Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe

Band: 58 (1980)

Heft: 2

Artikel: Commutation de messages à l'aide de processeurs

Autor: Jaquier, Jean-Jacques

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-875865

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 25.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Commutation de messages à l'aide de processeurs

Jean-Jacques JAQUIER, Berne

621.394.346::65.011.56:681.327.8

Meldungsvermittlung mit Prozessoren

Zusammenfassung. *Der Autor beschreibt die historische Entwicklung der Meldungsvermittlung von den ersten von Hand betriebenen Anlagen bis zu den prozessorgesteuerten Systemen. Die Funktionen und Eigenschaften eines Vermittlungszentrums sowie die verschiedenen Aufbaumöglichkeiten der Hardware werden erläutert. Die Struktur der Software, die Frage der Zuverlässigkeit und die Mittel, die es erlauben, einen unterbruchlosen Betrieb zu gewährleisten, sind ebenfalls behandelt. Schliesslich wird gezeigt, dass die Übertragungsnetze für die Paketvermittlung die logische Folge der Meldungsvermittlung sind.*

Résumé. *L'auteur décrit le développement historique de la commutation de messages, en partant des installations manuelles pour arriver aux systèmes commandés par processeurs. Les fonctions et caractéristiques d'un centre de commutation sont énoncées et les différentes configurations du matériel sont présentées. La structure du logiciel est abordée. Le problème de la fiabilité est traité, ainsi que les techniques permettant d'assurer la continuité d'exploitation. Pour terminer, on montre que les réseaux de commutation par paquets sont une évolution logique des techniques de commutation de messages.*

Commutazione automatica di messaggi per mezzo di processori

Riassunto. *L'autore descrive l'evoluzione storica della commutazione di messaggi, che va dai primi impianti azionati a mano ai sistemi comandati da processori. Spiega inoltre le funzioni e le proprietà di un centro di commutazione e le diverse possibilità di costruzione del hardware. L'autore tratta la struttura del software, la questione in merito all'affidabilità e ai mezzi che garantiscono l'esercizio ininterrotto. Dimostra, per concludere, che le reti di commutazione a pacchetto sono la conseguenza logica della commutazione di messaggi.*

1 Introduction

La forme de communication la plus répandue et la plus proche de la commutation de messages (CDM) est le trafic postal. Il présente en effet de nombreuses analogies avec la commutation de messages

- le trafic est unilatéral (simplex)
- le message est emmagasiné à plusieurs reprises
- les exigences temporelles de livraison du message sont relativement peu élevées (pas de «temps réel» au sens informatique du terme)
- les offices postaux ont une structure hiérarchique pour rationaliser les opérations et les frais de transport
- à chacune des étapes de l'acheminement du courrier, on a emmagasinage et retransmission vers l'avant (store and forward)
- les clients peuvent exiger qu'il subsiste une trace de l'acheminement de la lettre dans le réseau (envoi recommandé)
- il existe des priorités dans la livraison des lettres (envoi urgent ou exprès)

2 Développement historique du télégraphe

Le télégraphe a été le premier moyen de télécommunication permettant d'accélérer l'échange des communications sur des longues distances. Le prix des câbles constituant un des éléments essentiels du prix des liaisons télégraphiques, on a cherché, en particulier aux Etats-Unis, à appliquer les mêmes principes que ceux du trafic postal (centre de tri) en créant des centres de commutation reliés à des réseaux étoilés permettant de réduire les longueurs effectives des circuits *(fig. 1* et *2)*.

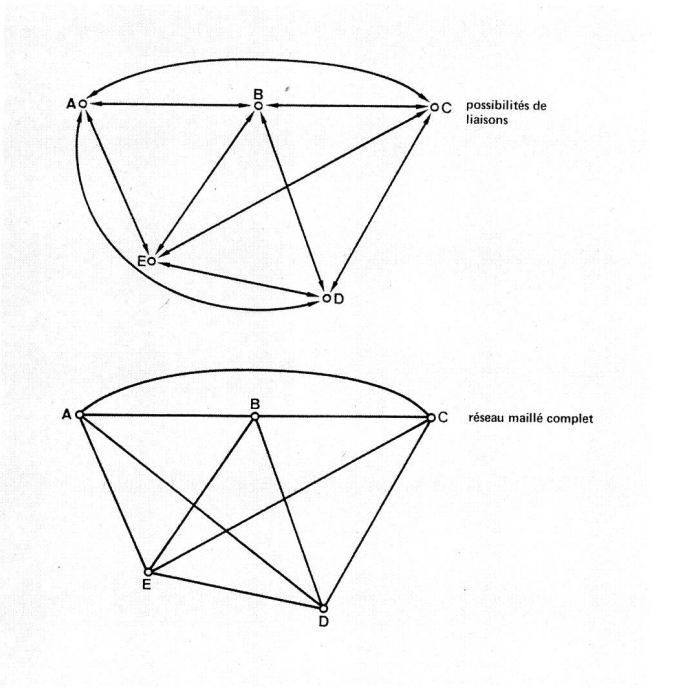


Fig. 1
Réseau avec liaisons directes

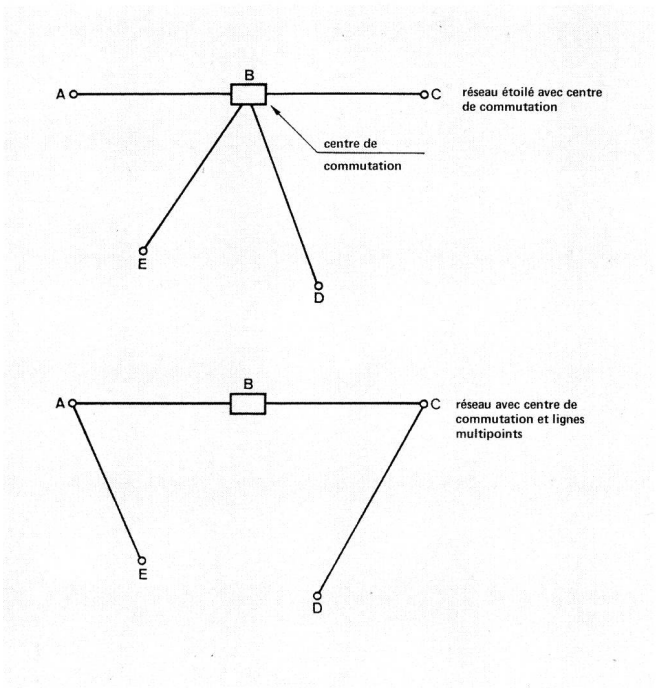


Fig. 2
Réseau avec centre de commutation

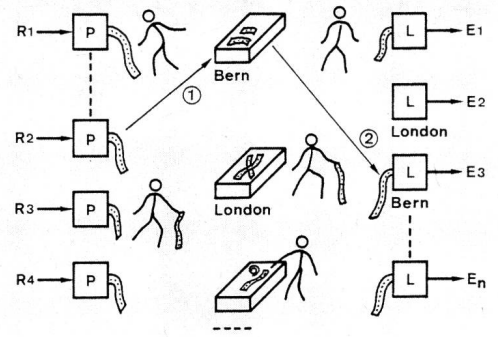


Fig. 3
Centre manuel de commutation de messages (paper-tape torn system)
P Perforateur
L Lecteur

3 Evolution des centres de commutation

Les premiers centres de commutation de messages étaient manuels et leur exploitation demandait beaucoup de personnel (paper-tape torn systems, *fig. 3)*. Les premières mesures de rationalisation ont visé à obtenir des centres semi-automatiques *(fig. 4)*.

31 Remplacement des bandes de papier par des mémoires magnétiques

On a cherché à améliorer les systèmes électromécaniques par des équipements électroniques et des mémoires magnétiques. On l'a fait tout d'abord en incorporant des mémoires magnétiques sur les circuits de sortie *(fig. 5, cas A)*, afin de libérer l'opérateur pour un autre travail en cas d'occupation du circuit de sortie ou de la création de télégrammes à copies multiples. Ensuite, l'inclusion d'une mémoire magnétique sur les circuits d'entrée a permis d'éliminer complètement les bandes perforées, les en-têtes des messages étant imprimés sur des moniteurs pour que l'opérateur puisse effectuer la commutation d'acheminement (fig. 5, *cas B)*. Le dernier pas de l'automatisation consista à exécuter directement l'acheminement à l'aide d'un dispositif électronique, sans intervention d'opérateurs (fig. 5, *cas C)*.

L'effet de rationalisation est important pour les 3 étapes. La figure 5 contient les valeurs indiquées par un constructeur pour un système correspondant à celui décrit ci-dessus. En outre, il est rapidement apparu qu'au lieu de développer des matériels spéciaux, il était possible de réaliser de tels systèmes à partir de processeurs classiques capables de travailler en temps réel.

4 Application des processeurs à la commutation de messages

La *figure 6* contient un schéma de la configuration minimale qui est nécessaire pour une installation de commutation de messages. Selon le volume de messages à traiter et leur complexité (traitement, acheminement), un tel système peut être créé avec des processeurs de gammes très différentes. Le système ATECO [1,2] des PTT suisses a été réalisé avec des grosses machines de la 2e génération. En revanche, il existe actuellement sur le marché des systèmes basés sur des mini-ordinateurs

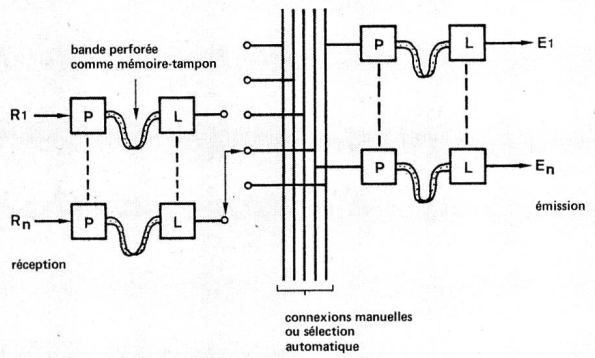
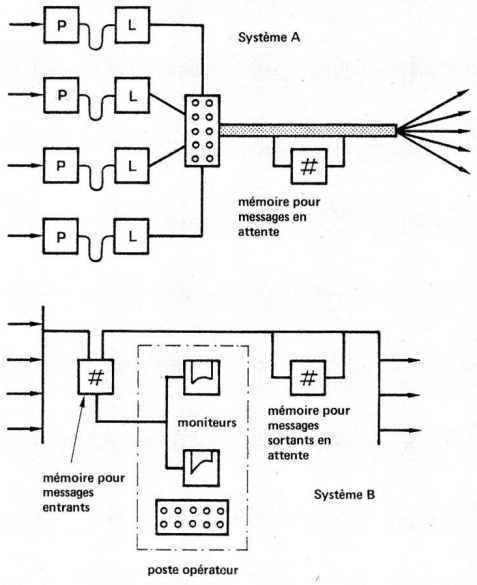


Fig. 4
Centre de commutation semi-automatique
P Perforateur
L Lecteur



Effet de rationalisation pour un centre traitant 1000 messages/h

	paper torn system	sys. A	sys. B	sys. C
opérateurs	8	6	4	0
op. service	1	1	1	1
superviseur	1	1	1	1

Fig. 5
Equipements électroniques à mémoires magnétiques
P Perforateur
L Lecteur

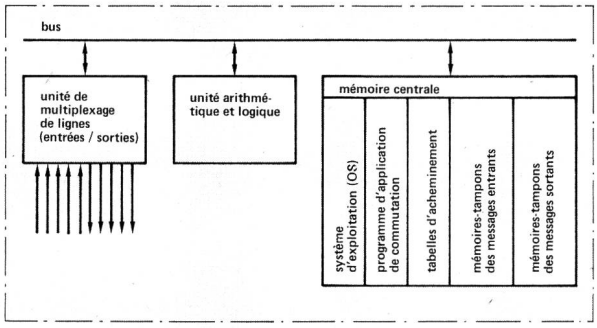


Fig. 6
Processeur à configuration minimale

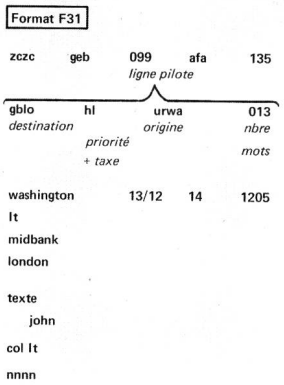


Fig. 8
Télégramme en format F 31

de relativement faible capacité. Le cas des différentes configurations sera traité au chapitre 9.

5 Caractéristiques logiques d'un message, nécessaires à son traitement

Pour pouvoir être traitées par un processeur, les données d'entrée doivent être définies selon un format aussi précis que possible. Elles doivent également comprendre toutes les informations nécessaires pour qu'on puisse réaliser le traitement désiré.

Cette situation est valable également pour les systèmes de commutation de messages. Il n'est pas possible ou extrêmement complexe de traiter des messages en format tout à fait libre. Les conditions minimales requises sont de pouvoir déterminer le début et la fin du message et repérer de façon indubitable les éléments qui constituent l'adresse du destinataire. Il est donc nécessaire de rédiger les textes selon un format bien défini. Plus les règles du format sont strictes, plus facile sera la programmation. En opposition, un format laissant trop de liberté à l'utilisateur rend la programmation plus complexe, du fait qu'il faut tenir compte des cas d'exception et des variantes possibles. Une certaine normalisation s'était déjà imposée pour rationaliser les systèmes manuels. Les changements nécessaires pour obtenir des formats traitables par ordinateur furent relativement peu importants.

La *figure 7* montre les changements intervenus dans le format des télégrammes en Suisse avec l'utilisation du système ATECO. Il n'a pas encore été possible, sur le plan international (par exemple au sein de l'UIT), d'obtenir un format normalisé unique. Pour communiquer avec l'étranger, le système ATECO utilise les formats F 12 et F 31, qui peuvent également être traités manuellement, si cela s'avère nécessaire. La *figure 8* représente le format F 31. On y distingue une caractéristique propre aux systèmes automatisés de commutation de messages. L'en-tête contient une ligne dite «pilote» qui renferme toutes les données essentielles au traitement des messages, en particulier le code d'acheminement, ce qui facilite la programmation. Pour le système ATECO, les PTT suisses ont suivi une autre voie en décidant de faciliter la tâche du personnel et non celle du processeur. Le format d'entrée ATECO ne comprend pas de ligne pilote; le fonctionnaire du télégraphe n'a donc pas à consulter une volumineuse liste de codes (environ 250 000 lieux de destination sont officiellement reconnus), mais peut écrire le lieu de destination en texte clair. Il en découle cependant un programme de traitement plus complexe, puisque le processeur doit analyser directement le lieu de destination et qu'il ne dispose pas d'un codage spécialisé pour l'aider.

Un format très fréquemment utilisé dans les dispositifs de commutation de messages privés est le format IATA, normalisé par les compagnies aériennes. Il en

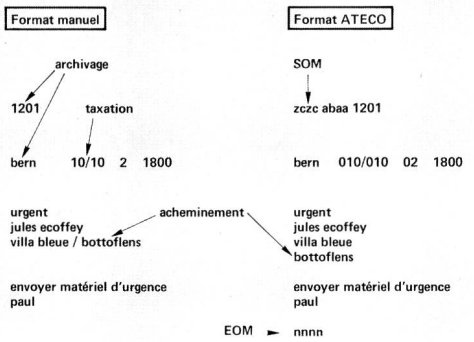


Fig. 7
Adaptation des formats des télégrammes au système ATECO

Fig. 9
Télégramme en format ATA/IATA

existe d'autres, par exemple le format ITT, qui contient seulement les indications essentielles de traitement, mais peut suffire pour des systèmes simples *(fig. 9)*.

6 Fonctions d'un centre de commutation de messages

Les tâches principales que l'on attend du processeur sont les suivantes:

- recevoir les messages en temps réel et les enregistrer pour éviter des pertes éventuelles
- analyser l'adresse et déterminer les priorités
- traduire les adresses logiques en adresses physiques (choix du circuit de transmission), en tenant compte des conditions d'acheminement (normales ou anormales)
- effectuer des conversions de formats ou de codes si cela est nécessaire
- gérer les files d'attente et l'occupation de la mémoire à l'intérieur du système
- retransmettre effectivement les messages sur les circuits de destination
- émettre éventuellement des messages de service

Les fonctions décrites ci-dessus ne font que remplacer celles qui sont effectuées dans un centre manuel. Les possibilités potentielles d'un processeur, en particulier la flexibilité qu'offre une réalisation en logiciel (software), permettent toutefois de rajouter, selon les besoins, des fonctions supplémentaires pour améliorer la qualité du service, sans avoir pour conséquence d'exiger un volume de personnel supplémentaire pour l'exploitation. Ainsi:

- le processeur permet de résoudre de façon très rationnelle le problème des adresses multiples (messages à plusieurs adresses, messages circulaires)
- le problème des adresses abrégées peut être rationalisé
- l'en-tête du message peut être analysé pour en tirer des valeurs statistiques rassemblées et traitées régulièrement par le système
- le système peut détecter les erreurs de transmission à l'émission ou à la réception (par exemple, les irrégularités lors de l'établissement de communications avec le réseau Télex ou Gentex). Il peut entreprendre des retransmissions automatiques
- le système peut détecter des erreurs de format des messages reçus. Citons, par exemple, les adresses non valides (non mentionnées dans le fichier du système) ou un non-respect de l'ordre prescrit pour les éléments de l'en-tête, etc. Selon le concept choisi, de tels messages contenant des erreurs peuvent être, soit retournés à l'expéditeur pour correction, soit dirigés sur une place d'acheminement semi-automatique (généralement une unité de visualisation) pour être corrigés avant d'être remis à nouveau au programme de traitement.
- la protection des informations contre des pertes éventuelles peut être assurée en fonction de la solution technique choisie
- l'enregistrement ou l'archivage des messages peut être fait automatiquement à court, moyen et long terme

A court terme, l'enregistrement a lieu pendant le transit du message dans le système (entre la réception et la retransmission) sur des mémoires à accès rapide (mémoire centrale, disques ou tambours à têtes fixes).

A moyen terme, les messages sont enregistrés sur une mémoire de masse à accès moyennement rapide et à plus ou moins grande capacité. Cette mémoire permet, à la demande des utilisateurs (expéditeurs ou destinataires), de rechercher les messages ayant transité dans le système (retrievals). Selon les besoins, les messages peuvent être enregistrés pour des durées variant de une à plusieurs heures (cas de l'ATECO: 48 h).

A long terme, il s'agit d'un archivage sur une mémoire de masse à accès lent et à très grande capacité, permettant la recherche de messages sur une période de trafic pouvant compter jusqu'à plusieurs mois. A cet effet, on utilise généralement des unités de bandes magnétiques

- l'archivage peut comprendre, non seulement celui du message proprement dit, mais également celui de tous les événements qui ont affecté le message ou concernent le système (logging)
- le système peut être capable, en cas de panne d'un terminal ou d'un circuit pour une destination donnée, d'exécuter un acheminement dynamique (détournement sur une position de secours) ou d'intercepter et d'archiver le message jusqu'à ce que la station de destination soit de nouveau active
- les tableaux d'acheminement peuvent contenir des éléments de routage dynamique variables, par exemple en fonction de l'heure (acheminement par télex au bureau, pendant le jour, communication par téléphone au domicile la nuit)
- le décodage des adresses télégraphiques abrégées peut être complété par l'adjonction des indications nécessaires pour l'acheminement final manuel (adresse complète, indications pour la distribution)
- le système peut gérer le réseau de télécommunications en temps réel, détecter les dérangements des terminaux et des circuits et les signaler aux opérateurs du centre, tout en tenant une statistique
- le contrôle des numéros de série sur voie à la réception et la génération automatique de nouveaux numéros pour les messages de sortie permettent d'éviter les pertes de messages en cas de pannes de circuits ou du centre de traitement
- le système peut, pour contrôler l'état du réseau, envoyer à période régulière (par exemple toutes les heures) un message demandant à chaque station d'indiquer quel est le dernier numéro de série reçu. Cela permet aux opérateurs des terminaux de savoir si le système est actif et au processeur de contrôler la bonne réception des messages
- le système peut établir automatiquement des statistiques du trafic qu'il traite
- la taxation peut être programmée dans le système
- le système peut livrer des rapports généraux périodiques sur son fonctionnement: état des facilités, charge, longueur des queues d'attente, etc., ainsi que des rapports d'exception, en cas de panne ou de dérangement interne

7 Utilisateurs des équipements de commutation de messages

Parmi les usagers et propriétaires les plus importants d'installations de commutation de messages à processeurs, on trouve les organisations officielles, par exemple l'Entreprise des PTT suisses (ATECO), les PTT suédois, le British Post Office, ou privées, telles que Radio-Suisse (COMET), ITT, RCA, ou Western Union, offrant un service télégraphique public.

Un second groupe important d'utilisateurs est constitué par les compagnies aériennes. Elles se sont groupées en Europe pour former le réseau SITA.

En outre, les banques (réseau SWIFT) et de nombreuses grandes entreprises possédant des filiales, en particulier les sociétés multinationales, ont créé également des réseaux similaires.

Dans ce contexte, une étude de marché effectuée par les PTT a montré qu'il existait un groupe de clients potentiels suffisamment grand en Suisse pour envisager la mise en place d'un service public de commutation de messages pour le réseau télex, ce qui a conduit à l'introduction du service SAM en 1979.

71 Commutation de messages pour l'usager télex

On peut se demander si la commutation de messages est utile pour l'usager du télex, vu qu'il a la possibilité d'atteindre directement tous les autres partenaires, grâce à la commutation automatique de circuits. La réponse est affirmative. En effet, on peut considérer les avantages suivants:

- procédure de sélection plus rapide. Il s'agit d'atteindre un seul numéro, celui du centre. Le numéro du destinataire effectif est contenu dans le message. Le centre se charge automatiquement de l'acheminement désiré
- message toujours accepté. Si la ligne de destination est occupée, le centre met le message provisoirement en file d'attente. Cette fonction est valable également pour les messages reçus par le centre pour l'abonné télex en question
- archivage automatique des messages par le système. Sur demande, des répétitions sont possibles (retrievals)
- possibilité de préparer de façon très rationnelle les messages à adresses multiples ou circulaires
- élimination de la procédure de sélection si l'abonné dispose d'un circuit point à point avec le centre. Toutefois, les avantages du télex sont conservés. De plus, en utilisant un circuit à haute vitesse, on peut renoncer, pour les abonnés à fort trafic, à l'utilisation de connexions multiples
- possibilité d'accepter des terminaux autres que les téléscripteurs classiques, qui peuvent être remplacés par des unités de visualisation (display), ce qui peut faciliter l'édition des textes. Un certain soutien du centre pour l'édition est envisageable. L'utilisation de terminaux travaillant avec d'autres codes que celui des téléscripteurs est possible, par exemple, avec le code ASCII. Les avantages de la commutation de messages comme prestation complémentaire au service télex peuvent être obtenus, soit en utilisant une installation publique telle le système SAM, soit, pour les gros utilisateurs, en recourant aux prestations d'un central d'abonné télex.

8 Structure des réseaux de télécommunications des centres de commutation de messages

Les centres de commutation de messages les plus simples sont équipés de lignes point à point de type télégraphique. Mais, selon les nécessités, on peut avoir recours aux circuits suivants:

- lignes télégraphiques point à point (50, 100, 200 Bd)
- lignes télégraphiques multipoints
- connexions au réseau télex
- connexions au réseau Gentex (réseau télex officiel)
- liaisons de données avec des terminaux rapides
- liaisons de données directes avec des ordinateurs utilisateurs
- circuits de données lents ou rapides (selon les exigences du trafic) avec d'autres centres de commutation de messages

La *figure 10* montre, à titre d'exemple, le concept du réseau du système ATECO.

9 Configuration du matériel (hardware) d'un centre de commutation de messages

La *figure 11* donne la configuration d'un système de commutation relativement complet permettant de répondre aux exigences décrites au chapitre 6. Cette forme, plus élaborée que celle qui a été présentée précédemment dans la figure 6, correspond à une chaîne du système ATECO. La *figure 12* présente un système plus simple.

L'évolution actuelle dans le domaine des mini-ordinateurs et microprocesseurs permet de décentraliser les fonctions du centre et de les répartir sur plusieurs unités intelligentes. Les conversions de codes, la surveillance

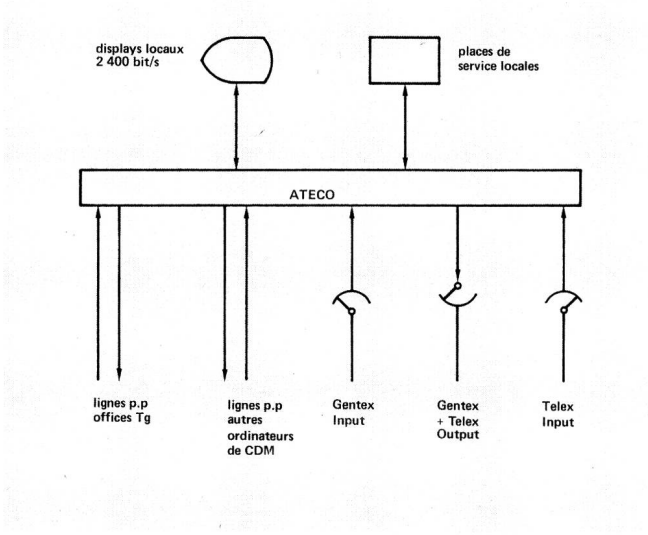
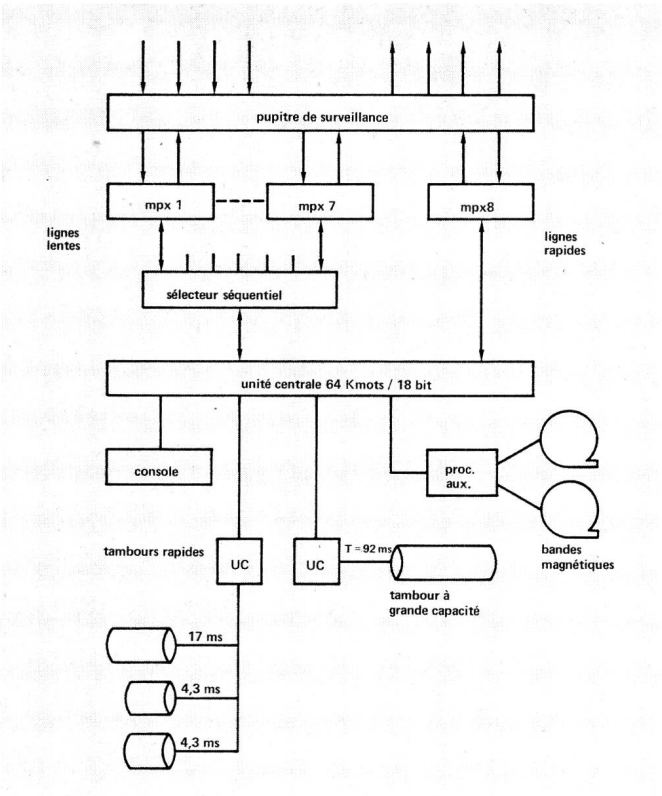


Fig. 10
Concept du réseau du système ATECO



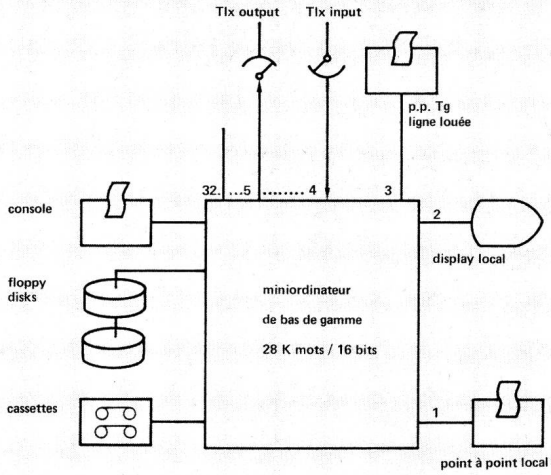


Fig. 12
Système de commutation de messages basé sur un mini-ordinateur

◄
Fig. 11
Configuration d'une chaîne du système ATECO

des circuits de transmission, le contrôle des numéros de série sont des tâches qui peuvent être déléguées à des microprocesseurs spécialisés. La *figure 13* montre une possibilité de décentralisation. Le système est composé de trois processeurs interconnectés: le processeur principal de traitement associé à deux processeurs de bas de gamme chargés, l'un de la gestion des circuits et, l'autre, de la gestion de terminaux de visualisation locaux.

10 Logiciel des centres de commutation de messages

101 Nécessité du temps réel

La relation du système avec le réseau de télécommunications exige l'utilisation d'un matériel (hardware) et d'un logiciel (software) pouvant travailler en temps réel. Le système doit être capable d'accepter un message en tout temps sans perdre de caractères. De plus, lorsqu'il est connecté à un réseau commuté (par exemple télex), il doit répondre aux contraintes temporelles posées par les procédures de sélection.

Une fois le message enregistré, son traitement n'est plus un problème en temps réel. La plupart des applications acceptent des temps de transit de plusieurs dizaines de secondes ou minutes. La *figure 14* donne le cadre dans lequel évoluent les exigences des systèmes de commutation de messages.

102 Structure du logiciel

Bien que la structure du logiciel puisse varier d'un système à l'autre, le flux des informations dans un système

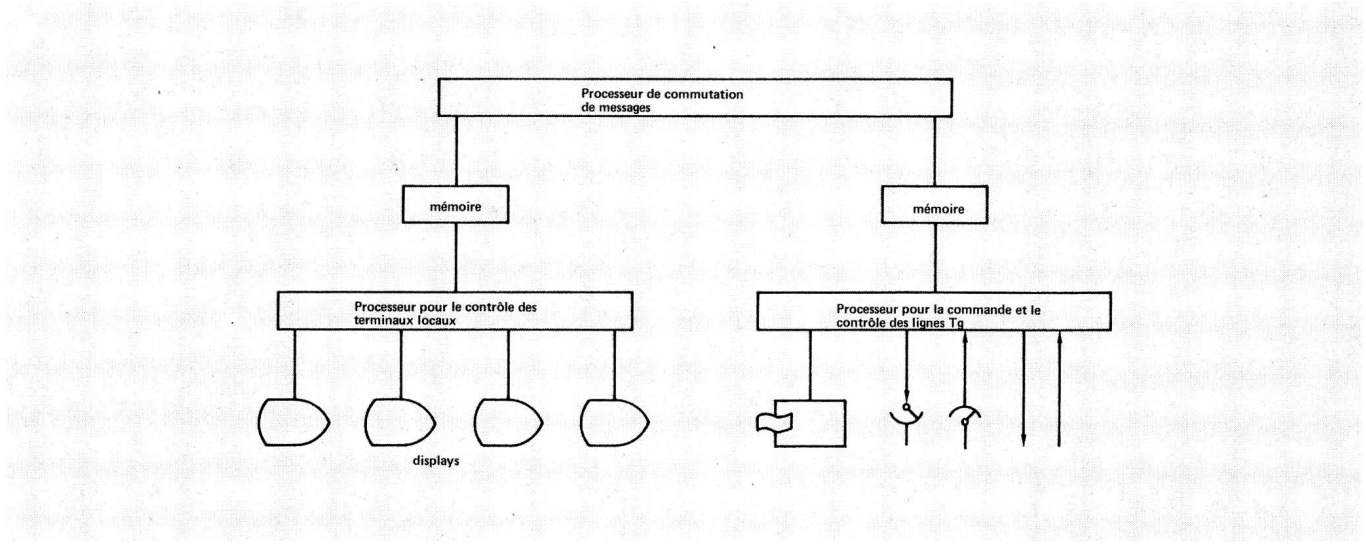


Fig. 13
Configuration à multiprocesseurs

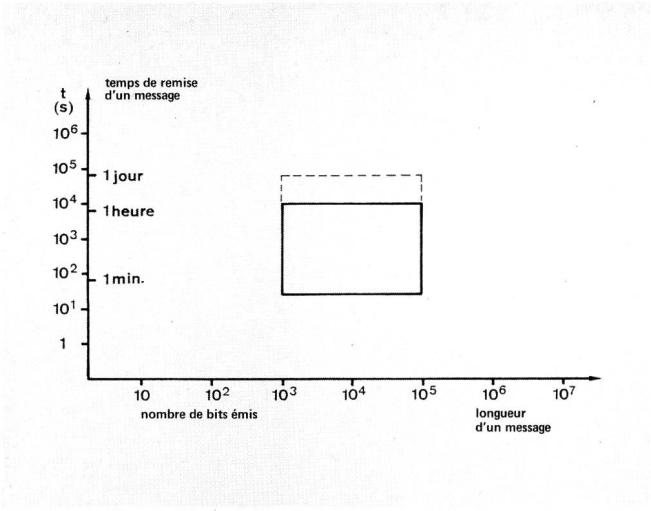


Fig. 14
Domaine des longueurs et temps de remise des messages

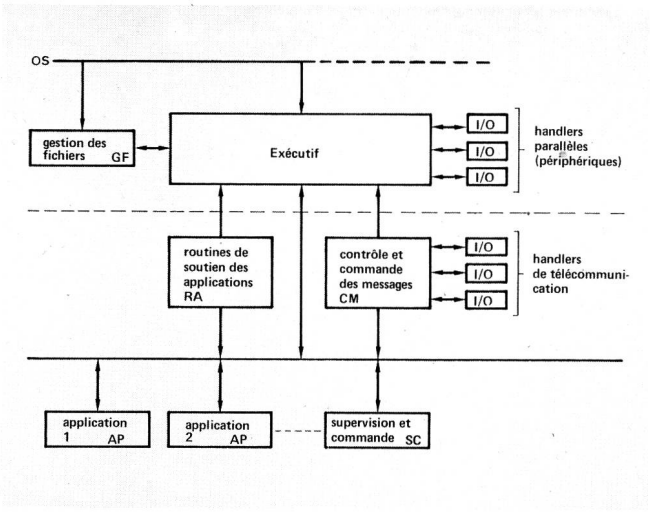


Fig. 16
Exemple de structure d'un logiciel de base

de commutation de messages évolué se déroule généralement selon le schéma de la *figure 15.*

A titre d'exemple prenons celui du logiciel utilisé pour une extension du système ATECO. Il s'agit d'un programme de base généralisé, de nature modulaire, sur lequel peuvent être construites des applications spécifiques *(fig. 16).*

Les caractéristiques particulières de ce logiciel sont les suivantes. Le système est géré par un *système d'exploitation* (OS) orienté sur les télécommunications et les applications en temps réel. Il travaille en multiprogrammation et en multitâches. Ses modules principaux sont:

- un module exécutif chargé de traiter les différents types d'interruptions, de fournir des fonctions générales (Executive Requests), comme l'initialisation ou la terminaison d'une tâche, ou des fonctions auxiliaires (déverminage, conversions de code, saisies de la situation momentanée en mémoire, etc.)
- un module chargé de gérer les fichiers du système (accès séquentiel, direct, ou gestion des mémoires-tampons). Ce module rend les fichiers indépendants de leur support physique
- un module fournissant les interfaces entre le système central et les périphériques (I/O Handlers) à connexion parallèle

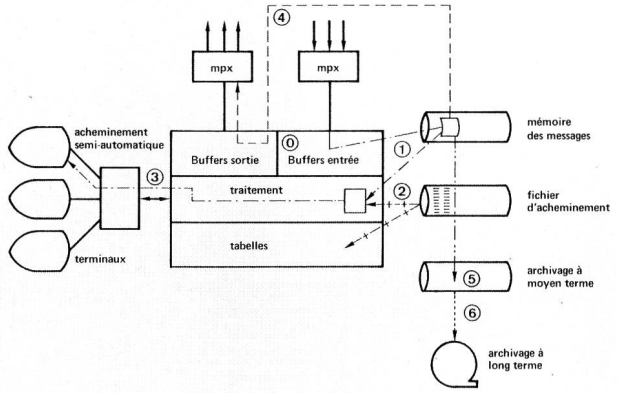


Fig. 15
Flux des messages dans un système de commutation
0 Réception
1 Archivage transitoire
2 Consultation des fichiers
3 Acheminement semi-automatique
4 Emission
5 Archivage à moyen terme
6 Archivage à long terme

Le *système de contrôle des messages* est un groupe de programmes important qui a pour objectif de veiller sur la charge des lignes de télécommunication et du système afin que les ressources soient utilisées au mieux et que les possibilités de surcharges soient évitées. Il comprend:

- un module d'analyse des interruptions
- un module de balayage (scanning) des lignes à basse vitesse
- un module de contrôle des temps
- un module d'interfaces avec les lignes de télécommunications (handlers des lignes et unités terminales)
- un module chargé de diriger les fonctions de télécommunications, en particulier les ordres provenant des programmes d'applications.

Le dernier groupe de programmes est celui du *paquet de programmes d'applications.* Il permet de traiter plusieurs applications en parallèle. Dans le logiciel généralisé décrit ici, il s'agit des seuls modules devant être développés spécifiquement en fonction de l'application. Toutefois une bibliothèque de programmes est à disposition pour faciliter la tâche de développement.

Les routines disponibles permettent:

- la gestion des queues d'attente
- l'enregistrement des messages sur disques (logging)
- la journalisation des messages sur bandes magnétiques
- certaines aides facilitant la remise en service du système sans perte de messages après une panne

Les modules d'applications typiques sont les suivants:

- module pour le traitement des messages et la formation des queues d'attente de sortie
- module de libération des queues de sortie et d'initialisation de la transmission par ordre au système de contrôle des messages
- module de traitement des erreurs

Un cas particulier de groupe de programmes situés hiérarchiquement au même niveau que les programmes d'applications est un *module de supervision et de commande.* Il permet essentiellement d'établir la jonction entre le logiciel et l'opérateur chargé de la surveillance et de la commande du système. Il fournit à l'opérateur toutes les informations statistiques nécessaires (trafic, longueur des queues d'attente, erreurs, occupation des fichiers) pour surveiller l'exploitation. Il accepte, d'autre part, les ordres de l'opérateur (par exemple, ouverture ou fermeture d'une ligne, blocage ou libération d'un fichier, etc.).

La *figure 17* présente le flux typique des messages au travers du système décrit.

11 Solutions possibles aux problèmes de la fiabilité d'exploitation

111 Fiabilité du matériel (hardware)

Tous les services de télécommunications publics (tels l'ATECO) doivent fonctionner en permanence. Les pannes fréquentes et d'une durée excédant quelques minutes ne peuvent généralement pas être acceptées par les usagers. Pour les systèmes privés, les exigences peuvent être moins sévères. Il n'en reste pas moins que les systèmes de commutation de messages doivent être conçus, dans la plupart des cas, pour assurer la continuité de l'exploitation et éviter toute perte de messages. Pour répondre à ces conditions, qui peuvent être très critiques, il faut combiner les moyens disponibles sur le plan du matériel et du logiciel.

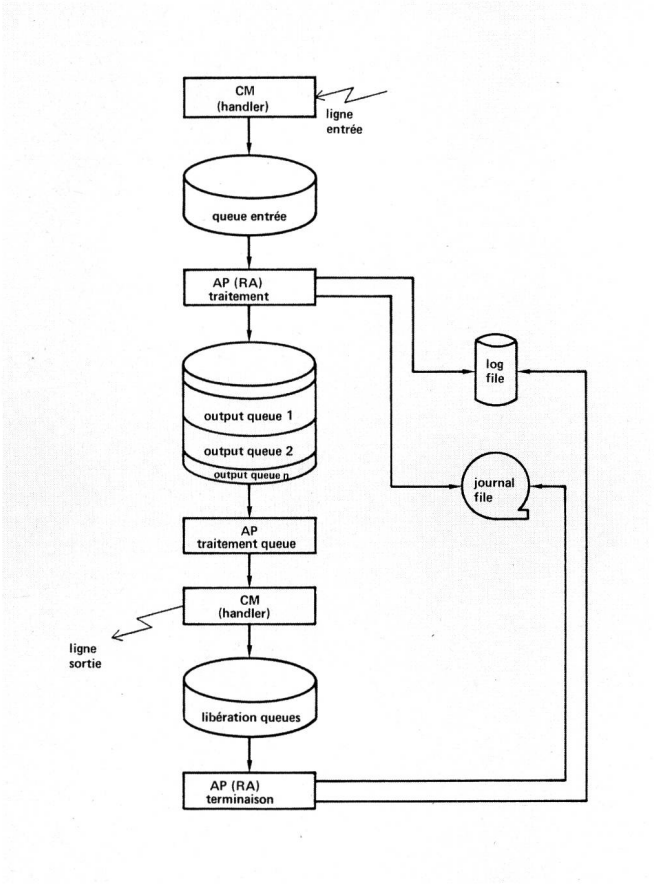


Fig. 17
Flux des messages dans le système selon figure 16

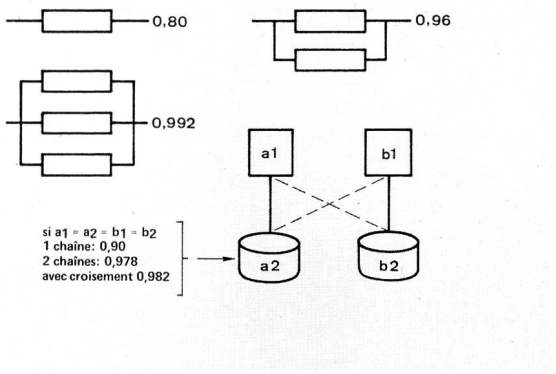


Fig. 18
Disponibilité en fonction de la redondance

Les éléments électroniques et électromécaniques (par exemple les disques) composant un processeur n'ont pas encore atteint une fiabilité intrinsèque suffisante pour répondre aux exigences posées, sans qu'il soit nécessaire de recourir aux moyens offerts par la redondance. La *figure 18* montre l'amélioration des performances qui peuvent être atteintes en doublant ou triplant un élément isolé ou des systèmes partiels. Le système ATECO est composé de 3 chaînes complètes de processeurs fonctionnant en parallèle. Le temps moyen entre pannes (MTBF) d'une chaîne n'est que de l'ordre de 290 h, étant donné le grand nombre de sous-systèmes associés en série dans une chaîne. Cela correspond à une panne complète tous les 12 jours environ, ce qui est inadmissible. Si l'on double les installations et que l'on admet un temps moyen de réparation (MTTR) de 18 h (maintenance sans équipe technique permanente au centre), le MTBF croît à 2632 h (une panne complète tous les 109 jours). L'augmentation du MTBF est de l'ordre de 1 à 9. En triplant les installations, le MTBF théorique passe à 30017 h (une panne totale tous les 4 ans environ).

Les différentes configurations de systèmes redondants sont présentées à la *figure 19,* dans laquelle on prend comme exemple un *système type A,* composé d'un multiplexeur de lignes, d'un processeur, d'une mémoire de masse à accès rapide et d'une autre à accès lent.

Avec la *solution B,* une deuxième chaîne est en réserve (back up). En cas de panne, la commutation est manuelle. Le système de réserve peut être attribué à d'autres tâches, lorsque le système primaire est actif.

Avec la *variante C,* le système de réserve est en contact avec le système actif, à l'aide d'un canal reliant les deux processeurs, et peut ainsi en surveiller l'activité. Lors d'une défaillance, il reprend l'exploitation après avoir chargé les programmes nécessaires. Le système de réserve peut effectuer d'autres applications off-line, tout en surveillant le système actif. La commutation d'un système à l'autre est automatique (cold stand by).

La *solution D* est analogue à la variante C, mais, en plus, elle maintient à jour les fichiers et les tableaux les plus importants par rapport au système actif, ce qui permet une reprise de l'exploitation plus rapide (hot stand by).

Dans la *configuration E,* les deux systèmes fonctionnent en parallèle. Les informations sont traitées par les deux unités simultanément en synchronisme. Une des machines a priorité sur l'autre pour émettre les données sur les circuits de sortie. En cas de défaillance de la machine prioritaire, la seconde peut reprendre le trafic immédiatement (duplex). Le synchronisme peut être réalisé au niveau du message, du caractère ou du bit, selon la complexité du matériel et du logiciel que l'on peut admettre. Cependant, l'unité de réserve n'est plus disponible pour d'autres travaux.

Le *système F* adopte le même principe que le système E mais avec trois installations synchronisées en parallèle. Il s'agit d'un dispositif triplex, équipé de discriminateurs à décisions majoritaires sur les circuits de sortie. C'est la solution adoptée à l'époque pour ATECO.

Parmi les autres possibilités envisageables, il y a celle du partage de la charge *(système G,* load sharing), et celle qui cherche à répartir la redondance au niveau des sous-ensembles *(système H).* Cette dernière solution sera plus facilement applicable à l'avenir, grâce aux possibilités de distribution de l'intelligence dans le système (microprocesseurs).

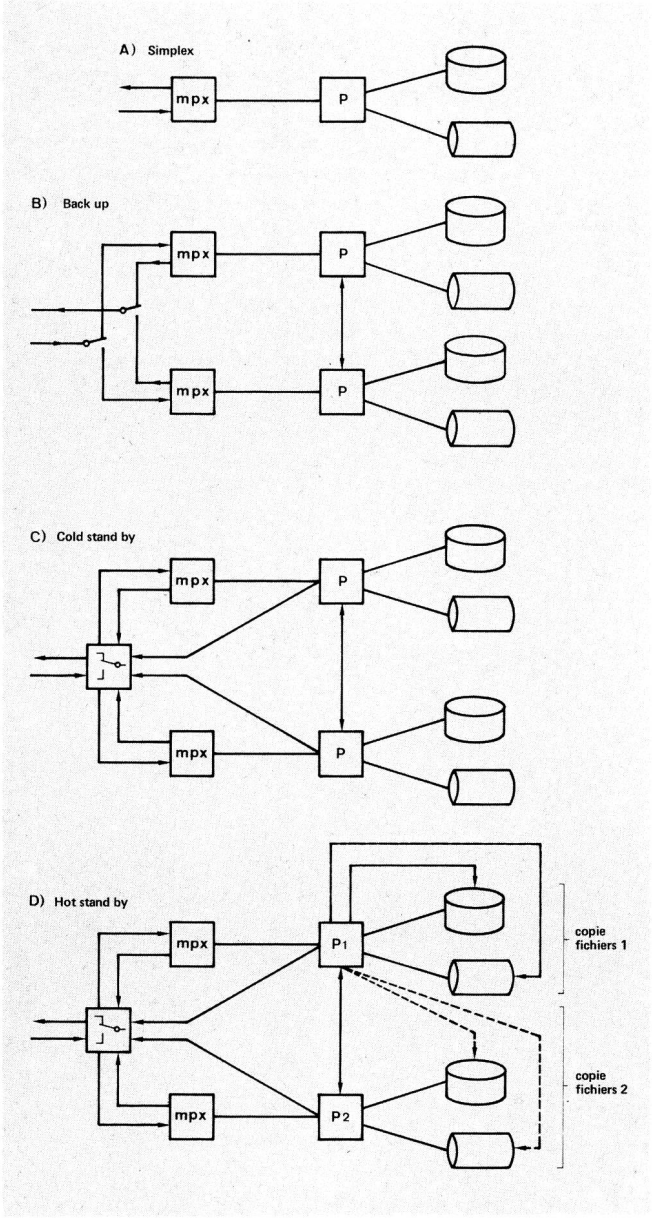
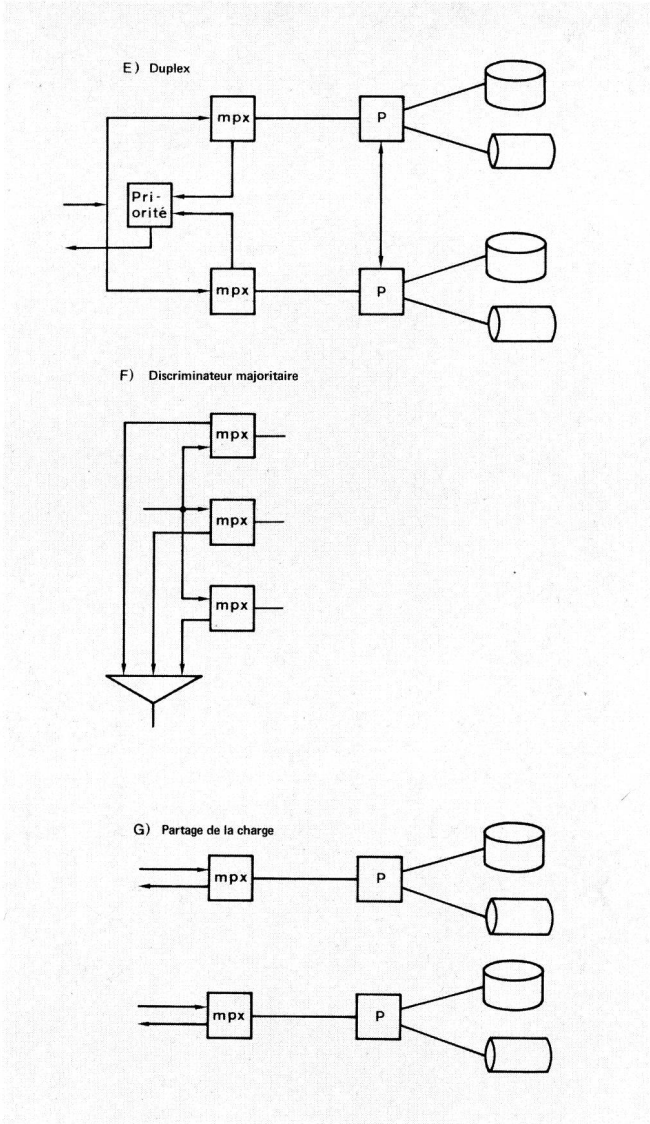


Fig. 19 A–H
Configurations de systèmes redondants
P Processeur
Dans le cas D (hot stand by), les fichiers et tableaux du processeur P_2 sont tenus automatiquement à jour lorsque le traitement des données est assuré par P_1, et inversement



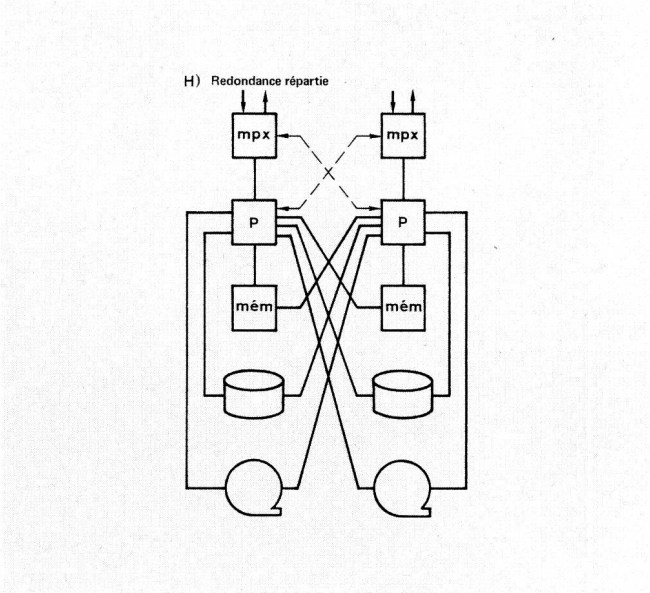


Fig. 19 E–H

La mise en pratique de la redondance matérielle a une influence sur le logiciel; plus la solution permet une meilleure continuité d'exploitation et une réduction du temps de commutation, donc de l'interruption d'exploitation, plus les exigences concernant le logiciel nécessaire pour réaliser les fonctions y relatives seront sévères. La *figure 20* présente la configuration adoptée pour une extension du système ATECO basée sur l'adjonction d'un pré-processeur (solution hot stand by).

Il est évident que la sécurité d'exploitation ne peut être assurée au seul niveau des processeurs. Les installations d'infrastructure (climatisation et alimentation en courant fort) forment également un maillon important dans la chaîne de fiabilité. La *figure 21* montre un exemple de la façon dont peut être assurée la continuité de l'alimentation en courant fort.

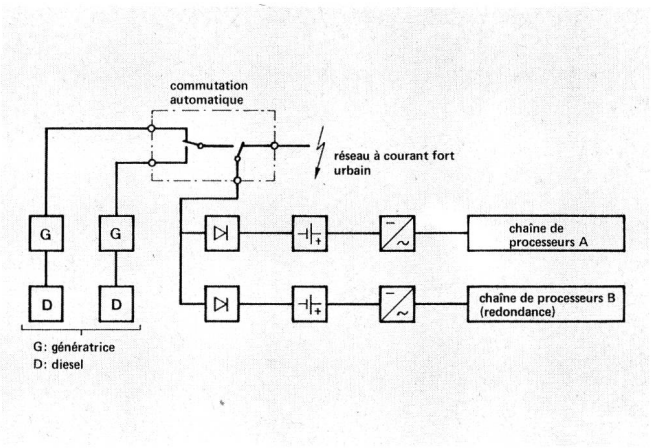


Fig. 21
Configuration redondante d'alimentation en courant fort

112 Programmes de rétablissement après une panne (Recovery)

Les interruptions d'exploitation peuvent avoir pour cause une défaillance du matériel ou du logiciel. Dans les deux cas, si l'on veut assurer la continuité de l'exploitation avec un minimum d'inconvénients pour les utilisateurs, il s'agit avant tout d'éviter toute perte d'information due à la panne, si cela est possible. C'est dans ce but que le logiciel des systèmes de commutation de messages comprend des programmes de rétablissement ou réanimation (Recovery). Ils ont pour objectif, après une interruption d'exploitation, de permettre la reprise de celle-ci dans l'état le plus proche possible de celui qui existait lors de la défaillance du système. Pour ce faire, il est nécessaire d'enregistrer toutes les informations vitales du système si possible sous forme redondante. Ainsi, les messages reçus ne doivent pas seulement être enregistrés dans la mémoire centrale du processeur, mais également sur une mémoire extérieure (si possible elle-même redondante), pour qu'ils puissent être traités après une défaillance survenant avant leur retransmission complète.

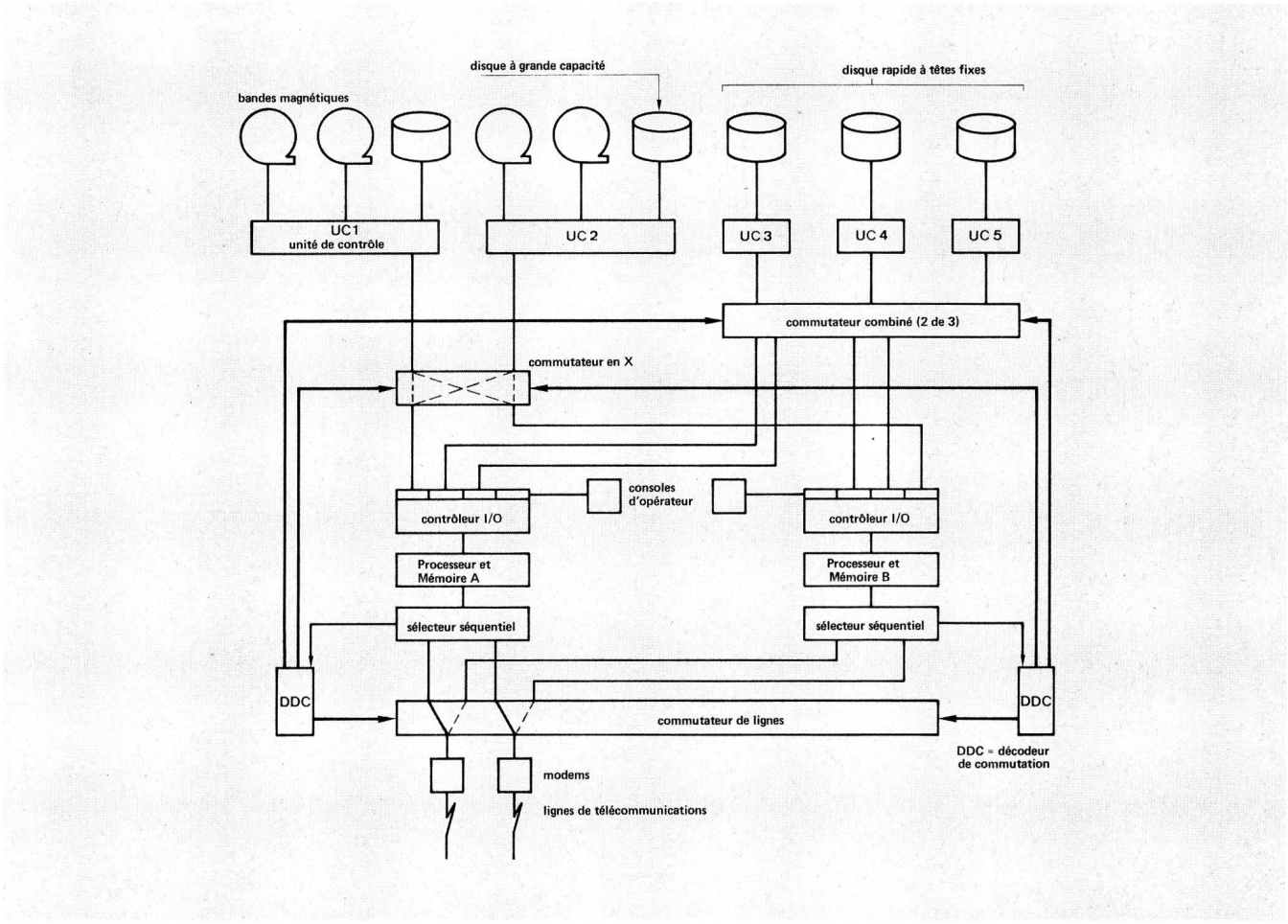


Fig. 20
Configuration redondante adoptée pour une extension du système ATECO

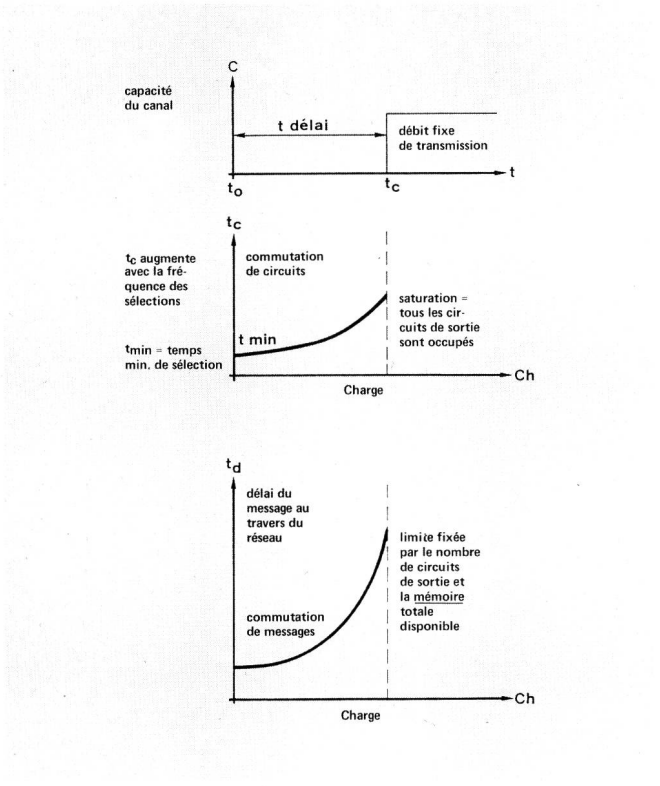


Fig. 22
Comportement de la commutation de circuits et de la transmission de messages en fonction de la charge
En haut: Commutation de circuits
t_c Temps d'établissement de la communication
En bas: Commutation de menages
t_d Temps de transit dans le réseau

Les opérations types effectuées par un programme de rétablissement sont généralement les suivantes:

- mise en sûreté sur mémoire extérieure des informations de la mémoire centrale qui peuvent être sauvées
- enregistrement des données de diagnostic pour l'analyse ultérieure de la panne
- recharge des programmes en temps réel du système
- sauvetage des buffers d'archivage des messages
- reconstitution du tableau d'occupation du fichier des messages en attente
- initialisation des blocs de contrôle, tableaux et queues d'attente dans la mémoire centrale
- contrôle de l'archive des messages et des fichiers d'acheminement
- annonce des numéros des derniers messages reçus aux stations reliées par ligne point à point
- réactivation des processus en temps réel; les lignes de réception sont réactivées; le système peut à nouveau être atteint par les usagers
- le fichier des messages est analysé et les files d'attente sont reconstituées; la transmission des messages est réinitialisée
- les programmes de traitement (acheminement, etc.) sont rechargés
- tous les programmes sont libérés et actifs

La durée d'un tel rétablissement (cas de l'ATECO) est de l'ordre de 2 à 3 minutes jusqu'à la réactivation des circuits d'entrée, c'est-à-dire jusqu'au moment où le système est à nouveau accessible aux utilisateurs.

Dans le cas de l'ATECO, les opérations de rétablissement sont initialisées manuellement. Il est cependant possible de créer des systèmes où le rétablissement est, dans la plupart des cas, initialisé automatiquement (par exemple, pour tous les cas de panne du logiciel où la déficience ne touche pas le noyau essentiel du système d'exploitation), ce qui permet d'éliminer le temps d'intervention de l'opérateur. Il est possible également d'utiliser un équipement extérieur au système (commandé par exemple par microprocesseur) pour commander la charge automatique et l'initialisation des programmes de rétablissement, lorsque l'élément de surveillance extérieur ne reçoit plus de signes de vie (messages heart-beat) du système de commutation de messages.

12 Comportement d'un système de commutation de messages en fonction de la charge, en comparaison avec un système de commutation de circuits

La *figure 22* compare les caractéristiques des deux types de systèmes, en fonction de la charge. Dans le système à commutation de circuits, le temps d'établissement de la communication varie en fonction de la charge, à partir d'un temps minimal de base. Dès que la communication est établie, l'usager dispose de la largeur de bande totale d'un circuit mis à disposition et il n'existe pas de temps de propagation à travers le réseau, à part celui des circuits eux-mêmes. Lorsque la charge à l'entrée du système augmente et que tous les circuits de sortie sont occupés, ou que la ligne du destinataire est occupée, les communications ne peuvent pas être établies et sont perdues.

Pour un système de commutation de messages, la situation est différente. Etant donné que l'on applique le principe de l'enregistrement et de la retransmission vers l'avant (store and forward), le message reçu est d'abord enregistré, puis on essaye de le retransmettre au destinataire. Si celui-ci est occupé, ou si les lignes de sortie sont momentanément congestionnées, le message ne sera pas abandonné, mais son temps de transit dans le réseau augmentera. La limite des délais accumulés avant d'avoir une congestion véritable du réseau (blocage des lignes d'entrée) dépend du volume de mémoire disponible dans les centres du réseau. Une situation de surcharge dans un centre de commutation de messages a pour effet de déplacer dans le temps la pointe de trafic *(fig. 23)* en fonction de la capacité de

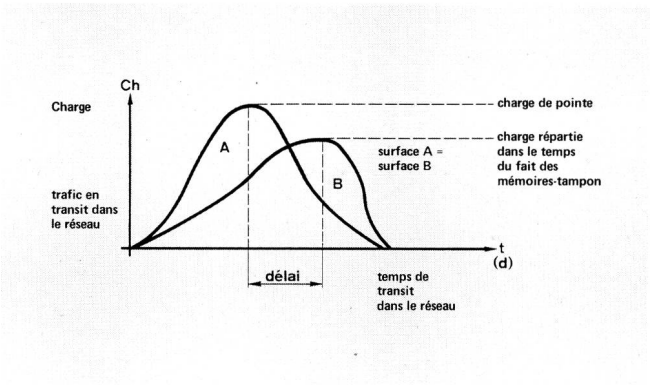


Fig. 23
Effet de la surcharge sur les temps de transit

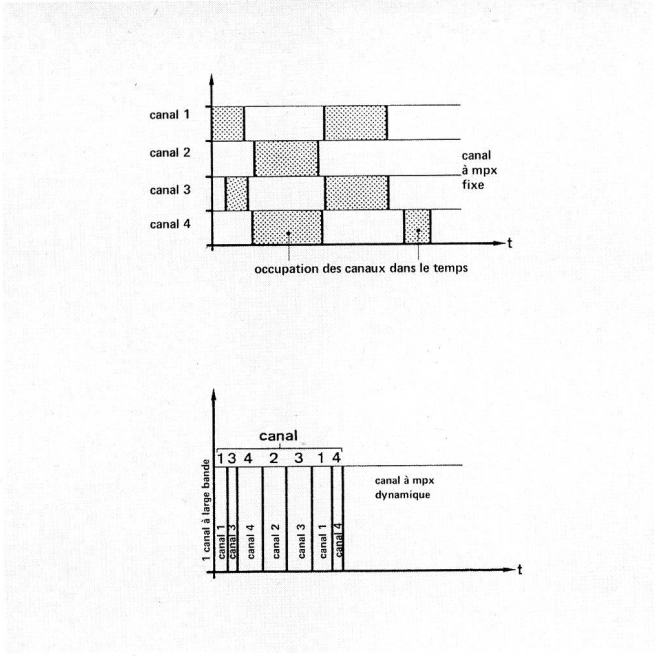


Fig. 24
Multiplexage fixe et multiplexage dynamique

mémoire disponible. Avec un système de commutation de circuits, la pointe de trafic serait perdue.

13 Différences entre la commutation de messages et la commutation de circuits

En ce qui concerne les différences principales entre la commutation de messages et celle de circuits dans l'optique de la transmission de messages, elles peuvent être résumées de la façon suivante.

Particularités de la commutation de circuits:

- communications simplex, semi-duplex et duplex (dialogue) possibles
- temps de transit dans le réseau courts et constants
- mauvaise utilisation fréquente des circuits intercentres *(fig. 24)* en situation de dialogue
- mauvaise adaptation aux messages courts, vu l'investissement de moyens nécessaire pour établir une communication

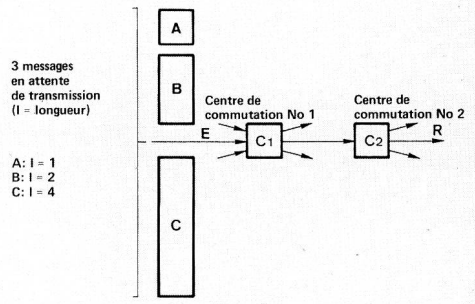
Particularités de la commutation de messages:

- communication simplex uniquement (semi-duplex, mais à moyen terme seulement, temps de réponse en dizaines de secondes ou minutes)
- bonne utilisation des lignes de communication intercentres (possibilité de multiplexage dynamique, voir fig. 24)
- temps de transit dans le réseau variable; dépend de la charge du réseau et du nombre de centres de commutation traversés par un message
- comportement souple en cas de surcharge du réseau ou d'occupation du circuit destinataire
- bonne adaptation de principe aux échanges d'informations entre systèmes informatiques, qui ont toujours lieu sous forme de messages
- réalisable avec du matériel informatique classique

Les deux modes de commutation ne s'excluent pas forcément, et, à l'avenir, ils se compléteront pour la transmission des messages. La création d'installations de commutation de messages destinées à rationaliser l'utilisation du réseau télex en est un exemple.

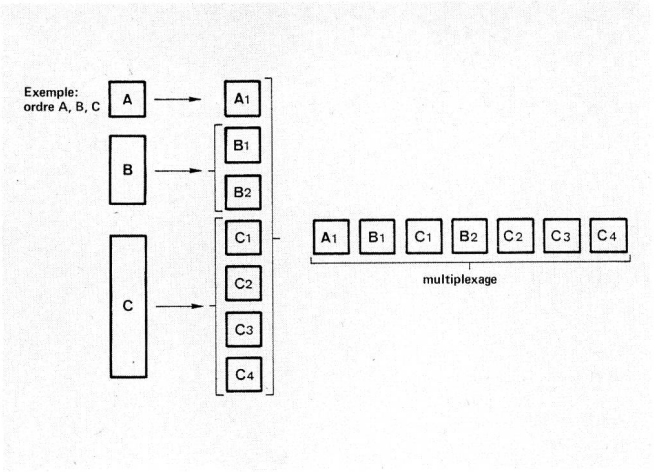
14 Forme particulière de la commutation de messages: les réseaux de commutation par paquets

L'échange d'informations entre un ordinateur et un terminal, ou un autre ordinateur, ayant généralement lieu sous la forme de blocs logiques de données, le principe de la commutation de messages serait bien adapté pour établir un réseau commuté de données. L'avantage principal résiderait dans le fait que l'établissement préalable d'une communication ne serait pas nécessaire pour transmettre un message, l'acheminement pouvant être effectué par les centres de commutation par l'utilisation directe des informations d'adressage contenues dans le message lui-même. Toutefois, pour la plupart des applications, un dialogue entre l'ordinateur et le terminal est nécessaire. Cela implique la nécessité d'assurer des temps de transit (ou de réponse) courts. La commutation de messages classique ne permet généralement pas de répondre à cette exigence si, d'une part, le réseau comporte plusieurs noeuds de commutation que les messages doivent traverser en cascade et si, d'autre part, la longueur des messages est relativement importante. De plus, la valeur des temps de transit peut fortement varier si les messages en compétition dans un réseau sont de longueurs inégales. Le fait est illustré par la *figure 25 a.* Les différences sont encore accentuées pro-



	Durées de transmission en unités relatives pour les messages, y compris les temps d'attente								
	E→C 1			E→C 2			E→R		
Ordre de transmission	A	B	C	A	B	C	A	B	C
A, B, C	1	3	7	2	6	14	3	9	21
A, C, B	1	7	5	2	14	10	3	21	15
B, A, C	3	2	7	6	4	14	9	6	21
B, C, A	7	2	6	14	4	12	21	6	18
C, A, B	5	7	4	10	14	8	15	21	12
C, B, A	7	6	4	14	12	8	21	18	12
Valeur moyenne	4	4,5	5,5	8	9	11	12	13,5	16,53
Dispersion	±3	±2,5	±1,5	±6	±5	±3	±9	±7,5	±4,5

Fig. 25a
Exemple de variations des temps de transit sans subdivision des messages



Ordre de transmission	E→C 1			E→C 2			E→R		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
A, B, C	1	4	7	2	5	8	3	6	9
A, C, B	1	5	7	2	6	8	3	7	9
B, A, C	2	4	7	3	5	8	4	6	9
B, C, A	3	4	7	4	5	8	5	6	9
C, A, B	2	5	7	3	6	8	4	7	9
C, B, A	3	5	7	4	6	8	5	7	9
Valeur moyenne	2	4,5	7	3	5,5	8	4	6,5	9
Dispersion	±1	±0,5	0	±1	±0,5	0	±1	±0,5	0

Subdivision des 3 messages A, B, C en paquets de longueur L = L (A) = 1, avec multiplexage entre les messages

Fig. 25b
Effet de la subdivision des messages en paquets de longueur égale sur les temps de transit

portionnellement au nombre de retransmissions qui sont nécessaires pour traverser le réseau de bout en bout.

Une possibilité de réduire les temps de transit est de recourir à des messages courts en subdivisant, au besoin, les messages complets en plusieurs tranches acheminées séquentiellement. Un message partiel peut être retransmis par un noeud avant que le message partiel suivant soit reçu. Cette technique permet de diminuer fortement l'influence des retransmissions en cascade sur plusieurs noeuds. D'autre part, l'uniformisation de la longueur des messages par la subdivision en messages partiels de longueur égale permet de réduire la dispersion des valeurs de transit. La *figure 25 b* montre l'effet de la subdivision des informations et du multiplexage du contenu d'une file d'attente. Dans le cas a), la valeur des temps de transit est directement proportionnelle à la longueur totale du message et au nombre de retransmissions. La dispersion maximale des valeurs est de 1 à 7. Dans le cas b), avec subdivision des messages, la dispersion n'est plus que de 1 à 3 au maximum et le nombre de retransmissions ne pénalise plus les longs messages.

Le principe de commutation faisant usage de la subdivision des messages en tranches courtes de longueur uniforme est connu sous le nom de *technique de commutation par paquets*. Cette technique a été développée tout d'abord aux Etats-Unis et en Grande Bretagne. Les études montrèrent qu'il était possible de créer des réseaux commutés de données avec des temps de transit de l'ordre de la centaine de millisecondes, en limitant, par subdivision, la longueur des messages (paquets) à environ une centaine de caractères et en recourant à des lignes de transmission à haute vitesse entre les centres de commutation.

Après avoir fait l'objet d'essais sur des réseaux expérimentaux (ARPA aux Etats-Unis et EIN en Europe, par exemple), la technique de commutation par paquets est en train d'être appliquée actuellement pour la mise en place de réseaux publics de données. Sur le plan international, elle a été normalisée par le CCITT dans le cadre de la Recommandation X.25. Les réseaux français TRANSPAC, canadien DATAPAC, américain TELENET et européen EURONET sont quelques-uns des systèmes mis en oeuvre actuellement à l'usage du public, qui utilisent la commutation par paquets. Les PTT suisses basent la planification du futur réseau EDW-P sur des concepts identiques à ceux qui ont été retenus dans les réseaux cités.

L'examen des caractéristiques particulières à la commutation par paquets ne peut être abordé plus en détail dans le cadre de cet article. Il était utile de préciser cependant que les réseaux à commutation par paquets ne sont que l'évolution logique de l'application des processeurs à la technique de commutation des messages.

15 Conclusions

Après avoir décrit les étapes du développement technique de la commutation de messages et montré comment, en particulier, l'utilisation de processeurs a permis de doter de moyens efficaces ce service de télécommunications, on a esquissé quelques-uns des problèmes de réalisation. On peut se poser, en guise de

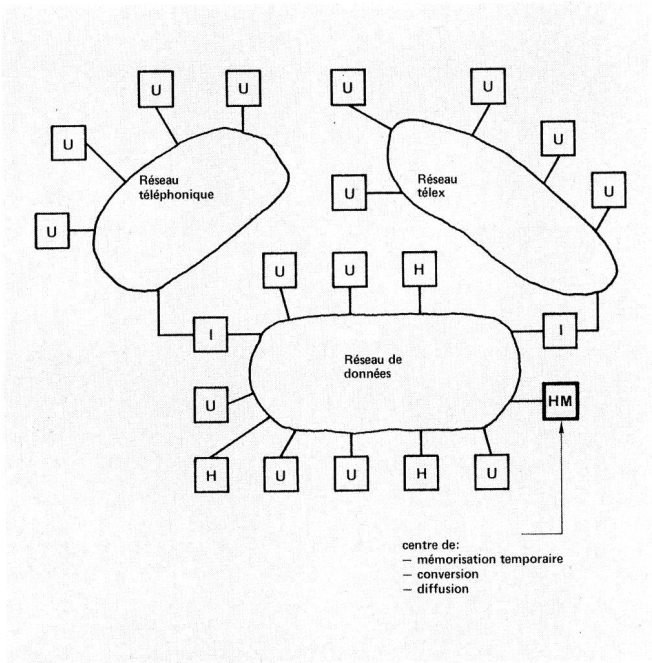


Fig. 26
Situation d'un centre de traitement et de retransmission des messages dans un réseau de données
U Utilisateur
H Ordinateur hôte (serveur)
I Point de jonction (par exemple, PAD X.3)
HM Centre de traitement et de retransmission des messages

conclusion, la question de savoir quelle peut être, à moyen et à long terme, l'importance et la nature de la fonction de commutation de messages dans un futur réseau de télécommunications. Est-elle encore nécessaire dans une infrastructure moderne comportant des services de données généralisés? La réponse est affirmative, tout en étant, néanmoins, nuancée. La commutation de messages va évoluer. La fonction de commutation proprement dite aura tendance à être prise en charge directement par le réseau commuté de données, ce dernier ayant lui-même des points de jonction (ou d'interface) avec les réseaux téléphoniques et télex, ainsi qu'avec les nouveaux services, tels que le videotex ou le télétex *(fig. 26)*. Le centre de commutation de messages va probablement devenir un *centre de traitement de messages*. Il resterait chargé de la mémorisation temporaire des messages et de leur retransmission à la demande, lorsque ces fonctions sont nécessaires (fonctions de «boîte aux lettres»). Il assurerait la conversion des formats entre différents services (par exemple entre réseau de données et télex ou videotex). Il procéderait à la diffusion des informations (broadcasting). Il pourrait assurer également certaines tâches centralisées de taxation (coordination entre services). Enfin, dans l'éventualité de la mise en place d'un service de courrier électronique et dans l'optique de l'extension et de la généralisation des services de fac-similé, les centres de commutation et de traitement des messages pourraient jouer un rôle important dans la gestion de ces catégories particulières de trafic.

Bibliographie

[1] *Verschiedene Autoren.* ATECO, Automatische Telegrammvermittlung mit Computern. Bern, Techn. Mitt. PTT 47 (1969) Nr. 4, S. 126 ... 188.

[2] *Glur W.* Extension du système ATECO. Bern, Techn. Mitt. PTT 54 (1976) Nr. 6, S. 217...224.

Die nächste Nummer bringt unter anderem
Vous pourrez lire dans le prochain numéro

3/80

C. Stäger	Das koaxiale Spannungsteilerelement als Baustein hochbelastbarer Breitband-Mikrowellenabschwächer beliebiger Dämpfung
M. Ducommun, B. Gnehm, P. Grünig	Symboles graphiques en électrotechnique Grafische Symbole in der Elektrotechnik
B. Mühlethaler	Indicatore di tasse senza batteria modello 80