
La commutation temporelle, de la naissance en Bretagne au développement mondial (1962-1983)

Daniel Goby

daniel.goby@wanadoo.fr

Résumé.

Introduction : la commutation dans le monde au début des années 1960, industrie et recherche.

Les débuts de la recherche en commutation électronique : la prépondérance des Bell Labs et l'orientation naturelle vers les techniques spatiales; les expériences au Centre National d'Études des Télécommunications : Aristote et Socrate.

La décentralisation du C.N.E.T. à Lannion et la décision de lancer des études sur la commutation temporelle : le doute général sur la réussite à court terme des études temporelles aussi bien au plan technique qu'au plan économique; les premières études et la structure retenue; les limites fixées par la technologie et les difficultés majeures : l'équipement d'abonnés et les mémoires-série; la première maquette réalisée en éléments discrets (1965); la commande à 2 niveaux : organes spécialisés pour le temps réel; calculateur universel pour la maintenance et la gestion.

Le projet PLATON (prototype lannionais d'autocommutateur temporel à organisation numérique) : la création de la Société Lannionaise d'Électronique (SLE) en 1966; la normalisation des systèmes MIC européens sur la base de 32voies (1968); la maquette pré-industrielle PL1 (1969); la mise en service du 1er centre urbain temporel à Perros-Guirec (début 1970); la poursuite de l'équipement de la zone de Lannion (1970-1971).

Les projets de développement du système E10 et la réflexion sur les systèmes futurs (1972-1975) : le développement du système E10 avec une forte implication du C.N.E.T./Lannion; l'impossibilité de définir et de choisir un système de commutation électronique unique pour le réseau français.

Les incertitudes créées par les changements de politique et d'organisation des télécommunications(1975-1977).

L'orientation irréversible vers la commutation temporelle à partir de 1977.

Abstract. *Introduction: The switching industry and research over the world in the early sixties. The beginnings of the electronic switching studies: the dominant position of the Bell Labs and*

the logical orientation towards spatial technics; the C.N.E.T. Aristote and Socrate experiences. The decentralization of the C.N.E.T. in Lannion and the decision to undertake digital time-division switching researchs: the widespread doubt about the short-time technical and economic chances to succeed for digital switching researchs; the first studies and the chosen structure; the technologic limits and the major difficulties: the subscriber equipment and the storage series memories; the first model made of discrete components (1965); the 2 level controls: specialized control units for real-time works, business computer for supervision and management.

The PLATON project: the Lannion Electronics Society (SLE) creation in 1966; the European normalization of the 32 channel PCM systems (1968); the pre-industrial model PL1 (1969); the starting up of the first time-division switching exchange in Perros- Guirec (March 1970); the continuation of the Lannion area equipment (1970-1971).

The extension projects of the E10 system and the debates about the future systems (1972-1975): the extension of E10 system thanks to the strong involvement of C.N.E.T./Lannion; the inability to define and to choose a unique electronic switching system for the french network.

The uncertainties resulting from the political and organisational changes in the French telecommunications (1975-1977).

The irreversible way to the digital time-division switching systems from 1977.

L'objet de cet article est de décrire et d'analyser pourquoi, à partir d'une opération de décentralisation d'un centre de recherche public, naquit et mûrit en Bretagne une technique des télécommunications aujourd'hui mondialement adoptée. Comment en l'occurrence, la commutation électronique temporelle, associée à un mode de transmission numérique pour lequel elle est transparente, s'est-elle développée? Telles sont les questions essentielles dont traite cet article.

Entre 1960 et 1980, faisant fi des opinions contraires de la grande majorité des experts du monde entier, quelques décideurs ont donné leur chance à des chercheurs sans doute audacieux mais ayant une juste intuition d'une rapide évolution dans la technologie des composants électroniques. Cette aventure technico-industrielle s'est produite dans un contexte de relative indifférence initiale car les médias et le grand public étaient alors beaucoup plus préoccupés par l'obtention, fort laborieuse à l'époque, d'une ligne téléphonique que par les avantages futurs que procurerait la recherche. Plus curieusement, l'action du pouvoir politique semble avoir été faible alors que pourtant le régime gaulliste de l'époque, soucieux d'indépendance nationale, faisait preuve d'un dirigisme fort dans des domaines jugés sans doute plus vitaux (énergie, espace, nucléaire).

Au cours des années 1960-1970, dans la plupart des pays, les sociétés exploitantes sont en fait soit des administrations en charge de la poste et des télécommunications (Allemagne, Royaume Uni), soit des compagnies publiques de télécommunications (Japon). Seuls les États Unis font exception avec la société privée A.T.T. (*American Telegraph and Telephone*). Mais quel que soit leur statut, ces organismes ont en commun le fait d'être en situation monopolistique.

L'industrie, quant à elle, est totalement dominée par la puissance américaine. Sur le plan intérieur, A.T.T. a sa propre société fabricante, la Western Electric. Sur le plan international, I.T.T. (*International Telegraph and Telephone*) est présente partout au travers de multiples filiales. On peut seulement ajouter la N.E.C. japonaise dominante en Asie sur un marché encore en devenir, l'Allemand Siemens très diversifié et la société suédoise L.M. Ericsson que l'étroitesse de son marché intérieur a obligée d'être très active internationalement, en particulier en Amérique Latine. Enfin, la recherche, souvent associée à l'industrie, est, encore plus que cette dernière, totalement dominée par les compagnies américaines et plus particulièrement la filiale d'A.T.T., les célèbres Bell Laboratories (*Bell Labs*) inventeurs du transistor en 1947. On notera au passage qu'A.T.T. contrôle l'ensemble de la chaîne recherche, fabrication, exploitation. I.T.T. a ses propres services de recherche. Les pays dont l'exploitant est de statut public ont la plupart du temps un organisme de recherche associé (Grande-Bretagne, Suède, Allemagne) travaillant en collaboration plus ou moins étroite avec l'industrie nationale.

À la même époque, l'exploitation du réseau français est confiée au ministère des P.T.T. au sein duquel la Direction Générale des Télécommunications dispose d'une autonomie relative. Le réseau téléphonique, faiblement automatisé (grandes villes, quelques zones touristiques), est sous-dimensionné, provoquant ainsi un étranglement du trafic et une pénurie de l'offre. En effet, la priorité ayant été accordée plutôt aux transports et à l'énergie par le pouvoir politique après la seconde guerre mondiale, les télécommunications ont été « *omisées dans les quatre premiers plans de développement* » [3, p. 29]. On ne peut que rappeler le sketch de Fernand Raynaud, « *le 22 à Asnières* », mais aussi hélas la phrase reflétant une triste réalité : « *la moitié des Français attendent le téléphone, l'autre moitié attend la tonalité!* ».

Au plan industriel, si les sociétés françaises sont bien présentes dans le domaine de la fabrication des câbles et des équipements de transmission, le marché de la commutation est dominé par les filiales I.T.T., L.M.T. (Le Matériel Téléphonique) et C.G.C.T. (Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques) qui disposent de 47 % des commandes publiques en 1960 ; la filiale du Suédois Ericsson, la S.F.T.E. (Société Française des Téléphones Ericsson) obtient 19 % du marché, alors que les sociétés françaises C.I.T. (groupe C.G.E.) et A.O.I.P. (Association des Ouvriers en Industries de Précision, coopérative ouvrière) en ont respectivement 25 % et 9 % en fabriquant un matériel (CP400) sous licence Ericsson [3, p. 38].

Malgré la présence d'une filiale du groupe I.T.T., le Laboratoire Central des Télécommunications (L.C.T.), la recherche en France dans le domaine des télécommunications est dominée par le Centre National d'Etudes des Télécommunications (C.N.E.T.). Organisme public interministériel, sa gestion est confiée au Ministère des P.T.T. et son principal « client » est tout naturellement la Direction Générale des Télécommunications. Au travers de deux sociétés d'économie mixte, la SO.TELEC. (transmission) et la SO.CO.TEL. (commutation) regroupant l'Administration et les principales sociétés industrielles, le C.N.E.T. coordonne les études réalisées soit

dans ses laboratoires, soit au moyen de marchés passés essentiellement avec ces sociétés.

1 Les débuts de la recherche en commutation électronique

C'est P. Marzin, alors directeur du C.N.E.T., qui, revenant enthousiasmé du premier symposium organisé par les Bell Labs en Mars 1957, décide d'entreprendre des recherches en commutation électronique. À cet effet, il crée le département Recherches en Machines Electroniques (RME) qu'il confie à L.J. Libois. L'influence des Bell Labs est telle que les études de R.M.E. s'orientent tout naturellement vers les mêmes structures « spatiales ». Et, après les balbutiements inévitables, elles aboutissent vers 1963 à deux systèmes expérimentaux; l'un, ARISTOTE, possède un réseau de connexion entièrement électronique et a pour commande un calculateur, RAMSES, réalisé également par le C.N.E.T. L'autre, SOCRATE, est doté d'un réseau de connexion de type Crossbar CP400 piloté par deux calculateurs spécialisés dénommés multienregistreurs fonctionnant en « partage de charge » comme dans les commutateurs électromécaniques. Ce principe, adopté sur les conseils de P. Lucas, se distingue de celui des Américains basé sur le « synchronisme » des deux calculateurs.

2 La décentralisation du C.N.E.T. à Lannion et la décision de lancer des études sur la commutation temporelle

Les difficiles conditions dans lesquelles le Centre de Recherches de Lannion (C.R.L.) a été créé ont donné lieu à de nombreux écrits¹. S'ajoutant aux difficultés matérielles liées à une telle implantation, se greffa le scepticisme, non dénué d'arguments et partagé par beaucoup de spécialistes, sur la possibilité de faire vivre un centre de recherches dans une zone à vocation rurale, éloignée de tous les contacts indispensables (universités, autres centres de recherche, industrie). Ces craintes, parfois aux confins du mépris, peuvent se résumer dans l'anecdote suivante : F. Tallégas (futur directeur technique de la C.I.T.), alors jeune ingénieur au département Transmission du C.N.E.T. à Issy les Moulineaux, s'était entendu dire par l'un de ses aînés : « *vous voulez partir à Lannion, vous avez tort. Dans un an, ce centre sera transformé en colonie de vacances!* »².

Mais quelles activités est-il prévu de déléguer aux laboratoires de Lannion? Il semble bien acquis que P. Marzin voulait faire de la recherche sur l'espace un des points forts du nouveau centre [11, 2]. La création du Centre National d'Études Spatiales (CNES) mit fin à cette espérance. L'idée s'impose alors de spécialiser Lannion

1. On peut lire en particulier [11], [19], [3], [13] et [2].

2. Témoignage oral de F. Tallégas (mai 2000).

dans les études dites soit d'avant-garde, soit d'échéance à plus long terme³. En effet, ces études ne nécessitent pas de contact permanent avec des industries alors totalement absentes de la région lannionnaise. La commutation temporelle fut l'un de ces nouveaux champs. Effectivement, en 1962, P. Marzin nomme L.J. Libois directeur du Centre de Recherches de Lannion (C.R.L.) à une époque où ce dernier a pris conscience que « *nous nous essoufflerions à essayer de courir après nos collègues américains sur le terrain qu'ils ont choisi* » [6], c'est-à-dire la commutation électronique spatiale. Et c'est ainsi qu'ayant convaincu P. Marzin que la commutation électronique temporelle serait la grande affaire du nouveau centre de recherches du C.N.E.T. à Lannion, L.J. Libois y crée le département Commutation et Traitement de l'Information (C.T.I.) sous la direction d'A. Pinet. C'est probablement avec une relative indifférence que l'état-major du département R.M.E. observa une telle amputation de son domaine, tant il était sûr qu'en accord avec presque tous les experts, le « temporel » ne saurait concurrencer ses projets spatiaux à terme raisonnablement envisageable.

Contrairement à la commutation spatiale qui oriente les signaux téléphoniques tels qu'ils lui sont transmis à partir du microphone de l'appareil d'un utilisateur, la commutation temporelle ne les aiguille qu'après les avoir échantillonnés dans le temps et transformés en combinaisons numériques selon le principe de la modulation par impulsions codées (MIC). Cette transformation en numérique permet d'utiliser un réseau de connexion intégralement électronique et contourne donc les difficultés que rencontre la commutation électronique spatiale à trouver un point de connexion réellement satisfaisant. Malgré cet avantage, la complexité technique, et donc le coût élevé de l'opération, enlèvent apparemment toute chance à la commutation temporelle, du moins au début des années 1960. Mais celle-ci peut retrouver un intérêt fondamental dans la mesure où elle est transparente à ce système de modulation par impulsions codées qui retient depuis longtemps déjà l'intérêt des spécialistes de la transmission.

L'idée ancienne du MIC ne va devenir opérationnelle qu'au cours des années 1960 avec l'apparition des semi-conducteurs et surtout des circuits intégrés. L'intérêt immédiat de ce type de transmission est d'économiser la pose de nouveaux câbles inter-centraux dans les grands réseaux urbains. Habitué à des groupes de base à 12 voies en technique analogique, les transmetteurs s'orientent tout naturellement vers un système de base MIC multiple de 12 : 24 voies aux États-Unis et au Japon, 36 en France. Les commutants du « temporel », soucieux d'économie de place en mémoire, choisissent un nombre binaire pur, en l'occurrence un système de base 32 voies. Le maintien de ce hiatus initial, supprimé en 1966-1967, aurait certainement freiné pour longtemps le développement de la commutation temporelle en lui otant un de ses avantages évidents : sa quasi-transparence aux systèmes MIC.

3. Voir *Ouest France* et *Le Télégramme* du 29 octobre 1963, comptes-rendus de l'inauguration du C.N.E.T. de Lannion par J. Marette, Ministre des P.T.T., le 28 octobre 1963.

C'est donc au sein du département C.T.I. que commencent, dès le début de 1963, les études de commutation temporelle. Deux projets sont lancés en parallèle. Le premier concerne un autocommutateur privé de 200 lignes, l'AT.200. Les échantillons de parole sont seulement modulés en amplitude (M.I.A.), donc sans codage. Ils sont véhiculés sur un multiplex de 32 voies, secouru en cas de besoin par un autre multiplex identique. La commande est constituée d'un multienregistreur et d'un traducteur dont les données sont doublées sur un ruban de papier perforé. Un premier exemplaire est réalisé au C.N.E.T. ; un second est fabriqué par le laboratoire commun de SO.CO.TEL. (installé à Lannion) et envoyé à l'exposition universelle de Montréal en 1967 où il surprend les visiteurs des sociétés Bell des États-Unis et du Canada. Le second projet concerne l'étude d'un autocommutateur public de moyenne capacité. La mode étant à l'époque de baptiser les projets de noms glorieux de l'Antiquité (RAMSES, ARISTOTE, SOCRATE, etc.), c'est ainsi que l'illustre PLATON (prototype lannionnais d'autocommutateur temporel à organisation numérique) espère un futur aussi prestigieux que son passé ! Très rapidement, l'organisation générale du commutateur, c'est-à-dire la répartition des différentes opérations à effectuer, est arrêtée [14]. Elle variera très peu au cours du temps, y compris quand PLATON deviendra le produit industriel E10. On peut distinguer grossièrement deux familles de sous-ensembles :

1. les organes chargés d'assurer l'interface avec les lignes d'abonnés et les circuits ainsi que l'échantillonnage et le codage de la parole. Une *unité de sélection d'abonnés* gère 512 de ceux-ci, concentrés sur deux multiplex MIC de 32 voies ; et une *unité de sélection de circuits* gère 64 circuits accédant aussi à 2 multiplex 32 voies (donc sans concentration). Tous les multiplex sont raccordés à un *réseau de connexion* au travers duquel on doit pouvoir établir à la demande n'importe quel transfert d'informations codées entre les voies de chacun d'eux. Ce choix structurel prête peu à discussion ; la difficulté réside dans la réalisation, vu la technologie alors disponible.
2. les organes chargés de piloter l'ensemble des opérations, et en premier lieu une *base de temps générale*, horloge générant et distribuant les différentes cadences indispensables dans un système temporel. Quant aux organes de commande proprement dits, leur organisation pose problème. Les responsables ont pleinement conscience des difficultés à surmonter pour programmer une machine chargée de toutes les opérations d'un centre de commutation (dont toute une partie exigeant le temps réel) et savent que les énormes moyens mis en œuvre par les « Bell Labs » pour y parvenir ne sont pas mobilisables au sein du C.N.E.T. ou de SO.CO.TEL. C'est pourquoi L. J. Libois souhaite qu'on cherche une solution amenant à une programmation moins lourde et moins onéreuse. Après des réflexions menées en commun avec J.B. Jacob et J. Vincent Carrefour (responsable du centre de calcul du C.N.E.T.

au sein du département C.T.I.), A. Pinet s'oriente vers une commande dite répartie : les fonctions en temps réel (établissement, taxation, rupture des communications) seront exécutées par des petites unités spécialisées, les fonctions de gestion et de maintenance dont la réalisation est acceptable en temps différé seront à la charge d'un ordinateur de type universel. Celui-ci pourra alors être commun à plusieurs commutateurs. Cette idée est très facilement adoptée par M. Revel, responsable des études sur les organes de commande ; il écrit que « *comme beaucoup d'autres à Lannion, j'étais un commutant faisant de l'électronique et non pas, comme à Paris, un informaticien faisant de la commutation* »⁴. En effet, lui-même et la plupart des membres de son groupe sont des commutants issus des techniques électromécaniques. Tous se sentent armés (et motivés) pour concevoir des ensembles logiques pilotés par un programme « câblé » constitué d'instructions complexes adaptées à la téléphonie. C'est ainsi que naît le groupe de quatre organes constituant la commande de PLATON : le *marqueur* assurant les échanges d'informations entre les différents types d'organes, le *multienregistreur* pilotant l'établissement et la rupture des communications, le *traducteur* mémorisant les caractéristiques de tous les accès au commutateur (lignes d'abonnés ou circuits) et le *taxeur* chargé de calculer les taxes des conversations et de les imputer aux comptes des abonnés concernés. La technique utilisée est plus originale que le vocabulaire directement issu des commutateurs électromécaniques.

Au milieu des années 1960, les composants disponibles pour réaliser les organes ou fonctions décrits ci-dessus ne sont pas encore à la hauteur des ambitions des chercheurs, en termes de performances et de prix. Les fonctions logiques (traitement des informations numériques) sont donc effectuées avec des assemblages d'un module de base unique qui exécute l'opération NI. Ce module est un montage de composants discrets. Si ses performances sont très honorables pour l'époque (temps de basculement d'environ 12 nanosecondes), son encombrement est trop élevé pour construire des ensembles très importants.

Pour les mémoires temporaires ou semi-permanentes, on a choisi des lignes à retard utilisant le principe de la magnétostriction : une impulsion électrique délivrée à une extrémité d'un fil d'alliage métallique est restituée à l'autre extrémité avec un retard supposé constant et proportionnel à la longueur de ce fil. Or, si les lignes utilisées pour l'échantillonnage de la parole (donc avec un cycle de 125 microsecondes) sont assez courtes pour rester stables, celles plus longues, et en l'occurrence ici de huit millisecondes, qu'on adopte dans les multienregistreur, traducteur et taxeur pour lesquels ce cycle de travail est suffisant afin de traiter les événements téléphoniques (par exemple la numérotation composée par un abonné),

4. M.Revel, témoignage écrit, Juin 2000.

ont un retard trop dépendant des variations de température – et il suffit d'un décalage d'environ 400 nanosecondes pour tronquer les informations. Le réglage répété de ces lignes au moyen d'un tournevis, exécuté parfois par le chef de laboratoire sous le regard à tout le moins ironique de ses techniciens, constitue un criant anachronisme face aux principes futuristes de la commutation temporelle. Les couloirs des sous-sols du C.N.E.T./Lannion seront utilisés pour tester la qualité des alliages constituant ces lignes longues. Mais, ce sont les unités de raccordement des lignes d'abonnés qui posent les problèmes les plus aigus. En effet, aux habituelles fonctions logiques communes à tout organe d'un commutateur, s'ajoute le traitement des signaux vocaux spécifique aux techniques temporelles. Le choix initial est fait de réaliser l'échantillonnage de ces signaux dans chaque équipement de ligne d'abonné. Au bout du compte, un tel équipement « *malgré ses multiples fonctions..., étant propre à chaque ligne d'abonné, doit nécessairement être aussi simple que possible pour ne pas avoir une incidence trop importante sur le coût de l'installation* » [15, p. 28].

C'est aussi dans l'unité de raccordement d'abonnés que doit être réalisé le codage numérique des échantillons de parole. La loi de codage a été choisie après des « *essais téléphonométriques et des essais subjectifs d'opinions* » [15, p. 30], en l'occurrence celles des agents du département C.T.I. venant apprécier dans une salle spéciale la restitution plus ou moins fidèle de leur voix selon les différentes expériences de codage. Mais la réalisation d'un codeur respectant la loi retenue n'en reste pas moins très difficile avec les composants disponibles : elle prévoit 128 valeurs différentes, c'est-à-dire 2^7 , or il s'avère difficile de dépasser 2^6 .

Le cumul des difficultés techniques et économiques (les unes réagissant d'ailleurs sur les autres) rencontrées pour développer l'unité de raccordement d'abonnés explique pourquoi c'est cette dernière qui connaîtra, au cours du temps, le plus grand nombre de versions, très différentes les unes des autres, parmi les organes constitutifs de PLATON et de son successeur industriel E10.

Malgré ces contraintes, la première maquette de laboratoire entièrement fabriquée au C.N.E.T./Lannion est assemblée et fonctionne dès 1965. Certains problèmes sont volontairement contournés dans l'attente de technologies plus performantes. Ainsi, les communications sont établies à travers le réseau de connexion avec des intervalles de temps identiques pour le demandeur et le demandé. En effet, les mémoires (dites « tampons »), permettant d'y inscrire une combinaison de parole codée au temps x affecté au demandeur pour la lire au temps y affecté au demandé, ont un coût encore prohibitif. Les instructions constituant le programme de fonctionnement des organes de commande ne sont pas réalisées sur un support mémoire aisé à modifier. Enfin, le calculateur universel, dénommé Centre de Traitement des Informations (C.T.I.), chargé des opérations de gestion et de maintenance n'est pas jugé indispensable à ce stade de vérifications des principes. Ce rôle est joué provisoirement par un calculateur PB250 de Bull. Les résultats obtenus sont considérés comme très positifs ; la maquette PLATON fait maintenant partie du

circuit traditionnel suivi par les visiteurs officiels du C.N.E.T./Lannion. Les responsables jugent donc possible et nécessaire d'engager une seconde phase du projet devant aboutir à la mise en exploitation réelle dans le réseau.

Mais quelles appréciations les experts portent-ils sur cette première réalisation ? La nature temporelle du système PLATON les laisse toujours sceptiques quant à la possibilité de réaliser à court terme des réseaux de connexion de capacité suffisante. Le surcoût apporté par le passage « fréquences vocales-modulation par impulsions codées » au niveau des étages d'abonnés leur paraît également impossible à compenser par les économies attendues par ailleurs de l'électronique.

Mais ils sont encore beaucoup plus réservés, et le terme est sans doute faible, sur la structure qui a été choisie pour les organes de commande. Comment peut-on se priver de la souplesse des programmes enregistrés (modifiables par une simple relation homme-machine, sans intervention « physique ») gérés par des calculateurs au sein desquels sont centralisées toutes les fonctions ? Pourquoi prendre une autre option que les Bell Labs et A.T.T. qui, à la même époque (1965), mettent en service réel à Succasunna le prototype de l'ESS1 piloté par deux calculateurs synchrones ? On juge indélicat de rappeler qu'on ne maîtrise absolument pas la conception de programmes aussi vastes pour lesquels les Bell Labs ont consacré des moyens absolument exceptionnels et un temps ayant dépassé, tout aussi exceptionnellement, les prévisions. Aussi, la conclusion de l'article de présentation du projet [15, p. 44 et 45] dans le numéro 12 de *Commutation et Electronique* de mars 1966 consacre-t-elle à peine 15 % de sa longueur à rappeler les avantages attendus de la commutation temporelle, « en particulier ceux qui concernent le faible encombrement des installations, l'absence de bruit, la qualité du service due à l'extrême rapidité d'exécution des opérations, la souplesse du système quant à la possibilité de traiter des informations de natures diverses (téléphonie, transmission de données, etc.) ».

Le reste de cette conclusion sert à justifier la séparation qui a été faite entre fonctions de commutation et fonctions d'exploitation. Les premières, nécessairement exécutées sans défaillances et en temps réel « sont réalisées à l'aide de sous-ensembles spécialisés dont la pluralité, ..., place le système dans les meilleures conditions pour assurer un service ininterrompu ». alors qu'« il ne faut pas oublier que la centralisation des fonctions dans un organe unique accroît les difficultés d'assurer un service sans défaillances, lesquelles ne peuvent d'ailleurs généralement être surmontées qu'au prix d'une augmentation notable du matériel ».

Il n'est pas omis de rappeler combien la commande centralisée, obligatoire dans sa totalité, quelle que soit la capacité initiale du commutateur, est économiquement pénalisante pour les installations de dimension modeste. Par contre « La centralisation de certaines fonctions liées à l'exploitation dans un organe à programme enregistré mis à la disposition de plusieurs centres de commutation nous paraît être une solution avantageuse... ».

La longueur du plaidoyer en faveur d'une commande répartie montre bien qu'elle est en totale opposition avec les idées des années 1960, toutes favorables à la com-

mande centralisée, ne serait-ce que par conformisme avec ce que font les Bell Labs. Peu de spécialistes (y compris sans doute parmi les responsables de ce choix) auraient pensé qu'elle puisse s'imposer à terme. C'est pourtant ce qui s'est produit (essentiellement à cause du développement des microprocesseurs), et c'est bien du mérite pour certains experts de reconnaître en 1990 que « *cette structure décentralisée, très en avance sur son temps, s'est révélée être un bon choix lorsque sont apparus les microprocesseurs, et c'est maintenant une caractéristique « dernier cri » dont se vantent tous les constructeurs modernes de commutation* » [8].

C'est donc à cause de cette organisation, qui évite les difficultés de la programmation lourde, que PLATON a réussi et que le système E10 s'est imposé dès les années 1970. C'est en tout cas la thèse adoptée par plusieurs acteurs du projet, en particulier par J.N. Méreur (futur directeur des programmes au C.N.E.T.), jeune ingénieur alors chargé d'en favoriser le développement auprès des services exploitants. La nature temporelle du système, pourtant beaucoup plus innovante, ne sera pleinement appréciée qu'une dizaine d'années plus tard. Peut-être a-t-il fallu qu'A. Pinet se réfère à son riche passé de chercheur pour qu'il ne se montre pas trop surpris par le fait qu'un choix « par défaut » (la commande répartie) se soit montré prépondérant dans le succès rapide de son idée originale (la commutation temporelle).

3 Le projet PLATON

C'est dans la *Note Technique Interne* NTI/39 datée du 21 Juillet 1965 intitulée « *Projet d'installation d'un ensemble de commutation temporelle intégré au réseau téléphonique général dans la zone de Lannion-projet PLATON* » qu'A. Pinet décrit la structure du futur système et définissait les éléments à mettre en œuvre pour l'introduire dans le réseau de Lannion à la place des équipements existants.

La réalisation de ce projet ne pouvait se concrétiser sans la participation d'un industriel. P. Marzin sut convaincre A. Roux (président de la CGE) de se lancer dans l'aventure en usant du seul argument dont il disposait : au travers de l'avance prise par le C.N.E.T. dans le domaine des techniques temporelles, la C.I.T. (Compagnie Industrielle des Télécommunications, faisant partie du groupe C.G.E.) tenait sa seule chance, celle-ci fût-elle mince, de s'émanciper de la tutelle qu'elle subissait dans le secteur de la commutation – la C.I.T. fabriquait du matériel Crossbar CP400 sous licence Ericsson. A. Roux jugea vraisemblablement que le pari méritait d'être tenté, d'autant plus que si la réussite impliquait des conséquences considérables – elles seront énormes – pour la C.I.T. , un éventuel échec ne pouvait mettre en péril cette société. C'est ainsi que fut créée la SLE (Société Lannionaise d'Electronique) au début de 1966. Il est évident que la toute nouvelle S.L.E. ne possédait pas les compétences nécessaires en commutation, temporelle ou non ; elle ne pouvait guère y remédier qu'en puisant au sein du C.N.E.T., la direction de cet organisme étant d'accord dans un souci de réalisme. Ainsi L.J. Libois écrit-il que « *Pour ma*

part, je pensais que la solution la plus efficace était de transférer non seulement des dossiers, mais aussi des hommes et même les meilleurs » [7, p. 14] (!). Plusieurs ingénieurs du C.N.E.T furent donc sollicités et acceptèrent les propositions de la S.L.E.. Parmi ceux-ci, il faut distinguer J.B. Jacob, jamais à cours d'idées, qui jouera un rôle majeur dans la conception du système temporel de deuxième génération (E10B ou E10N1) et bien sûr F. Tallégas, alors ingénieur au département R.T.B. (transmission) qui, ayant fait part dans les mois précédents à L.J. Libois de son désir d'évoluer vers la recherche en commutation, se retrouva directeur de la S.L.E. à la fin de 1966⁵. Au sein du personnel fonctionnaire du C.N.E.T. imprégné d'une forte culture de service public, certains ressentent de l'amertume et s'élèvent contre le « cadeau » fait à des intérêts privés. Entre 1966 et 1969, une réussite de PLATON apparaît encore bien lointaine à la majorité du personnel, si bien qu'il est difficile de distinguer, dans l'opposition à cette aide à l'industrie, entre conception de l'intérêt public et frustration de chercheurs se voyant privés (très partiellement) d'un « jouet » de laboratoire.

La maquette pré-industrielle à réaliser avant exploitation réelle conserve la même répartition de fonctions entre les différents organes que celle de la première maquette. Mais l'évolution technologique est considérable. Tous les ensembles logiques sont constitués avec des circuits intégrés TTL Texas (après un échec cuisant d'une maquette réalisée en circuits intégrés DTL beaucoup trop lents). Le réseau de connexion sans blocage dispose de circuits MSI (*middle scale integration*). La mémoire-programme de 1 024 mots du multienregistreur est encore constituée de matrices à diodes mais une mémoire à couplage inductif de 2 048 mots est à l'étude à l'AOIP, autre constructeur associé au projet.

Un autre élément va s'avérer fondamental : L.J.Libois et A. Pinet réussissent à convaincre leurs collègues du Département Transmission du C.N.E.T. de s'orienter à partir de la mi-1967 vers l'étude d'un système MIC à 32 voies (2^5) partagées chacune en 8 éléments binaires (2^3). Le bien-fondé de leurs arguments, mais aussi leur qualité d'« anciens » de ce département, ont dû leur faciliter la tâche. Il n'empêche qu'il faut porter au crédit des transmetteurs le fait d'avoir pris en compte l'intérêt général. Cette norme 32 voies/8 eb sera adoptée par l'Europe en 1968 grâce aux efforts conjugués des Français et des Allemands, et reconnue en 1969 par l'Union Internationale des Télécommunications.

Les différents sous-ensembles de PLATON sont fournis à un exemplaire par l'A.O.I.P. et la S.L.E. au C.N.E.T./Lannion tout au long de l'année 1968. Ils sont d'abord testés dans les laboratoires où ils ont été conçus, le plus souvent en collaboration avec un représentant de l'industriel dont la présence facilite grandement la prise en compte des corrections (inévitables) à apporter sur les versions suivantes. Ils sont ensuite assemblés, toujours dans un local du C.N.E.T., pour constituer le commutateur prototype appelé « *maquette probatoire (PL1)* » [20]. Celle-ci fonc-

5. Témoignage oral de F. Tallégas, 30 mars 2000.

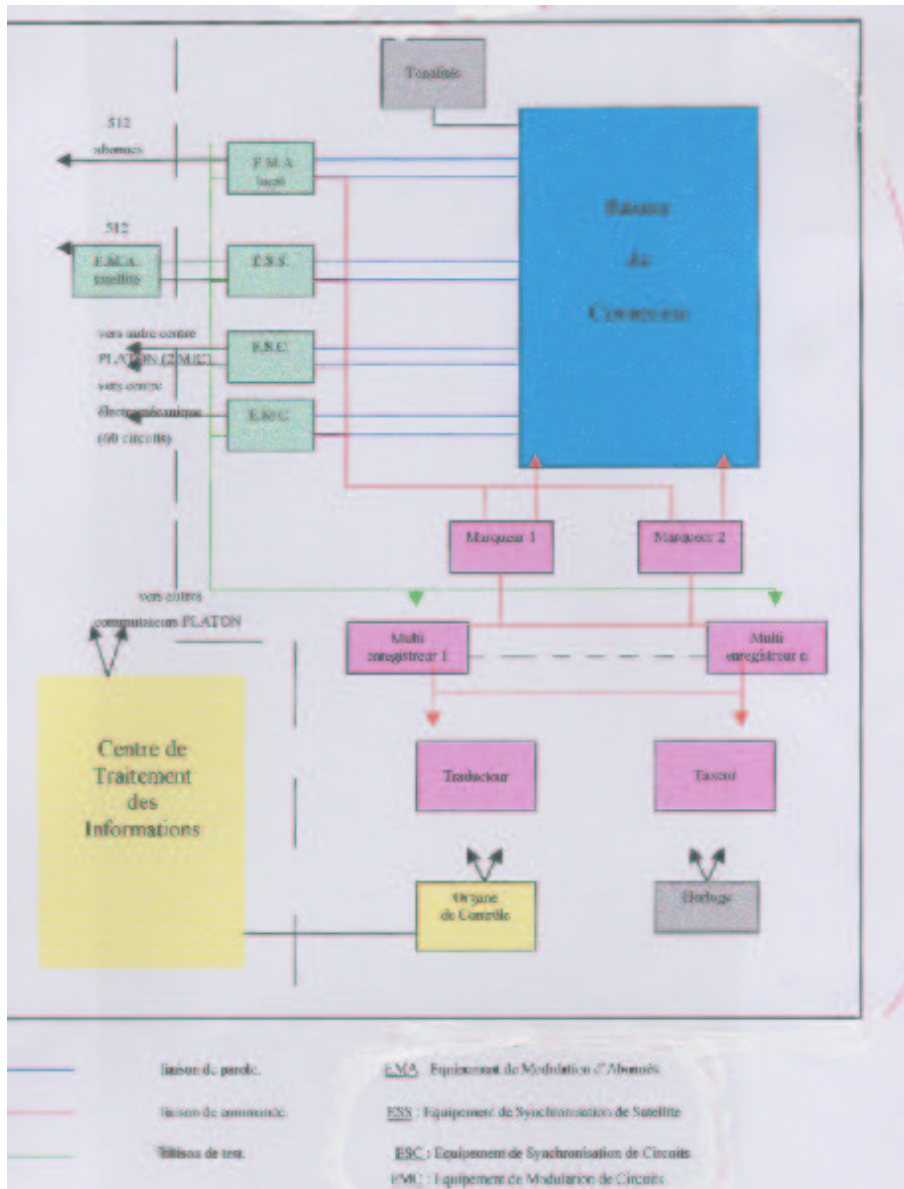


FIGURE 1 – Diagramme simplifié de PLATON

tionne dès le début de 1969 et le lancement en fabrication des unités destinées au réseau de Lannion démarre immédiatement.

Dans cette phase initiale, il n'a pas été jugé utile (ou possible) de rechercher sur le marché le calculateur universel chargé, au deuxième niveau, des opérations de supervision et d'exploitation, le Centre de Traitement des Informations (C.T.I.). C'est donc le calculateur RAMSES 1, conçu au C.N.E.T./R.M.E., qui assume le rôle de C.T.I. pour le projet PLATON avec des programmes écrits au C.N.E.T./Lannion.

3.1 La mise en service du centre urbain temporel de Perros-Guirec (début 1970)

La livraison des différents sous-ensembles sur le site de Perros-Guirec s'échelonne d'avril à juillet 1969, la Direction Régionale de Rennes ayant préalablement aménagé les locaux, en particulière la station d'énergie. La première communication entre abonnés locaux est établie dès le 30 juillet 1969 et les premières communications vers et en provenance de l'extérieur sont réalisées respectivement les 4 et 8 septembre 1969. Enfin, première mondiale, une communication entre Perros-Guirec et la maquette probatoire du C.N.E.T. est établie le 6 janvier 1970 en utilisant un code de signalisation « sémaphore » spécifique de PLATON.

Une première mise en service réelle est effectuée à la fin de janvier 1970. Après environ deux semaines, les abonnés sont repris en charge par le vieux commutateur SRCT, ceci afin d'apporter sur PLATON les corrections nécessaires pour cette première expérience. Et enfin, le basculement définitif des abonnés sur ce premier central PLATON a lieu le 13 mars 1970.

L'exploitation réelle met rapidement en évidence les points faibles du système. Ceux-ci se situent pour l'essentiel, et ce n'est pas une grande surprise pour les concepteurs, au niveau des composants analogiques et des mémoires. L'équipement d'abonné, très complexe, présente quelques faiblesses ; la plus mal perçue par les abonnés est due aux thyristors qui commandent l'envoi de sonnerie : trop sensibles aux moindres variations de leur environnement, ils se déclenchent à tort, provoquant ainsi des tintements répétés sur la sonnette des postes d'abonnés. Quant à la qualité de la parole après codage et décodage, bien que jugée bonne, elle est nettement inférieure à celle prévue par la théorie. On a conscience qu'il faudra rechercher des composants plus performants.

Les mémoires utilisées dans les organes centraux sont des lignes à retard à magnétostriction. Celles-ci confirment leur caractère fantasque, caractère amplifié par les variations de température. Les conséquences s'avèrent particulièrement pénalisantes en cas de perturbation des mémoires de traduction qu'il faut alors régénérer à partir du C.T.I.

En revanche, les ensembles logiques en circuits intégrés T.T.L. confirment leur grande fiabilité. Tout au plus constate-t-on quelques fautes intermittentes dans le

réseau de connexion dont la température de certains composants (supposés fonctionner à 65°) atteint 60°, bien que de l'air frais à 12° soit soufflé sur les bâtis. Un tri plus rigoureux de ces composants est mis en œuvre.

En guise de conclusion (très provisoire), le rapport de mise en service de Perros-Guirec [21] indique qu'après quatre mois d'exploitation réelle les problèmes évoqués ont été réglés, à l'exception de celui des lignes à retard dont le remplacement par des registres à décalage M.O.S.⁶ est prévu dans un proche avenir.

La presse a rendu compte de cette première mondiale que représente la mise en service réel d'un commutateur temporel, en insistant toujours sur le fait qu'il s'agit du « *téléphone de l'an 2000* » comme l'indique *Ouest-France* du 29 septembre 1969 en relatant la visite du chantier de Perros-Guirec par R. Galley (ministre des P.T.T.). Quant aux quelque sept cents abonnés de Perros-Guirec, ils vivent l'expérience avec une relative indifférence; ils apprécient peu les tintements de sonnerie des premiers jours d'exploitation et sont également déconcertés par la rapidité d'obtention des tonalités d'invitation à numéroté et de retour d'appel, habitués qu'ils sont à la lenteur du vieux Système SRCT.

3.2 La poursuite de l'équipement de la zone de Lannion (1970 - 1971)

Malgré de nombreux retards dans la fourniture des équipements et donc une trop brève mise au point, le commutateur temporel Lannion III se substitue à Lannion II le 16 juin 1970 en présence de Robert Galley, ministre des P.T.T. Si le nombre d'abonnés locaux raccordés est faible (environ 600), il reste que Lannion III (comme Lannion II précédemment) fait transiter tous les appels vers ou de l'extérieur pour tout le groupement de Lannion. La charge de trafic correspond à peu près à celle de 4 000 abonnés urbains; mais surtout un blocage prolongé ou un fonctionnement dégradé du système ne pourrait passer inaperçu de l'ensemble du réseau français, et encore plus en période estivale. Aussi, l'événement est-il assez largement traité par la presse, le ton des articles laissant deviner qu'ils sont à peu près le reflet de communiqués venant du C.N.E.T. ou de la Direction Régionale de Bretagne. Le 12 juin 1970, *Ouest-France* annonce, dans la page « Côtes-du-Nord » que « *Mardi, à Lannion, M. Galley, ministre des P.T.T., mettra en service le téléphone de demain* ». L'article se termine sur une note optimiste puisque « *ce prototype sera en service dans tout un secteur Ouest avant de s'étendre sur la France et l'étranger* ». Dans l'édition du 16 juin du même journal, la Direction Régionale promet une obtention plus rapide de la tonalité et pour plus tard l'accès aux postes à clavier et à des services nouveaux⁷ (ceux commercialisés de nos jours sous le nom de « services confort »). Enfin, le 17 juin 1970, toujours dans *Ouest-France*, il est dit que « *via PLATON, les*

6. M.O.S. = Métal - Oxyd- Semi-conductors.

7. Ces services nouveaux ne sont pas liés à la technique temporelle. Ils sont possibles, à quelques variantes près, sur tous les systèmes à commande électronique programmée.

deux ministres, Messieurs Galley et Pléven, ont échangé une communication téléphonique entre Lannion et Paris».

En réalité, l'été 1970 constitue pour Lannion III ce qu'un euphémisme désigne comme une « *période assez délicate de rodage* » [18]. Faute d'un temps suffisant, les nombreux essais nécessaires pour tester les différentes configurations n'ont pu être effectués. Il faut y remédier par une présence quasi-permanente sur le site d'ingénieurs et techniciens du C.N.E.T., y compris le dimanche. Quelques plannings de vacances estivales ont même dû être modifiés, ce qui n'est guère habituel au sein d'un organisme normalement protégé des contraintes qu'impose la permanence du service. L'activité dans la salle du commutateur Lannion III est à peu près aussi forte la nuit que le jour. Il faut en effet profiter de la période nocturne de trafic presque nul pour réaliser les corrections les plus urgentes. Grâce aux efforts de tous, la situation se stabilise et la période difficile s'achève sans qu'elle ait donné lieu à des réactions aiguës de la part des abonnés.

Le commutateur Lannion IV, remplaçant du commutateur SRCT Lannion I pour desservir les quelque neuf cents abonnés de la ville, est mis en service sans difficulté particulière le 18 juin 1971. En inaugurant Lannion IV, P. Marzin (devenu Directeur Général des Télécommunications en avril 1968) annonce que toutes les Côtes-du-Nord seront équipées avec le système PLATON. En cette même occasion, E. Julier (Directeur du C.N.E.T./Lannion remplaçant L. J. Libois devenu Directeur du C.N.E.T. au départ de P. Marzin.) dit que « *Perros-Guirec fut un acte de foi, Lannion III un acte d'espérance et Lannion IV un acte de charité* »... (sans doute pour rappeler à la Direction Régionale de Bretagne que le C.N.E.T. avait presque tout payé).

L'équipement intégral du groupement de Lannion en système temporel se poursuit jusqu'à la fin de 1972 en remplaçant progressivement les centres locaux électromécaniques par des satellites électroniques. Un bilan établi à l'automne 1971 [12] met en évidence l'intérêt de l'exploitation centralisée au C.T.I. et la fiabilité des ensembles logiques et indique que des solutions de remplacement sont en cours pour pallier la faiblesse relative des circuits analogiques (équipements d'abonnés, codeurs, décodeurs, lignes à retard à magnétostriction). « *Les résultats obtenus et les améliorations... permettent d'affirmer que l'exploitation du système sera satisfaisante à la fois sur le plan technique et sur le plan économique...* » [12].

La volonté des décideurs de démontrer rapidement la viabilité et l'intérêt des systèmes temporels associés à la transmission MIC n'a été possible que grâce à deux facteurs. Le premier est la présence permanente sur le site d'ingénieurs et techniciens du C.N.E.T. très expérimentés et disposant de plus auprès d'eux des concepteurs capables de trouver une solution rapide aux défauts constatés. La motivation des uns comme des autres a été à la mesure de leur désir de prouver qu'un centre de recherches pouvait être aussi performant à Lannion qu'à Paris. Le second facteur tient aux exigences très relatives des abonnés à cette époque, habitués qu'ils étaient au service certes permanent, mais très peu efficace, que leur fournissait le

réseau téléphonique. Le pari PLATON serait impossible de nos jours car les performances actuelles du réseau combinées aux conditions de concurrence ne laissent guère de place pour une éventuelle indulgence des clients.

4 Le développement du système E10 et la réflexion sur les systèmes futurs

En 1970, le projet PLATON bénéficie d'un préjugé favorable dans le système hiérarchique des télécommunications. En effet, en avril 1968, le Lannionnais P. Marzin est nommé Directeur Général et L.J. Libois lui succède à la tête du C.N.E.T. De plus, en 1969, le responsable de la commutation à la Direction Générale, R. Légaré, ferme défenseur de PLATON, devient Directeur Régional de Bretagne.. C'est pourquoi, sous l'impulsion combinée de R. Légaré et A. Pinet, un jeune ingénieur du C.N.E.T./Lannion (J.N. Méreur) établit, en collaboration avec les services de la Direction Régionale, un projet d'automatisation en système E10 de la « zone blanche » bretonne, c'est-à-dire de l'intérieur de la région, depuis Châteaulin jusqu'à Vitré. Le choix de cette zone se justifie par plusieurs critères : la faible densité téléphonique et la structure rurale très éclatée permettent au système E10 de soutenir la comparaison, sur le plan économique, avec les systèmes Crossbar, sous réserve d'établir des bilans globaux incluant non seulement les investissements en commutation, mais aussi en bâtiments et en transmission⁸ ; la capacité maximale du système à cette époque (8 000 à 9 000 abonnés) semble aussi bien correspondre au développement attendu à moyen terme dans les groupements téléphoniques de cette zone. Enfin, le résultat « *ne risquait pas trop de perturber le réseau téléphonique français !* » et « *les bénéfices pouvaient être importants : démonstration du bien-fondé des techniques d'avenir et libération des dépendances ancestrales en matière de commutation* »⁹.

Il est prévu que le Centre de Traitement des Informations (C.T.I.) puisse assurer la gestion de cinq commutateurs au maximum, sous réserve que ceux-ci ne soient pas trop éloignés de ce C.T.I. afin que les délais d'intervention du personnel de maintenance ne deviennent pas prohibitifs. C'est pour cette raison que le projet breton est conduit à envisager un C.T.I. localisé à Carhaix (Finistère) gérant le commutateur E10 de Carhaix, ceux de Quimperlé et Châteaulin (Finistère), mais aussi ceux de Rostrenen (Côtes-du-Nord) et du Faouët (Morbihan). De même, le C.T.I. de

8. Il convient de rester prudent devant ces bilans globaux. Ils démontrent souvent ce que l'on veut démontrer. Comment juger l'évolution des coûts de E10 et de la transmission MIC en 1970, évolution forcément vers la baisse en parallèle avec celle des composants et avec l'augmentation des volumes fabriqués ; mais, inversement, on peut omettre de prendre en compte la nécessaire climatisation et la consommation d'énergie constante qu'impliquent l'électronisation.

9. Témoignage écrit d'A. Pinet, 30 janvier 2000

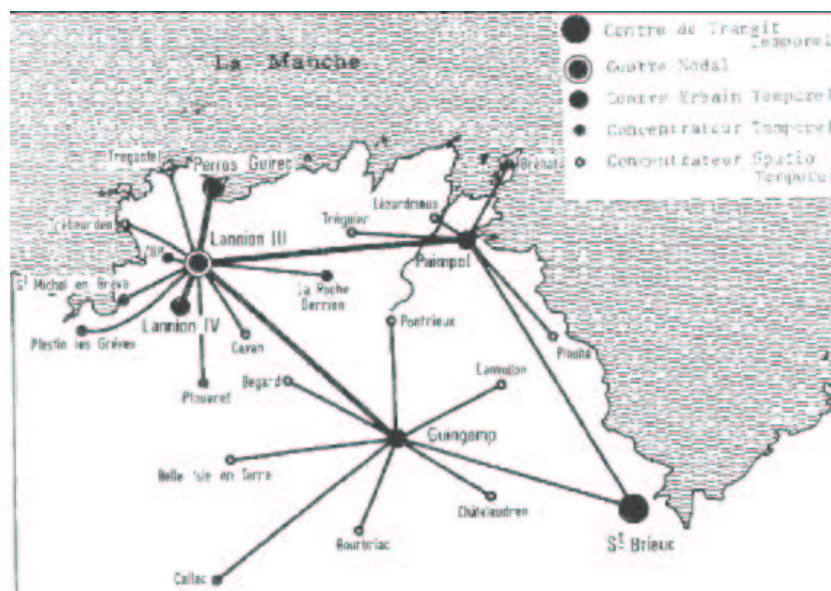


FIGURE 2 – Introduction dans le réseau de télécommunications d'un système de commutation temporelle intégrée

Ploërmel (Morbihan) doit prendre en charge Loudéac (Côtes-du-Nord), Montfort et Redon (Ille-et-Vilaine) [18, p. 9 et 10]. Cette organisation, qui fait preuve d'un courageux mépris des frontières administratives, aurait à coup sûr engendré quelques conflits entre les différentes administrations préfectorales. En définitive, le projet breton d'automatisation en système E10 est limité aux Côtes-du-Nord par la Direction Générale, hormis les groupements de Saint-Brieuc et Dinan dont l'équipement en Crossbar est déjà amorcé. Les groupements de Guingamp et Paimpol sont programmés en système E10 pour une mise en service en 1972 avec un raccordement sur le C.T.I. de Lannion. Ceux de Loudéac, Lamballe et Rostrenen sont prévus pour 1973 et 1974, leur C.T.I. de gestion étant implanté à Saint-Brieuc. La décision de réduire la zone bretonne équipée en temporel s'explique par une juste appréciation de la capacité de production et d'installation de la société S.L.E. Ceci rassure l'état-major de la Direction Régionale qui appréhendait, non sans raison, qu'un programme E10 trop ambitieux ne soit une source de retard dans l'automatisation de la Bretagne.

Mais les projets de développement de la commutation temporelle ne s'arrêtent pas à la Bretagne. Le C.N.E.T./Lannion et la S.L.E. invitent à Lannion les états-majors des directions régionales du grand Ouest pour leur exposer les avantages des réseaux intégrés et leur faire visiter ensuite les installations en service dans la zone de Lannion pour consolider l'argumentation. Le système E10 ne manque

certes pas d'atouts pour équiper les zones semi-rurales, même s'il est discutable d'affirmer que « *l'étude et la définition du système E10 ont été entreprises dès l'origine dans l'optique de la desserte des zones à faible densité téléphonique...* » [18, p. 9 et 10] – en réalité, la capacité du système, 8 000 abonnés bientôt portée à 16 000 abonnés, est trop faible pour desservir des grandes zones urbaines car une gestion rationnelle d'un grand réseau impose de limiter au maximum le nombre de commutateurs et donc que chacun d'eux ait la plus grande capacité possible. Le système E10 permet des gains importants sur les volumes et les surfaces des salles de commutation (dans un rapport de un à quatre environ pour le commutateur principal et de un à cinq pour les satellites) ; les temps d'installation des équipements sont très réduits par rapport à l'électromécanique. L'utilisation de la transmission MIC s'avère souvent très intéressante dans les zones éclatées car elle permet de retarder des investissements en nouveaux câbles ; le système E10, transparent à ce type de transmission, comble alors totalement ou partiellement son handicap économique face aux techniques spatiales. Enfin, l'électronique (spatiale ou temporelle) fait espérer, du moins à moyen terme, des gains sur les effectifs de maintenance, une souplesse d'exploitation incontestable au moyen de relations « homme-machine », et l'offre de services nouveaux aux abonnés.

Cependant, le système exige des installations de conditionnement d'air plus onéreuses que celles de l'électromécanique. Sur un autre plan, la formation du personnel de maintenance n'est pas normalisée et reste par la force des choses entre les mains du C.N.E.T./Lannion qui promet d'ailleurs aux directions régionales – la promesse sera tenue – l'assistance de ses spécialistes aussi longtemps qu'elle s'avérera nécessaire et que le système n'aura pas atteint sa maturité.

Au plan économique, la technique temporelle supporte le poids de la transposition des fréquences vocales en combinaisons numériques codées, ce qui rend les unités de raccordement d'abonnés ou de circuits particulièrement onéreuses. Consciente de ce handicap, la société S.L.E. entame dès 1970 l'étude et le développement de nouvelles unités au coût moins élevé. Pour remplacer les équipements de modulation d'abonnés (E.M.A.), la S.L.E. définit deux modèles de concentrateurs spatio-temporels. Dans l'un, le C.S.A., les cinq cent douze abonnés sont reliés aux entrées d'un concentrateur constitué de relais à tiges (contacts scellés) dont les soixante-quatre sorties accèdent à deux systèmes MIC (de chacun trente voies). Dans l'autre, le C.S.B., on utilise un matériel très employé pour l'automatisation des zones rurales, le concentrateur Téléc (filiale de C.I.T.). Aussi bien dans le C.S.A. que dans le C.S.B., on a donc repoussé l'échantillonnage et la conversion analogique/numérique à l'entrée du système MIC et on utilise d'ailleurs pour cette conversion le même matériel que celui mis au point par les transmetteurs, ce qui participe à une diminution des coûts par augmentation des commandes et à une normalisation toujours intéressante au niveau des performances et de la gestion techniques.

Pour gérer les circuits, la S.L.E. développe trois organes dits groupes de synchro-

nisation à logique doublée (pour assurer la sécurité), chacun d'eux pouvant traiter quatre modules de synchronisation, soit vers les satellites (M.S.S.), soit vers d'autres commutateurs temporels (M.S.C.), soit vers des commutateurs électromécaniques (M.S.M.). Dans ce dernier cas, la conversion numérique/analogique est assurée dans des équipements d'extrémité MIC (TNE1) du système normalisé par les transmetteurs.

Les commutateurs E10, succédant aux prototypes PLATON de la zone de Lannion, vont donc être dotés d'unités périphériques différentes. L'objectif principal a été une diminution des coûts. Mais on espère aussi, au moyen du concentrateur spatial du C.S.A. ou du passif Téléic du C.S.B., éliminer les défaillances du complexe équipement d'abonné de l'E.M.A. On n'est là qu'à un palier dans le traitement d'un problème récurrent dans la technique temporelle.

Les arguments lannionnais associés aux avantages du système E10 réussissent à convaincre les Directions Régionales de Nantes, Rouen et Poitiers d'adopter la technique temporelle pour certains de leurs projets. Tous ceux-ci, élaborés en 1970 et 1971, s'étaleront dans le temps de 1972 (Guingamp, Paimpol) à 1977 (La Ferté-Bernard) pour leur mise en service. Ils reçoivent l'aval de la Direction Générale, nécessairement prudente face à un produit sans équivalence dans le monde des télécommunications. Pour s'assurer un volume de production plus significatif mais aussi pour profiter de son avance dans le domaine temporel et s'imposer ainsi à l'exportation, la S.L.E. mène une action internationale non dénuée de succès puisqu'elle obtient des marchés, en Pologne et en Egypte en particulier. En fait, c'est la réussite de la mise en exploitation de Guingamp (opération sans précédent : automatisation de 70 communes simultanément) qui, malgré quelques difficultés initiales, a donné confiance dans le nouveau système. Et c'est ainsi que, fin 1978, on comptait 64 centraux E10 en exploitation dans le réseau français avec 430 000 abonnés auxquels il convient d'ajouter les 2 centres de transit de Saint-Brieuc et surtout de Paris-Tuileries.

L'introduction dans le réseau d'un système temporel provoque un tel bouleversement dans les méthodes de gestion et de maintenance qu'elle a obligé le C.N.E.T./Lannion à s'impliquer d'une façon totalement inhabituelle dans son aide aux services d'exploitation : formation des techniciens, organisation du système d'échanges de cartes électroniques défaillantes, équipe d'intervention pour réaliser des ordres de correction. Quelques années ont été nécessaires pour que l'ensemble de ces tâches soient reprises par la Direction de la Production de la Direction Générale.

À partir de la mi-1969, la Direction du C.N.E.T. doit gérer deux situations réagissant l'une sur l'autre : il faut d'une part participer à la préparation du VI^e Plan (1971-1975) en définissant les axes de recherche et de développement dans le domaine des télécommunications ; et d'autre part il importe de réorganiser en conséquence les équipes de chercheurs en commutation, ceux-ci ayant atteint un palier au niveau conceptuel, même s'ils sont en parallèle très sollicités par les expérimenta-

tions en cours, encore plus à Lannion avec le projet PLATON qu'à Paris avec le projet PERICLES. Équiper le réseau national d'un système unique est un vœu permanent de la Direction Générale des Télécommunications (et sans doute de toute société exploitante en situation de monopole). Le sujet avait déjà donné lieu à des débats houleux en 1957 à l'occasion du choix d'un (ou de plusieurs) systèmes Crossbar. La note C.N.E.T. DD/DR/38 de février 1970, intitulée « la commutation électronique dans le VI^e Plan » reflète la pensée du conseiller du Directeur du C.N.E.T. en commutation (P. Lucas), identique à celle de l'état-major du département R.M.E. à Issy-les-Moulineaux (J. Dondoux, chef du département). Après avoir rappelé qu'au plan mondial « *...une certaine convergence se dessine dans les grands choix techniques ; la commande par une paire de calculateurs à programme enregistré est utilisée le plus souvent...* » (page 5), elle confirme que le programme du C.N.E.T. dans le cadre du VI^e Plan doit avoir pour objectif de permettre au Directeur Général des Télécommunications de disposer « *...des éléments techniques et économiques pour choisir en 1973 le système unique de commutation électronique qui équipera le réseau* » (page 14). Il est précisé qu'« *un tel système est essentiellement caractérisé par les calculateurs qu'il utilise* » (page 14) et que « *les autres choix, qui polarisent quelquefois l'attention, comme celui entre commutation spatiale et commutation temporelle sont en définitive moins importants* » (page 15). Ces termes ne peuvent que laisser perplexe l'état-major de l'équipe PLATON qui a pris des options totalement opposées. Et le fait que quelques mois plus tard L.J. Libois nomme A. Pinet responsable des groupes d'études du futur système E1 ne fait pas disparaître les différences de conception ; pour A. Pinet, « *la première option de base, retenue pour le système E1, réside dans la nature temporelle de la connexion pour la commutation de circuits* » [16] et il ne s'attarde pas sur ce que doit être la connexion pour les centres d'abonnés, sinon pour accepter qu'elle puisse être « *spatiale pour les étages de raccordement d'abonnés* » et il confirme l'option PLATON de « *la répartition des fonctions de commande entre deux niveaux de centres (unités de commutation et unités de gestion)* » [16]. P. Lucas, quant à lui, présente un bloc diagramme du système E1 [9] conforme aux idées émises par A. Pinet. Mais le texte d'accompagnement précise que « *la vieille querelle des technologies (spatiale contre temporelle) est maintenant dépassée. L'apport essentiel de la commutation électronique est ... la centralisation de la commande dans les calculateurs à programme enregistré* » [9]. Mais la raison principale de l'impossibilité à définir un système unique tient en réalité à la composition de l'industrie française en commutation ; H. Bustarret, chef du Service des Programmes et des Affaires Industrielles du C.N.E.T., dans un article paru dans le numéro 67 de *l'Echo des Recherches* (janvier 1972) et intitulé « Pour une politique industrielle des télécommunications » (p. 38 à 47) explique que le choix du système unique ne peut se faire qu'au bénéfice d'un seul des 2 groupes concurrents face à face : la CIT d'une part, les filiales ITT (LMT et CGCT) d'autre part. Et comment envisager que la CIT se priverait de la chance d'autonomie acquise avec l'avance obtenue en temporel grâce à PLATON/E10? Les quelques di-

vergences d'ordre technique au sein du C.N.E.T. pèsent peu en regard des énormes enjeux industriels et financiers que représente le marché mondial de la commutation électronique. Et l'espoir d'un système unique va définitivement disparaître avec les bouleversements que va subir le domaine des télécommunications françaises dans la décennie suivante.

5 Les incertitudes créées par les changements de politique et d'organisation des télécommunications (1975-1977)

À l'automne 1974, G.Théry devient Directeur Général des Télécommunications. Obtenant une plus grande autonomie, il fait adopter au début de 1975 le « Plan de Rattrapage du Téléphone » qui prévoit un programme de financement de 105 milliards de francs associé à l'objectif ambitieux de « doubler le parc de lignes principales en cinq ans. Pour cela, il va falloir installer dans les quatre années à venir autant d'équipements téléphoniques qu'il en avait été installé dans les quarante dernières années » [22]. Pour réussir, une nouvelle politique industrielle est décidée, dans le but de provoquer une plus grande concurrence entre fournisseurs. À cet effet, une Direction des Affaires Industrielles et Internationales (D.A.I.I.) est créée à la fin de 1974 et le C.N.E.T., dont les liens avec l'industrie ont été jugés trop étroits, est placé sous la tutelle de cette nouvelle direction « chargée de définir les objectifs industriels » [4]. Le C.N.E.T. doit s'éloigner « des études de systèmes pour prendre plus étroitement en compte les domaines de recherche et d'étude d'applications, en appui à l'exploitation » [4]. Le choc est rudement ressenti au C.N.E.T., surtout au niveau de son état-major.

La DAII décide alors le 21 Juin 1975 de lancer une consultation internationale pour la fourniture de systèmes en commutation électronique spatiale. Le retentissement est considérable, aussi bien sur le plan français que sur le plan mondial : alors que la S.L.E. retenait l'attention avec son système E10, la Direction Générale donne soudain l'impression qu'elle hésite à s'engager franchement dans la filière temporelle, ce qui incite les exploitants étrangers intéressés par E10 à s'interroger sur le bien-fondé de leur choix. Le résultat de la consultation est donné le 13 mai 1976 par un communiqué de N. Ségard, Secrétaire d'État aux P.T.T. ; il annonce que

M. le Président de la République a décidé :

- de confirmer la priorité accordée à la « filière » française du tout électronique (système temporel) qui constitue la technologie du téléphone de demain,*
- de retenir le Métaconta développé en France par I.T.T. et l'Axe présenté par Ericsson (systèmes spatiaux) pour l'équipement du réseau téléphonique français ».*

Après une argumentation essayant d'effacer l'évidente contradiction que contiennent ces deux phrases juxtaposées, N. Ségard en arrive à ce qui constitue vraisemblablement le principal objectif poursuivi :

*... « mettre en œuvre une politique industrielle française recherchant :
 – la création en France des bases d'une saine concurrence entre les fournisseurs de l'Administration,
 – la volonté politique de recréer une industrie française du téléphone dont les centres de décision seront purement nationaux.
 Les choix qui ont été faits entraînent la prise de contrôle par Thomson-CSF des sociétés L.M.T. et Ericsson-France ».*

Cette « francisation » de l'industrie met en fait Thomson dans une situation très difficile avec la gestion ou le développement simultané de 5 systèmes de commutation hérités de L.M.T. et Ericsson. Le nouveau groupe ne parvient pas à les maîtriser et 6 ans plus tard cède à la CGE toutes ses activités de télécommunications civiles.

6 L'orientation irréversible vers la commutation temporelle à partir de 1977

L'inquiétude créée par le choix « spatial » de 1976 ne peut que redoubler les efforts de la CIT pour mettre au point son système temporel E10B (ou E10N1) de 2^e génération. L'architecture générale du E10B est fortement inspirée de celle du E10A, en particulier par sa commande répartie et à deux niveaux, mais la technologie à base de microprocesseurs et les logiciels sont entièrement nouveaux. La sécurité de fonctionnement, mais surtout la sécurité de gestion sont très supérieures à celles du « vieux » E10A. Et sa capacité maximale d'environ 35 000 abonnés lui permet de viser le marché des grandes unités urbaines. La réalisation des commutateurs temporels de deuxième génération pouvant atteindre de grandes capacités est rendue possible grâce aux progrès phénoménaux de la micro-électronique à partir de 1975. La densité d'intégration augmente suivant une courbe exponentielle (dite loi de Moore) et rend les microprocesseurs de plus en plus performants, les coûts évoluant selon une courbe inverse. En 1965, un boîtier incluant 100 portes logiques coûtait environ 200 francs de 1978 ; en 1975, un boîtier de 10 000 portes logiques avait la même valeur marchande ; la densité d'intégration avait augmenté dans un rapport 100 alors que le coût de la porte diminuait dans ce même rapport ; et la vitesse de réaction passait de six à une nanoseconde [5].

Un premier exemplaire du E10B est commandé pour Brest dès 1977. Il sera mis en service en Juin 1981 après celui de Pékin (fin 1980). Mais dès 1979 les prévisions de commande s'infléchissent en faveur du temporel comme le montre la figure 3. Et la poussée irrésistible des techniques numériques est mise en pleine lumière à l'occasion du colloque international de commutation (CIC 1979 ISS) tenu à Paris du 7 au

11 mai 1979. Dans le compte-rendu très dense qu'il en fait [10], P. Lucas note dans son introduction que ce colloque « ... a surtout marqué le basculement inexorable et sans doute définitif vers la commutation numérique et les réseaux intégrés... » et qu'« une autre tendance importante, suscitée par l'arrivée des microprocesseurs sur le marché, concerne les structures de commande décentralisées, par opposition avec la tendance centralisatrice qui dominait depuis l'ESS1 ».

Il note que « ce rapide survol de l'évolution générale met en évidence le caractère profondément original des choix techniques français et le fait que les principes retenus étaient en avance de plusieurs années sur l'évolution actuelle. C'est en effet dès 1970 que la France a misé sur la commutation temporelle dans le réseau local avec le système E10, à structure décentralisée, solution dont l'intérêt se découvre maintenant ». La pente est alors irréversible et en 1986 le réseau français est déjà équipé à 54 % de commutateurs numériques, très en avance sur le reste du monde ; en effet, si la Bell a pris le virage temporel dès 1976 pour les centres de transit, elle ne développe son système ESS5 pour abonnés qu'à partir du début des années 1980. Et la CIT se retrouve en position très dominante, sinon monopoliste, sur le marché mondial de la commutation entièrement électronique.

Systèmes	Type de commutation	État du développement au 1/1/79				Commandes prévues en 79
		En service		En commande		
		Nb de centraux	Nb de lignes	Nb de centraux	Nb de lignes	Nb de lignes
11F	Spatiale			66	899 000	700 000
Axe	Spatiale			34	332 000	150 000
E10/N3	Temporelle	64	430 000	87	870 000	450 000
E10/N1	Temporelle			7	60 000	450 000
MT25	Temporelle					100 000

FIGURE 3 – Prévisions de commandes – d'après [17]

7 Conclusion

Au terme des recherches entreprises au début des années 1960, deux acquis furent incontestables, même si sans doute aujourd'hui quelque peu dépassés :

– l'avance prise par la France dans la numérisation d'un réseau public de télécommunications devenant ainsi sans doute le plus moderne du monde, en par-

tant pourtant d'une situation de crise qui donnait lieu à des commentaires apitoyés mais à tout le moins ironiques de la part de nos partenaires occidentaux.

– la création d'un puissant groupe industriel français des télécommunications exportateur de matériels mais aussi de compétences, alors qu'auparavant les fabricants français de ce domaine étaient traditionnellement sous la tutelle financière et technologique de grandes sociétés étrangères.

Toute recherche est maintenant collective. Il est cependant indispensable de rappeler l'apport fondamental de :

Pierre Marzin à l'origine d'une décentralisation audacieuse.

Louis Joseph Libois qui perçut qu'« *il fallait s'écarter de la voie américaine, celle de l'électronique spatiale analogique, pour se lancer dans la commutation électronique temporelle numérique* »¹⁰.

André Pinet « le père de PLATON », qui sut donner confiance à ses équipes, parfois découragées par une technologie pas encore à la hauteur des idées et qui fit preuve de ténacité pour défendre les avantages d'un réseau numérique intégré, ouverture vers le réseau multiservices de l'avenir.

On notera que, curieusement, les trois hommes qui ont donné l'impulsion décisive au démarrage de la commutation temporelle ont fait l'essentiel de leur carrière de chercheurs dans les techniques de transmission !

Biographie de l'auteur

Daniel Goby a été responsable du laboratoire « multienregistreur » de PLATON (1963-1971)., responsable de la mise en œuvre du système E10 à la Direction Régionale de Bretagne et a fait des missions d'assistance dans des pays ayant choisi E10 (Eire, Inde, Thaïlande, Rwanda).

Il est aujourd'hui retraité de France Télécom.

Références bibliographiques

- [1] M. Atten (sous la direction de), *Histoire, recherche, télécommunications – des recherches au C.N.E.T. 1940-1965*, Collection Réseaux C.N.E.T., Juillet 1996.
- [2] M. Atten, « L'aventure de télécommunications : Pierre Marzin, un Breton à Paris », in J. Dhombres (dirigé par), *La Bretagne des savants et des ingénieurs*, tome III Le XX^e siècle, Rennes, Éditions Ouest France, 1999.

10. Déclaration de L.J. Libois au journal *Le Monde*, novembre 1994.

-
- [3] F. Du Castel (dirigé par), *Les télécommunications*, Paris, XA Descours, Berger-Levrault International, mai 1993,
- [4] France-Télécom C.N.E.T., *Plaquette 50 ans d'innovation au C.N.E.T. 1944-1994*, p. 39.
- [5] Grinsec, *La Commutation Electronique*, tome 1, Paris, Eyrolles, 2^e édition, 1981, 437 pages. [Grinsec = pseudonyme de Groupe des ingénieurs du secteur commutation du C.N.E.T.]
- [6] L.J. Libois, article pour une Journée d'étude sur l'histoire de la recherche en télécommunications (mai 1995), dans [1, p. 177].
- [7] L.J. Libois, « De Platon à la numérisation du réseau français de télécommunications. », communication (non publiée) lors du colloque « Indépendance nationale et Modernisation » du 6 Juin 1997.
- [8] P. Lucas, article « La Commutation Electronique », [3, p.194].
- [9] P. Lucas, « La commutation électronique et ses options », *Revue Française des Télécommunications*, n° 6, janvier 1973, p. 40 à 46.
- [10] P. Lucas, « Les progrès de la commutation électronique dans le monde », *Commutation et Transmission*, n° 2, décembre 1979, p. 7 à 73.
- [11] Pierre C. Marzin, « Note d'information sur la décentralisation des laboratoires à Lannion », C.N.E.T., décembre 1962, 41 p. + annexes.
- [12] J. N. Méreur, « Le système E10, un an d'exploitation », *Commutation et Electronique*, n° 36, janvier 1972, p. 7 à 22.
- [13] J. Ollivro, « Le Trégor du local au mondial : 40 ans après, qu'est devenue la « décentralisation électronique », *Cahiers Economiques de Bretagne*, n° 2, Rennes, C.R.F.E., Juin 1998, p.1 à 38.
- [14] A. Pinet, « De SOCRATE à PLATON, la commutation électronique », *Radôme* n° 2, mars 1965, premier diagramme très simplifié (vulgarisation) de PLATON, p. 15. Voir figure 1.
- [15] A. Pinet, J. Martin, M. Revel, « Système de commutation électronique temporelle Projet PLATON », *Commutation et Electronique*, n° 12, mars 1966.
- [16] A. Pinet, « Le système de commutation électronique(E10) », *l'Echo des Recherches*, n° 69, juillet 1972, p. 4 à 16.
- [17] A. Pinet, « La Commutation Electronique », *Revue française des télécommunications*, n° 31, avril 1979, p. 40 à 48.

-
- [18] J. Pouliquen, « De PLATON à E10, le développement de la commutation électronique temporelle », *Radôme*, décembre 1970, p. 6.
- [19] Revue *Radôme*, n° 1, novembre 1964.
- [20] H. Richardot, E. Hollocou, « Maquette probatoire du projet PLATON », *Commutation et Electronique*, n° 29, avril 1970, p. 38 à 42.
- [21] Richardot, Lieppe, Note Technique R.C.I./E.S.E./7, juillet 1970.
- [22] G. Théry, « Les télécommunications françaises », *Revue Française des Télécommunications*, n° 17, octobre 1975, p. 7 à 9.