées, le dernier tiers seulement utilisant les réseaux publics commutés existants (téléphone, télex, Caducée).

— Les liaisons spécialisées, louées par l'Administration, sont en général intégrées dans des « réseaux privés » complexes, conçus pour respecter certaines contraintes de performances techniques (débit binaire, temps de réponse), mais également dans un souci d'optimisation économique (en effectuant des « concentrations » de trafic). Cette organisation en réseaux privés est plus ou moins intéressante et nécessaire selon la dimension des systèmes (mesurée en nombre de terminaux et en extension géographique) et selon la nature du trafic, lui-même fonction de la typologie de l'application envisagée (en particulier, les applications conversationnelles exigent des temps de réponse de l'ordre de quelques secondes, donc des débits binaires instantanés relativement élevés; par contre, l'émission des données est intermittente, ce qui permet

un partage des supports de transmission grâce à une utilisation judicieuse de la statistique des « taux de silence » propre à chaque terminal).

• La situation actuelle, caractérisée par une certaine « balkanisation » des systèmes de téléinformatique, en général fermés et incompatibles deux à deux, est loin d'être satisfaisante : duplication d'efforts de la part des organismes (sociétés privées ou publiques, administrations) se bâtissant leur propre système de transmission de données sans que cela soit leur vocation principale, difficulté de communication entre systèmes, accès aux applications performantes réservé aux grands organismes, et même, à l'échelle d'un réseau ayant une grande étendue géographique, quasi-impossibilité de réaliser un maillage et une redondance suffisants, donc de respecter une fiabilité élevée...

• L'existence d'un réseau public de commutation de données devrait permettre de pallier en grande partie les inconvénients de la situation actuelle.

Par contre, la réalisation d'un tel réseau public est soumise à un grand nombre de sujétions :

— Nécessité d'être compétitif (aussi bien au plan des performances techniques que du point de vue tarifaire) avec les grands réseaux privés, existants ou en cours de réalisation, dont chacun est optimisé et bien adapté à un ensemble d'applications déterminées; sinon, il y aurait le risque d'écroulement des trafics les plus rentables et le réseau public n'acheminerait que des trafics marginaux.

— Respect de normes strictes de qualité de

Liaisons spécialisées	TE PH
Réseaux commutés	T

Installati

service
nibilité
de cha
matière

— L
l'accès

— A
aussi b
les logi
ticiens -
reconnu

— H
pays, a
avec le

Que

• Les
niques
public d
classique

— La
téléphon
une fois
tion ter
mation,
n'étant s

TOTAUX 11 594

Liaisons spécialisées	TELEGRAPHIQUES 125	TELEGRAPHIQUES 1 237 TELEPHONIQUES 1 195 TRANSPLEX 110	TELEPHONIQUES 5 208	QUALITE SUPERIEURE 2 593 BANDE DE BASE 1 022	GP 30	MIC 34
	50 bits/s	200	600/1 200	2 400/4 800/9 600	48/64/72 Kbits/s	2 Mbits/s
Réseaux commutés	TELEX 47	TELEX 401 TELEPHONIQUES 3 284	TELEPHONIQUES 1 271	CADUCEE 435		
TOTAUX 5 438						
TOTAL GENERAL 17 032						

Installations terminales de transmissions de données (situation au 31-12-74).

service (celle-ci étant mesurée par le taux de disponibilité, la stabilité des performances aux variations de charge de trafic, un délai « convenable » en matière de réalisation des raccordements).

— Déploiement suffisamment rapide, permettant l'accès au réseau sur l'ensemble du territoire.

— Adoption de normes de raccordement, portant aussi bien sur les « interfaces physiques » que sur les logiciels, qui soient acceptées par les informaticiens — constructeurs et utilisateurs — et qui soient reconnues sur le plan international.

— Harmonisation avec les projets des autres pays, afin de pouvoir rapidement s'interconnecter avec les réseaux publics étrangers similaires.

Quelle technique choisir ?

• Les premières réflexions portant sur les techniques de commutation utilisables dans un réseau public de données se sont inspirées des deux familles classiques de commutation.

— La commutation de « circuits », utilisée en téléphonie, en télex (et dans « Caducée »), permet, une fois la phase d'établissement de la communication terminée, un échange « transparent » d'information, l'intelligence des commutateurs traversés n'étant sollicitée que pendant les phases de signali-

tion (à l'établissement et à la rupture des communications).

— Dans la commutation de « messages », applicable par exemple au service télégraphique, chaque séquence d'information transmise (ou message), composée de caractères alphanumériques, est mémorisée et analysée par chaque commutateur traversé. Cette commutation impose aux séquences de caractères transmis un « format » permettant aux commutateurs traversés d'identifier les informations de signalisation, en particulier les adresses des destinataires. Elle a l'avantage de permettre une bonne concentration de trafic (surtout dans le cas de terminaux à fort taux de silence) et conduit donc à une bonne utilisation des moyens de transmission.

Contrairement à la commutation de circuits qui permet, une fois la communication établie, un délai de propagation négligeable et constant, la commutation de messages introduit un retard, variable en fonction de la longueur des messages, et dû au cumul des temps de mémorisation et de retransmission introduits par chaque commutateur traversé.

• L'adaptation de ces techniques à la téléinformatique a donné lieu à de nombreuses études et réalisations pilotes dans la plupart des pays occidentaux. Résumons celles qui ont été entreprises en France :

— Le CNET a étudié les principes des deux « filières » que l'on pouvait faire dériver de la commutation classique. D'une part, en utilisant les éléments de base de la commutation téléphonique temporelle, on débouche sur une commutation de

« circuits » de données transparente et très performante. D'autre part, en adaptant les principes de la commutation de messages aux performances exigées par la téléinformatique et en tronçonnant les données en courtes séquences de longueur fixe ou « paquets », on obtient la commutation de paquets, qui garantit des délais de transport courts et quasi constants.

Une maquette de commutateur temporel de données est en cours de réalisation au CNET, en étroite liaison avec les études relatives au multiplexage temporel de données sur supports numériques.

La commutation de paquets, qui nécessite principalement des développements de logiciel, a pu être plus rapidement expérimentée dans le cadre d'un service pilote : le réseau « RCP ». Développé par une équipe du CCETT, il a été mis en service au début de cette année.

— L'IRIA, en partant d'un objectif de recherches sur l'interconnexion d'ordinateurs hétérogènes et sur les banques de données réparties (le projet Cyclades), a également été conduit à utiliser un concept de commutation de paquets voisin du précédent.

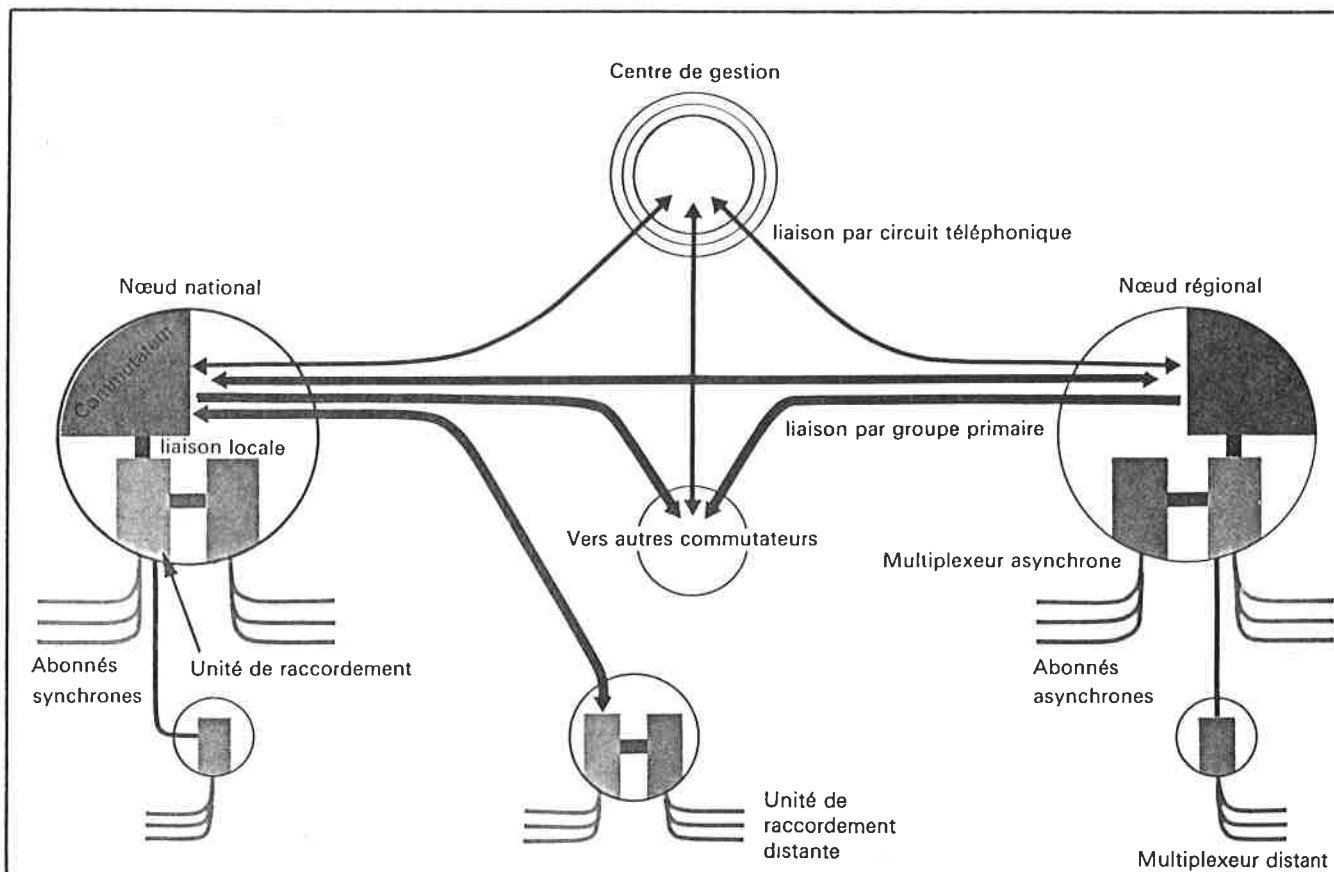
• Ces diverses études et expérimentations ont conduit aux conclusions suivantes. La commutation de circuits temporelle appliquée aux données pourra être introduite à moyen terme, en bénéficiant

de l'évolution générale des techniques utilisées dans le réseau général téléphonique. Par contre, la commutation de paquets permet d'envisager, dans des délais relativement rapprochés, la création d'un réseau public ayant, en particulier, la souplesse d'évolution technique suffisante pour s'adapter aux besoins non encore parfaitement figés ni normalisés de la téléinformatique.

A l'étranger, la commutation de paquets a également donné lieu à de nombreux projets et développements. Si le réseau ARPA (aux Etats-Unis) peut être considéré comme le projet de recherche qui a lancé la commutation par paquets, on peut maintenant citer des services publics de commutation de données par paquets en préparation dans de nombreux pays, notamment en Grande-Bretagne (EPSS), au Canada (DATAPAC, annoncé pour 1977), aux Etats-Unis (TELENET).

L'appel d'offres et les conditions de lancement

• Dans le cadre de l'appel d'offres lancé en février 1975 (réponses définitives pour le 11 juillet 1975), devront être choisies la ou les sociétés



Organisation générale du réseau.

capables de proposer les prestations suivantes :

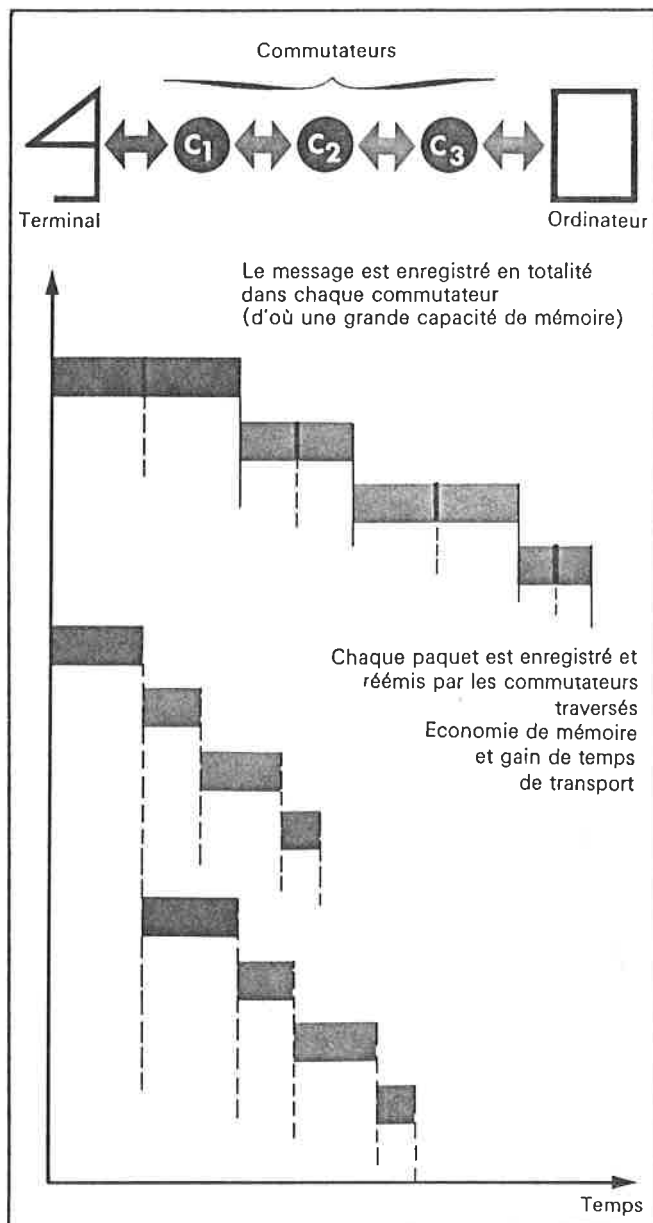
— Fourniture (comprenant éventuellement certaines études) des ordinateurs de commutation. Il est prévu, dans une première phase, six nœuds de commutation avec, rapidement, la possibilité d'implantation de commutateurs supplémentaires.

— Etude et réalisation des logiciels de commutation et de raccordement.

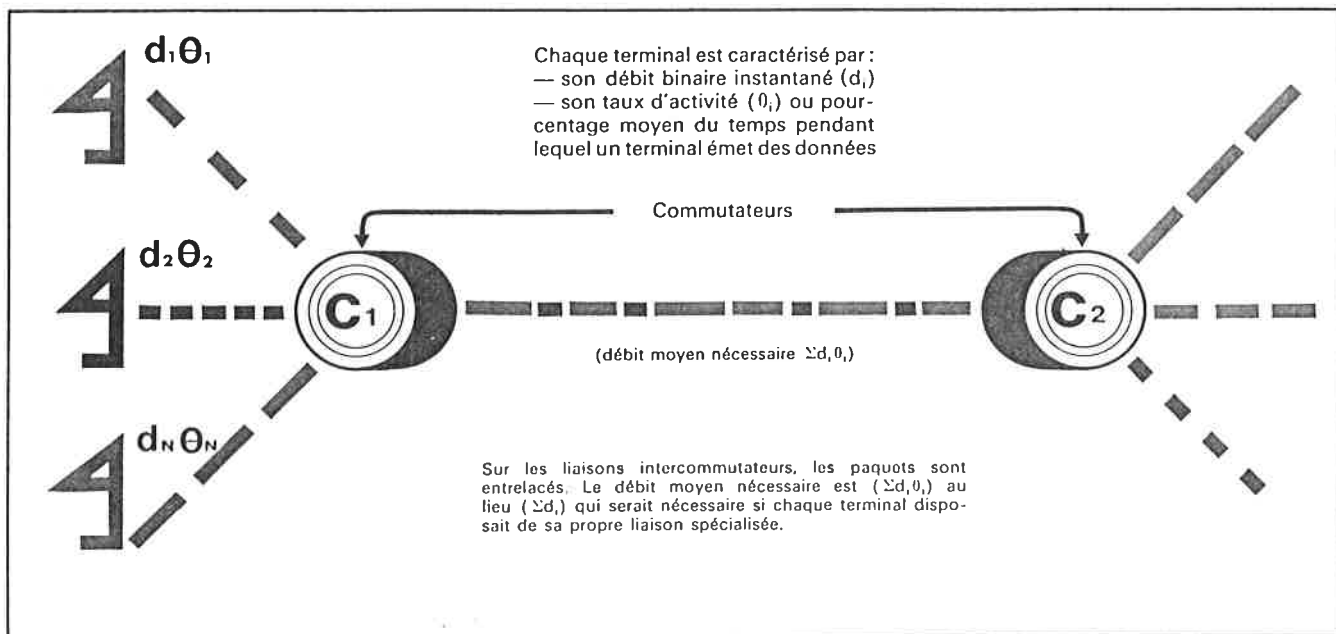
— Prestations diverses comprenant, en particulier, les chantiers d'installation, l'assistance à la formation du personnel d'exploitation, la maintenance des matériels.

De nombreuses sociétés sont concernées par cet appel d'offres : constructeurs d'ordinateurs, industriels des télécommunications, sociétés de services en informatique, entreprises d'ingénierie..., et l'Administration s'attend à des soumissions regroupant plusieurs sociétés à vocations complémentaires. Dans un souci d'efficacité, il a été demandé de prévoir la réalisation des travaux dans le cadre d'une maîtrise d'œuvre unique, l'Administration restant bien entendu maître d'ouvrage.

D'autres consultations, séparées du précédent appel d'offres, doivent permettre l'approvisionnement de certains matériels spécifiques de transmis-



Comparaison schématique : commutation de messages - commutation de paquets.



Commuation de paquets et bonne utilisation des circuits.

sion et de distribution (multiplexeurs, modems).

• Afin d'être en mesure de gérer dans de bonnes conditions les opérations de lancement de ce service, la direction générale des télécommunications a été conduite à créer, sous la direction d'un chef de projet, une **équipe permanente** capable de prendre en charge l'ensemble des domaines technique, opérationnel, économique, tarifaire et commercial...

sans oublier les actions internationales. Cette équipe, installée partiellement à Paris et partiellement à Rennes, comprend des représentants de la DGT, du CNET, du CCETT et de la DTRN. Elle est supervisée par un **comité directeur**, auquel sont soumises les décisions ou options importantes, et qui est composé de représentants du service public des télécommunications, ainsi que du ministère de

	Réseau commuté	Liaisons spécialisées
Asynchrones	Télex	50
	Réseau commuté téléphonique	200
	Réseau téléphonique commuté	600-1 200
Synchrones		Liaisons téléphoniques
		Liaisons téléphoniques
		Liaisons téléphoniques (bande de base)
		en local
		Groupe primaire (ou bande de base)

Types de raccordements permettant d'accéder au réseau.

Nœud	Puissance installée en première phase
*Paris I	500
*Lyon I	500
*Rennes	100
*Toulouse	250
*Marseille	100
Paris II	500
Lille	100
*Orléans	100
Nancy	100
Dijon	100
Bordeaux	100
Nantes	50
Rouen	50

Liste et puissance des commutateurs prévus

(exprimée en kilobits par seconde) commutés à l'heure de pointe (les * correspondent aux six premiers commutateurs installés à l'ouverture)

Quelques principes et définitions concernant la commutation de paquets

• L'information à transmettre est découpée en « paquets » de longueur fixe et déterminée. Chaque paquet contient, en plus de l'information utile à transmettre, des informations de signalisation, en particulier les adresses des correspondants (émetteur et destinataires).

Deux catégories de services sont possibles : les « datagrammes » et les « circuits virtuels ».

• **Datagramme** : court message, composé d'un seul paquet et transmis de façon autonome, sans référence à un quelconque autre datagramme précédemment ou ultérieurement échangé entre les deux installations terminales mises en relation.

Si un long message nécessite l'envoi de plusieurs paquets, l'ordre d'arrivée de ceux-ci n'est pas systématiquement celui de l'émission. Sauf pour les applications portant sur l'échange de messages courts pouvant être contenus dans un seul paquet, l'utilisation du service « datagrammes » implique donc que les correspondants établissent des « conventions d'échange » ou protocoles, permettant notamment de rétablir l'ordre d'émission des paquets. Mais, comme le réseau ne peut prendre totalement en charge les asservissements d'échange d'information entre les correspondants, ni les contrôles de cogestion interne, il peut arriver que soient supprimés des datagrammes restés trop

longtemps en file d'attente; d'où la possibilité de perte d'informations.

C'est pour remédier à certains de ces inconvénients qu'a été développée la notion de « circuit virtuel ».

• **Circuit virtuel** : connexion virtuelle établie entre deux installations terminales pour la transmission de messages composés de séquences de paquets. L'ordre des paquets est respecté et il ne peut y avoir de perte de données du fait de l'encombrement du réseau.

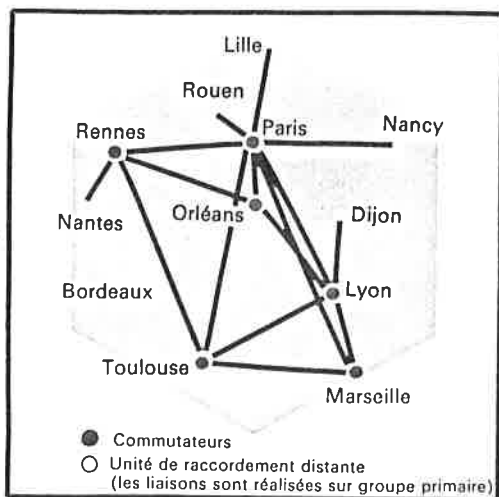
De façon analogue à la commutation de circuits, ce type de service implique, préalablement à l'échange de données, qu'une séquence d'établissement de circuit virtuel ait été exécutée. Cette séquence se traduit par l'envoi d'un appel de la part du terminal « appelant » répercuté par le réseau au terminal « demandé ». Le réseau, connaissant alors les caractéristiques des deux installations mises en présence, peut prendre en charge la supervision des échanges et assurer le contrôle, la mise en ordre des paquets et la régulation du trafic en cas d'engorgement du réseau ou de la station terminale réceptrice.

• La commutation de paquets, dotée d'une souplesse d'adaptation et d'évolution, présente de

l'industrie et de la recherche.

Enfin, pour commercialiser des services aussi variés et complexes que ceux de Transpac, une concertation efficace devait être organisée avec les futurs utilisateurs. D'où la constitution d'un groupement d'intérêt économique — le **GERPAC** — : l'administration y est associée à un échantillon significatif de grands organismes et entreprises,

clients potentiels du réseau, dans le but d'étudier, en particulier, les problèmes spécifiques de raccordement posés par les systèmes informatiques des membres du groupement.



Topologie du réseau à l'ouverture (1977)

Membres fondateurs du GERPAC

Banque de France
Commissariat à l'énergie atomique
Crédit Agricole
Pechiney Ugine Kuhlman
Saint Gobain - Pont-à-Mousson
Air France
Société Générale
Crédit Lyonnais
Banque Nationale de Paris
Électricité - Gaz de France

nombreux avantages d'utilisation :

— Possibilité de conversion de vitesse, de procédure de ligne et de code.

— Mise en relation d'installations terminales hétérogènes, notamment de débits différents.

— Possibilité, pour un ordinateur, de gérer par un seul accès physique au réseau un grand nombre d'échanges simultanés avec des terminaux différents.

— Bonne utilisation des moyens de transmission interurbains.

• Par ailleurs, l'utilisation d'un service de commutation de paquets implique le développement de logiciels d'adaptation au niveau des systèmes utilisateurs, capables de prendre en charge la gestion :

- des procédures de transmission,
- de l'établissement des communications virtuelles,
- du découpage en paquets.

Dans certains cas cependant, le réseau peut convertir lui-même les protocoles particuliers d'une installation terminale en protocole standard interne au réseau.

Réseau Transpac et sécurité de l'information

• La sécurité de fonctionnement et la protection contre les pannes ou interruptions de service dues à des défaillances internes seront largement assurées dans le réseau Transpac, grâce en particulier aux moyens suivants :

— grande aptitude au « maillage » des artères de transmission entre commutateurs; ainsi, en cas de nécessité, on disposera d'itinéraires de rechange;

— possibilité, pour les centres de calculs importants, de doubler leur accès au réseau;

— commutateurs à structure redondante (bi- ou multiprocesseurs), ce qui leur garantira une fiabilité élevée.

• Le secret de l'information et la protection contre les erreurs fortuites ou les malveillances posent des problèmes plus délicats, qui ne sauraient être à la charge ou sous la responsabilité exclusives de l'exploitant du réseau.

Côté réseau, un service particulier est prévu : « accès réservé à un groupe défini d'abonnés »; en ce cas, seuls les terminaux autorisés auront accès aux centres « protégés ».

Côté utilisateurs, les transmissions hautement confidentielles pourront toujours être codées et cryptées par n'importe quel procédé, le réseau n'imposant aucun code particulier au niveau des données. De même, s'il s'agit de protéger des programmes ou des fichiers contre l'interrogation de terminaux ou ordinateurs non autorisés, le centre de traitement devra inclure dans ses protocoles tous dispositifs ou procédures d'identification jugés nécessaires.