Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 63 (1972)

Heft: 22

Artikel: L'avenir des télécommunications suisses sur le plan mondial

Autor: Delaloye, B.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915755

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: 12.12.2025

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

L'avenir des télécommunications suisses sur le plan mondial

Conférence, donnée à la 30e Journée suisse des télécommunications, le 22 juin 1972 à Berne,

par M. *B. Delaloye*

621.39(494)

Quelques statistiques permettent de saisir l'importance des services des télécommunications suisses sur le plan mondial. Le développement des moyens techniques de transmission par câbles et par satellites permettra d'augmenter les circuits entre la Suisse et l'étranger nécessaires à écouler le trafic international en constante augmentation. L'expansion de l'automatisation pose des problèmes d'exploitation qui ne pourront être résolus que sur la base d'une coopération et d'une collaboration internationales.

Les entreprises de télécommunications seront appelées à offrir de nouveaux services aux usagers. S'appuyant sur les progrès extraordinaires de la technique, et en collaboration avec l'industrie privée, les PTT suisses se préparent à faire face aux problèmes futurs. Leur objectif est d'offrir à la clientèle des services efficaces et modernes.

Einige Statistiken gestatten, die Wichtigkeit der schweizerischen Fernmeldedienste auf weltweiter Ebene zu erfassen. Die Entwicklung der technischen Möglichkeiten der Übermittlung durch Kabel und über Satelliten wird erlauben, die Verbindungen zwischen der Schweiz und dem Ausland auszubauen, um den ständig anwachsenden Verkehr zu bewältigen. Die Weiterverbreitung der Automation bringt Probleme mit sich, die nur noch auf der Basis internationaler Zusammenarbeit gelöst werden können.

Den Fernmeldebetrieben stellt sich die Aufgabe, den Benutzern neue Dienste anzubieten. Gestützt auf die ausserordentlichen Fortschritte der Technik und in enger Zusammenarbeit mit der Privatindustrie, wenden sich die schweizerischen PTT-Betriebe diesen zukünftigen Problemen zu. Es ist ihre Absicht, ihren Kunden wirkungsvolle und moderne Dienste anbieten zu können.

1. La situation de la Suisse dans le monde au point de vue télécommunications

La situation de la Suisse au centre de l'Europe et l'importance de ses échanges commerciaux avec les autres pays ont contribué essentiellement au développement très rapide de nos télécommunications avec l'étranger.

Aujourd'hui, 119 ans après la mise en service de notre première ligne télégraphique internationale, le réseau mondial des télécommunications, tel une immense toile d'araignée recouvrant le globe, permet aux usagers suisses d'atteindre pratiquement tous les pays du monde, la majorité des navires et, dans certaines conditions, les aéronefs.

Seuls les spécialistes sont à même de juger et d'apprécier l'effort fourni par les hommes de science, les ingénieurs, techniciens, artisans et d'autres encore pour développer et réaliser un tel réseau dans un temps relativement bref.

Depuis son apparition, le téléphone est devenu le moyen de transmission le plus important et le restera pendant longtemps. En Suisse on comptait au 1er janvier 1971 3 millions de postes téléphoniques, correspondant presque au nombre de postes en service sur le continent africain(fig. 1).

A ce moment-là, avec 48,3 postes par 100 habitants, nous occupions le 3e rang dans la statistique mondiale, derrière les USA (58,35) et la Suède (55,67).

En 1970, le nombre de conversations locales, interurbaines et internationales échangées dans notre pays s'élevait à plus de 2 milliards, soit à 363 conversations par habitant en moyenne. Les Américains se sont montrés de loin les plus bavards avec 779 conversations.

Sur la base d'informations fournies par l'Union Internationale des Télécommunications, on estime à 350 millions le nombre de conversations internationales échangées dans le monde. Les usagers suisses ont collaboré à cet essor avec le nombre respectable de 26 millions de conversations, correspondant à une durée de 5 millions d'heures. Et pourtant, en Suisse, le trafic international ne représente qu'un faible pourcentage du trafic total. Cependant son taux d'augmentation annuel est de 15 %, alors que celui du trafic national n'est que de 7 %. Par conséquent, le nombre de conversations internationales dans notre pays doublera au cours des 5 ans à venir.

Le service télex introduit en Suisse en 1934 s'est développé très rapidement sur le plan international. Actuellement, il est possible aux 14 800 usagers suisses de communiquer avec environ 400 000 téléscripteurs répartis dans les 5 continents. L'exploitation sur le plan national est automatisée depuis 1936, avec l'étranger son degré d'automatisation est de 96 %.

Au courant de la dernière décennie, le trafic international a passé de 20 millions à 75 millions de minutes taxées et doublera au cours des cinq ans à venir. Avec une densité de 23 appareils par 10 000 habitants, notre pays occupe la première place dans la statistique mondiale.

2. Les liaisons internationales et leur développement

Alors qu'en 1970 on disposait de 119 circuits intercontinentaux, dont 49 par câbles, 46 par satellites et 24 par radiotéléphonie, il nous en faudra 800 en 1981. Pour faire face aux besoins sans cesse croissants en moyens de télécommunications continentales et intercontinentales, ce n'est pas moins

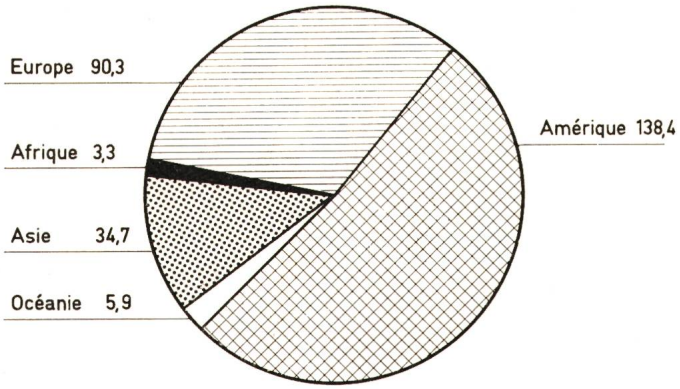

Fig. 1
Répartition des postes téléphoniques dans le monde
(nombre en millions)

de 12 000 circuits au total qui seront nécessaires à la même époque (fig. 2).

2.1 Le plan européen

Sur le plan européen, la Suisse est reliée aux autres nations par des câbles et des installations à faisceaux hertziens. L'augmentation de leur capacité de transmission, par suite de l'évolution de la technique, ne semble pas devoir poser de problèmes insolubles dans les années à venir.

Toujours sur le plan de notre continent, la Conférence européenne des administrations des Postes et Télécommunications (CEPT) étudie un projet concernant la mise en œuvre d'un système de satellites de télécommunications couvrant l'Europe, les pays Nord-africains, les Iles Canaries et Chypre. Ce système aurait une double vocation: assurer l'écoulement par voie spatiale d'une partie du trafic intra-européen de téléphonie, télégraphie, télex et transmission de données des membres de la CEPT et permettre la distribution simultanée de deux programmes de télévision dans le cadre des échanges de l'Eurovision. Toutefois, la coopération et la participation des différents pays à ce système doit d'abord être réglée sur le plan politique, et la réalisation du projet dépendra du résultat d'études en cours concernant sa nécessité et sa rentabilité.

2.2 Le plan mondial

Sur le plan mondial, les circuits nécessaires sont établis à l'aide d'ondes courtes, de câbles et de satellites. La transmission des signaux radiotélégraphiques est assurée par Radio Suisse SA, qui dispose actuellement d'un vaste réseau couvrant les divers pays du monde.

La téléphonie sans fil est exploitée par l'Entreprise des PTT au moyen de la station émettrice de Schwarzenbourg et de la station réceptrice de Châtonnaye.

Les liaisons radio HF ne revêtent toutefois qu'une importance secondaire en raison de leur qualité de transmission et de leur capacité limitées.

Le développement du câble coaxial et la réalisation d'un répéteur adéquat permirent la mise en service en 1956, entre l'Europe et l'Amérique du Nord, d'un câble sous-marin à large bande, assurant la transmission de 48 communications téléphoniques simultanées.

Les années qui suivirent virent la pose successive, sur ce même trajet, de cinq câbles, dont le dernier en date offre une capacité de 840 voies.

Au début de 1974, une nouvelle liaison à 1840 voies (CANTAT 2) sera mise en service entre le Royaume-Uni et le Canada. Le développement de la liaison suivante (TAT 6), entre la France et les Etats-Unis, a commencé et l'autorisation d'atterrissement aux USA a déjà été octroyé. Ce seront alors 4000 nouveaux circuits qui seront mis à disposition des usagers en 1976. Il n'en reste pas moins qu'actuellement on se préoccupe déjà de la poursuite du programme en envisageant, pour la fin de la décennie actuelle, une nouvelle liaison Europe–Etats-Unis à 10 000 voies (TAT 7).

En ce qui concerne la Suisse, l'Entreprise des PTT envisage d'acquérir un droit de co-propriété du câble TAT 6, correspondant à 120 circuits téléphoniques.

Un nouvel événement devait survenir au début des années 1960 et modifier le visage des télécommunications intercontinentales: le satellite de télécommunication, dont Telstar en 1962 fut le premier. L'évolution dans ce domaine est identique à celle des câbles sous-marins. On va vers des capacités de plus en plus grandes, grâce à des répéteurs et des antennes de plus en plus puissants. Les satellites Intelsat IV, actuellement en orbite, permettent de réaliser 3000 à 5000 circuits téléphoniques.

Pour la nouvelle génération, Intelsat 5, qui deviendra opérationnel à la fin des années 1970, on parle de 50 000 à 100 000 circuits, les satellites travaillant avec des fréquences supérieures à 10 GHz.

Comme on peut le constater, le développement de la technique des satellites n'a pas porté un coup sensible à celui du câble sous-marin, car le prix des circuits par câble est plus que compétitif comparé à celui des satellites. De plus, les administrations attachent une grande importance à une diversification dans l'acheminement des circuits. Elles jugent en effet qu'il est plus sûr de se fier à deux techniques différentes plutôt que de mettre, si vous me permettez l'expression, tous les œufs dans le même panier. Ainsi donc, il y a tout lieu de penser que pour les liaisons transocéaniennes les deux moyens vont coexister encore pendant longtemps, chacun progressant dans son domaine, afin d'offrir à la clientèle

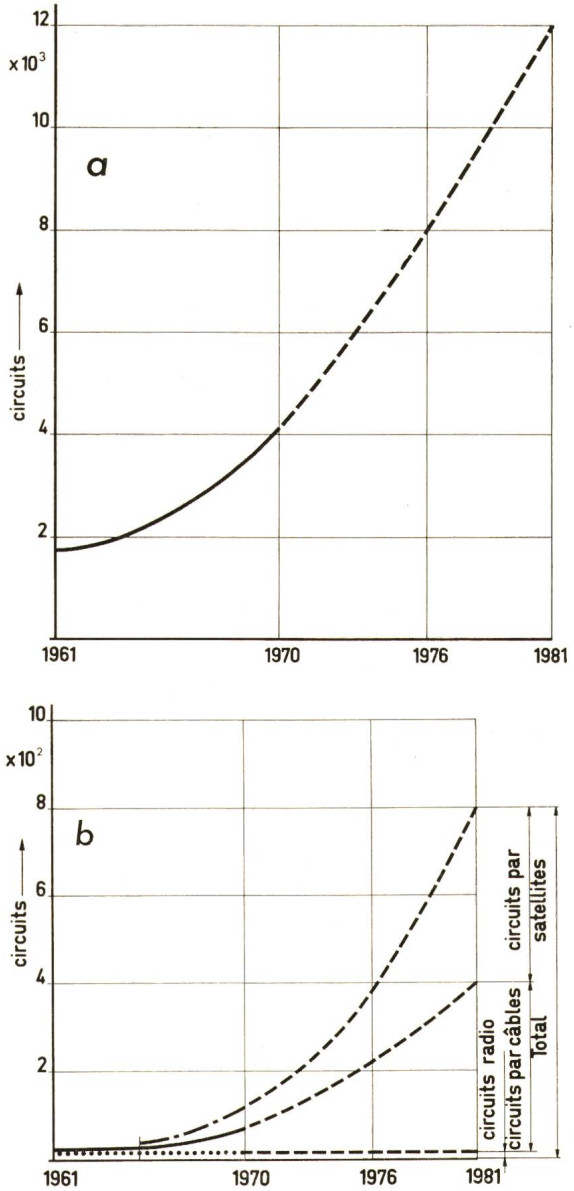

Fig. 2
Circuits entre la Suisse et l'étranger
a Total des circuits continentaux et intercontinentaux
b Circuits intercontinentaux

un nombre suffisant de circuits présentant la plus grande fiabilité possible et couvrant tous ses besoins. Il est cependant des domaines qui sont et qui resteront probablement l'apanage du satellite: je veux parler de la transmission de la télévision entre les continents et des liaisons téléphoniques à faible trafic avec des régions difficilement accessibles ou sans infrastructures, liaisons pour lesquelles les satellites, économiquement parlant, restent meilleur marché que les câbles. Face à cette situation, l'Entreprise des PTT a décidé la construction d'une station terrienne dont la mise en service est prévue pour fin 1973. Elle permettra, au début, d'exploiter quelque 120 canaux de téléphonie.

3. Problèmes d'exploitation

Les progrès de l'automatisation du réseau téléphonique dans plusieurs pays ont facilité l'introduction du *service semi-automatique international* entre 1950 et 1969. Dès lors, cette méthode a permis de réduire appréciablement les temps d'attente, c'est-à-dire les temps s'écoulant entre le moment où la demande de communication est déposée et celui où elle est effectivement établie, et de mettre à disposition de quelques abonnés ayant un trafic téléphonique avec l'étranger particulièrement important, des circuits leur permettant de sélectionner eux-mêmes les communications à destination de leurs partenaires européens.

Actuellement, 1 323 000 abonnés raccordés à 360 centraux ont accès à la sélection automatique internationale. Ils ont la possibilité d'atteindre leurs correspondants dans 20 pays d'Europe et 3 pays d'outre-mer, soit environ 82 % des appareils du globe. La part du trafic établi automatiquement par les usagers représente aujourd'hui 75 % de l'ensemble de notre trafic international. Il est prévu d'ouvrir très prochainement le service automatique avec Israël et la Hongrie. Nous estimons qu'aux environs de 1980 tous les abonnés du réseau téléphonique suisse auront accès à la sélection automatique internationale.

La sélection internationale n'a pu être réalisée qu'après de longs travaux comprenant: le développement de circuits spéciaux, la mise à disposition de nouveaux locaux pour les équipements, la résolution des problèmes de taxation des communications et le développement d'un plan de numérotation mondiale.

C'est dans le cadre du Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique (CCITT) qu'il a été possible de mettre ce plan au point. On s'était fixé comme objectif que la série des chiffres à composer soit aussi courte que possible. Malgré la forte densité de postes téléphoniques dans certaines régions du monde, la série a pu être limitée à 14 chiffres, le préfixe 00 exclu. Le plan de numérotation devra évidemment être constamment tenu à jour et adapté aux nouveaux besoins (fig. 3).

L'Union Internationale des Télécommunications (UIT) a créé, à côté du CCITT, des commissions chargées d'établir un «Plan général de développement du réseau international», destiné à aider les administrations lors de la conclusion d'accords en vue d'organiser et d'améliorer les services internationaux entre les pays. Ces commissions examinent, chacune pour la région qui lui est propre, les questions techniques, d'exploitation et de tarification que pose la mise en application des différentes phases de ce plan. (Une première phase couvre une période de 4 ans, l'étape plus éloignée une période de 8 ans.) Elles sont chargées de procéder à l'inventaire des questions intéressant tous les pays, y compris les pays neufs ou en développement, et de provoquer leur mise à l'étude.

Quatre commissions régionales traitent respectivement des plans pour

- l'Afrique
- l'Amérique latine
- l'Asie et l'Océanie
- l'Europe et le Bassin méditerranéen.

L'activité des commissions régionales est coordonnée par la Commission mondiale du Plan, qui rassemble les résultats des travaux. Les commissions mondiales et régionales du Plan se réunissent tous les 4 ans.

Les commissions régionales du Plan établissent les statistiques du trafic téléphonique, télégraphique et télex ainsi que les prévisions de développement des divers genres de trafic pour les 8 années suivantes. Elles calculent les circuits nécessaires pour les étapes considérées et en fixent l'acheminement. Tenant compte également des circuits destinés à des organismes privés ou internationaux tels que l'Organisation météorologique mondiale, les services aéronautiques, etc., et se préoccupant aussi des besoins pour la radiodiffusion et la télévision, les commissions du Plan déterminent les nouvelles artères de transmission à réaliser au cours de la période considérée. Elles s'assurent de la concordance des résultats avec les plans précédemment établis et élucident, le cas échéant, la raison de différences éventuelles. Les commissions du Plan prennent en considération tous les moyens de transmission, qu'il s'agisse de câbles terrestres ou sous-marins, de liaisons radioélectriques à ondes courtes ou par faisceaux hertziens, ou de systèmes par satellites.

Dans le domaine de la collaboration internationale, l'année 1969 fut marquée d'une réalisation réjouissante, je veux parler du pool téléphonique Europe–Japon.

En 1969, en effet, deux réalisations techniques importantes ont été inaugurées: la pose d'un câble sous-marin entre le Japon et le continent asiatique et la mise sur orbite d'un satellite Intelsat III au-dessus de l'océan Indien. Pour l'Europe, ces deux nouvelles liaisons directes de haute qualité remplacèrent les communications à ondes courtes.

Le trafic téléphonique entre pays européens et Japon est encore relativement faible. Pour utiliser au mieux ces circuits coûteux, les administrations membres de la CEPT décidèrent d'utiliser un faisceau de circuits en commun (Pool) entre l'Europe et le Japon.

Les administrations participant au pool ont admis que 50 % environ des circuits seraient acheminés par câble, le reste par Intelsat III. Le centre de transit, fixé tout d'abord à Berne, fut relié à Tokyo par le câble transsibérien. Pour les circuits par satellites qui vinrent ensuite, Berne est reliée aux stations terriennes de Raisting en Allemagne, Fucino en Italie et Buitrago en Espagne.

Lors de la mise en service, 12 circuits ont été ouverts au trafic, le pool groupant 11 grandes villes européennes, tandis que 9 autres grandes villes, non membres du pool, bénéficient également des circuits Berne–Tokyo.

On estimait que les premières périodes d'exploitation se solderaient par un déficit qui serait compensé ultérieurement, lorsque le trafic téléphonique acheminé par le pool aurait

dépassé le seuil de rentabilité. Contrairement à toute attente, les comptes de la première période se sont soldés par un léger excédent, et pour faire face au trafic croissant on a dû rapidement créér des voies supplémentaires, si bien qu'à l'heure actuelle le faisceau comprend 30 circuits dont 18 par satellite.

Dans la réalisation actuelle, le centre de transit a été transféré de Berne à Zurich afin d'éviter, quel que soit le sens du trafic, de faire transiter les appels par deux centres internationaux en Suisse.

L'établissement automatique d'une communication téléphonique ne peut se faire sans l'entremise de nombreux équipements techniques. Pour assurer la coordination nécessaire, il est indispensable d'avoir recours à un système de signalisation. Le système le plus utilisé en Europe est le système nº 4 préconisé par le CCITT. Bien qu'ayant prouvé sa valeur indiscutable pour les relations internationales, il n'a pas été introduit universellement, parce que n'étant pas compatible avec certains dispositifs de transmission utilisés sur les câbles sous-marins. Pour pallier ces inconvénients, la Suisse a proposé un système de signalisation par code multifréquence (R2) développé par les spécialistes de notre entreprise, qui sera vraisemblablement largement utilisé en Europe dans un proche avenir. Il présente en particulier les avantages suivants:

a) grande vitesse de transmission de l'information de numérotation et, partant, établissement rapide des communications;
b) facilité d'interconnexion et de commutation avec les autres système de signalisation;
c) sécurité et fiabilité hautement opérationnelles;
d) possibilités de transmettre des informations complémentaires dans les deux directions.

La signalisation permet également de résoudre les problèmes de taxation internationale, puisqu'il faut bien rémunérer les prestations fournies, tant sur le plan du matériel que sur celui du personnel, par les administrations concourant à l'établissement des liaisons. Le demandeur d'une communication doit payer la taxe couvrant la totalité des frais, qui est encaissée par l'administration du pays de départ. Il incombe à cette dernière de rémunérer les administrations étrangères. Les taxes perçues sont fixées sur la base de recommandations du CCITT et de la CEPT. En régime automatique, la durée de chaque communication, dans le pays de départ, est enregistrée à l'aide de compteurs. Le pays de destination n'étant généralement pas à même de contrôler le volume de trafic international entrant, la comptabilité internationale est fondée sur la confiance réciproque. Pour faciliter le règlement des comptes, un clearing, du reste proposé et géré par l'Entreprise des PTT suisses, a été créé entre les pays de la CEPT.

4. Perspectives d'avenir

Le fait de disposer aujourd'hui d'un reséau de télécommunications englobant le monde entier ne signifie pas que le développement soit parvenu à son terme. Le service de transmission de données par exemple, introduit il y a quelques années déjà, en est la preuve. Des études de marché sont en cours afin de mieux définir les besoins, et nous recherchons l'application de nouveaux systèmes capables d'offrir une solution aux problèmes de transmission et de commutation dans ce domaine. Pour faire face à l'augmentation du trafic de télécommunication, de nouvelles techniques devront être développées, analogiques ou digitales.

Les systèmes de transmission analogiques ont fait de grands progrès durant les deux dernières décennies. On envisage dans un avenir assez proche d'augmenter à 2700 canaux la capacité de paires

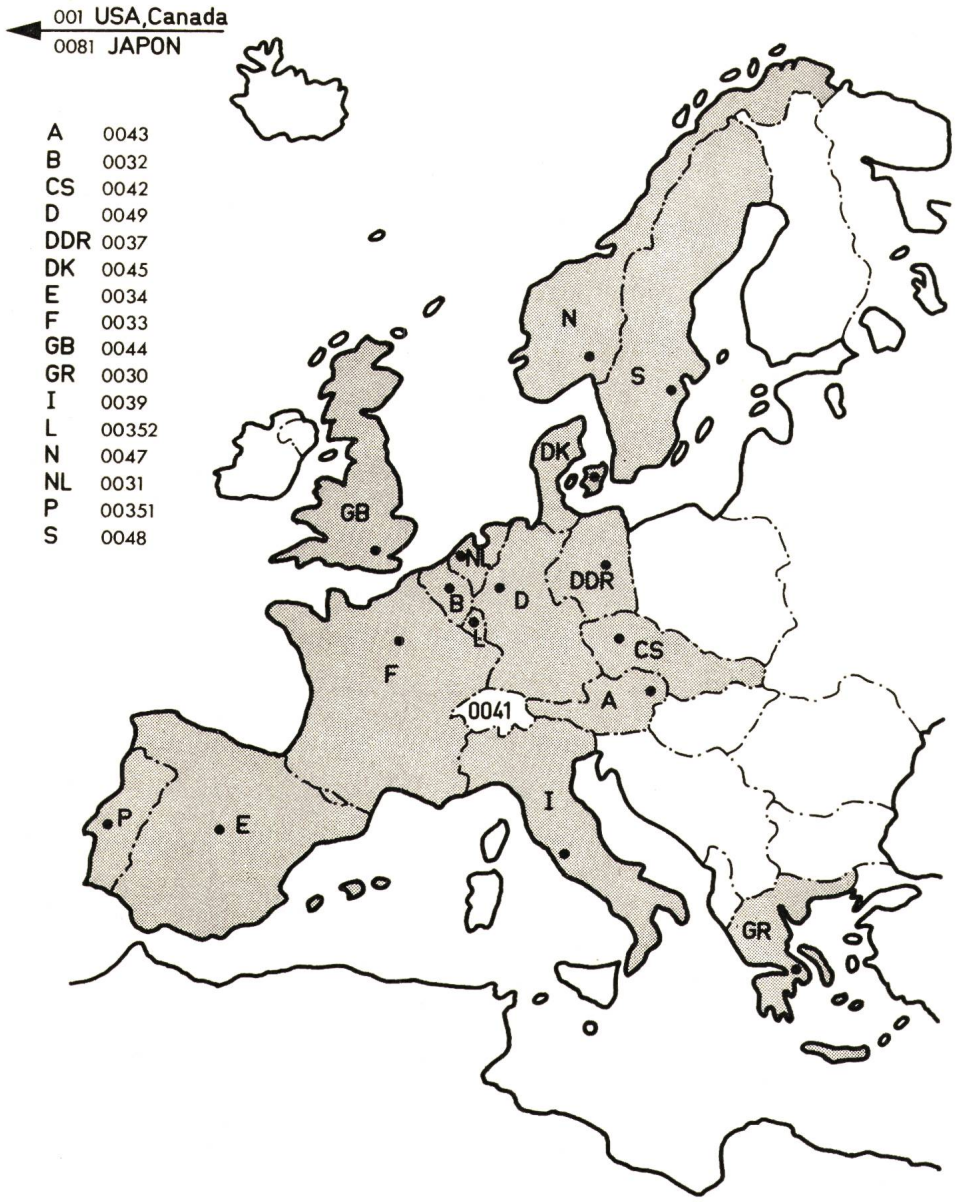

Fig. 3
Téléphone: sélection automatique internationale depuis la Suisse

coaxiales de petit diamètre en utilisant des systèmes de transmission à 12 MHz, alors que ceux à 60 MHz permettront de créer jusqu'à 10 800 canaux sur les paires coaxiales de grand diamètre.

Les systèmes de transmission digitale, travaillant en modulation par impulsion et codage (MIC ou PCM), sont appliqués en Suisse et à l'étranger depuis quelques années. Des installations à 30 canaux, pour une vitesse de transmission de 2,048 Mbit/s, font l'objet de recommandations de la part de la CEPT et du CCITT. Des systèmes plus évolués pour 120 canaux et 8,448 Mbit/s sont déjà normalisés sur le plan international, d'autres le seront probablement pour 480 canaux et 34 Mbit/s ou 1920 canaux et 140 Mbit/s.

Dans le domaine de la transmission, nous pourrons donc faire appel d'une part à la technique analogique qui nécessite une faible largeur de bande, mais exige des équipements une très grande linéarité et un faible bruit et, d'autre part, à la technique digitale qui utilise une largeur de bande bien plus grande mais qui est très peu sensible au bruit et aux perturbations extérieures.

Il semble donc que pour les transmissions à longue distance, continentales ou intercontinentales, la technique digitale permettrait de respecter plus facilement les normes de qualité fixées.

Grâce à l'électronique, la technique de la commutation évolue également à un rythme très rapide. Depuis peu, des centraux semi-électroniques commandés par processeurs et utilisant la technique de multiplexage spatial sont en service afin de réduire le nombre des contacts électromécaniques, ceci dans le but de diminuer le volume des équipements et les frais d'entretien. Des systèmes de commutation entièrement électroniques n'ont un sens que s'ils font partie d'un réseau intégré de transmission digitale faisant appel à la technique MIC déjà évoquée. Si de telles solutions devaient s'imposer à l'étranger, la Suisse aurait à s'adapter à cette évolution, en vue de faciliter la connexion de son réseau de télécommunication aux réseaux des autres pays. Dans cette optique et en collaboration avec l'industrie privée, l'Entreprise des PTT travaille au développement d'un système de télécommunication intégré (IFS-1) qui, en plus, aurait l'avantage d'offrir certaines facilités aux abonnés.

En outre, il serait possible de rationaliser l'exploitation et l'entretien. De plus, le volume des équipements serait réduit au moins d'un facteur 4. On espère, par la suite, atteindre une réduction sensible des frais de construction, une économie de personnel et une sécurité de fonctionnement accrue. Toutefois, l'introduction de ce système de télécommunication intégré ainsi que des nouveaux services désirés par les abonnés dépendra des possibilités technologiques et des facteurs économiques.

L'avenir pose donc des problèmes ardus appelant des décisions à longue échéance. Dans le cadre des objectifs que s'est fixés l'Entreprise des PTT, nous cherchons des solutions optimales afin d'offrir à la clientèle des services efficaces et modernes, non seulement à l'échelon national, mais aussi mondial.

Adresse de l'auteur:
M. *B. Delaloye*, ing. dipl., directeur des services des télécommunications, Direction générale des PTT, Viktoriastrasse 21, Berne.

ABBÉ RENÉ JUST HAÜY

1743–1822

Deutsches Museum, München

Im kleinen Dorf Saint Just im Departement Oise kam René Just Haüy am 28. Februar 1743 als Kind eines Leinenwebers zur Welt. Er wird Chorsänger in einem ärmlichen Pariser Viertel und erhält durch Vermittlung des Abtes ein Stipendium ans College de Navarre. Dank seiner hervorragenden Leistungen bekommt er nach dem Abitur den Posten eines Physiklehrers. Als er 22 Jahre zählt, kommt sein Physikbuch heraus das ihn mit vielen Wissenschaftern zusammenbringt. Das führt dazu, dass er sich besonders für Kristallographie und für die Elektrizität zu interessieren beginnt. Er erforscht die Struktur der Kristalle, die Symmetriegesetze und macht sich Gedanken über die Kräfte, die diese gesetzmässigen Formen zustande bringen. In einem «Die Struktur der Kristalle» betitelten Buch fasst er seine Beobachtungen zusammen und spricht die Vermutung aus, es könnten elektrische Kräfte im Spiele sein.

1783 wird er zum Mitglied der Académie ernannt.

Im vorhergegangenen Jahr hat Haüy seine für die Elektriker wichtige Entdeckung gemacht: die Piezoelektrizität. An einem Doppelspat (Calzit, $Ca\,CO_3$) stellt er fest, dass beim Drücken des Kristalles die Oberflächen elektrisch geladen werden. Hört die Beanspruchung auf, so verschwindet die Ladung wieder. Gewisse Kristalle, wie Quarz, Seignettesalz und Turmalin werden auch beim Ziehen elektrisch. Die Piezoelektrizität hat inzwischen verschiedene Anwendungen gefunden, in der Nachrichtentechnik, für Radio und Ultraschall.

Nach 20 Jahren Dienst an der Universität zieht sich Haüy zurück. Die Revolution bringt ihn jedoch um seine Privilegien. 1802 erhält er dann den Lehrstuhl Daubentons am Musée national d'histoire naturelle. Bei der Gründung der Universität wird für ihn ein Lehrstuhl für Mineralogie geschaffen. Doch bei der Restauration verlor Haüy abermals Hab und Gut. Er starb in grosser Armut am 3. Juni 1822 in Paris. *H. Wüger*