Plateforme pour l'étude de la commutation temporelle par la pratique

J.Y. Floch ^{* ✉}, D. Piriou ^{**}, G. Tanné ^{***}, A. Thépaut ^{****} et P. Vilbé ^{***** ✉}
(ENST Bretagne, Brest; IUP Télécommunications et Réseaux, Brest)
Mis en ligne le 28 octobre 2003.

Résumé

Nous présentons une plateforme de commutateur téléphonique spécialement conçue comme support à l'enseignement des télécommunications. Articulé autour d'un circuit logique reconfigurable, ce dispositif, utilisé par les étudiants de l'ENST Bretagne et de l'IUP Télécommunications et Réseaux à Brest, est source d'enseignements variés tant matériels que logiciels.

Mots-clés : télécommunications, commutation téléphonique, transmission MIC, signalisation.

© EDP Sciences, 2003.

Niveau de connaissances requis. Électronique, informatique et télécommunications de base.

Niveau des étudiants. Première année d'école d'ingénieur, IUP Télécommunications.

* **Jean-Yves Floch** ¹ qui est formateur-concepteur France Télécom détaché au GET (Groupe des Écoles des Télécommunications), est chargé de développements techniques pour les activités d'enseignement et de recherche du département Informatique de l'École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne. Il a développé conjointement avec Daniel Piriou cette maquette d'enseignement de la commutation temporelle destiné aux élèves ingénieurs en télécommunications.

** **Daniel Piriou** ¹, ingénieur d'études, a développé au sein du département d'enseignement informatique de l'ENST Bretagne des maquettes touchant le secteur des télécommunications. Il est notamment co-auteur du brevet de la maquette dont il est question dans cet article.

*** **Gérard Tanné** ² est maître de conférences depuis 1995 à l'Université de Brest (UBO). Il enseigne les systèmes analogiques et les composants électroniques en licence EEA, les hyperfréquences en DESS d'électronique et en troisième année d'IUP Télécommunications et Réseaux. Il enseigne également dans le module réseau de la maîtrise EEA. Il mène ses activités de recherche au laboratoire LEST dans l'équipe IMDH (Ingénierie des Matériaux et Dispositifs Hyperfréquences). Il étudie les dispositifs hyperfréquences en technologie planaire et plus particulièrement la possibilité de rendre agiles certaines fonctions de base telles que les déphaseurs et les filtres. L'accordabilité (en phase, en fréquence ou en bande passante) est assurée en utilisant soit des diodes PIN ou varactor, soit des commutateurs de type MEMS ou soit des matériaux de type ferrocomposite ou ferroélectrique.

**** **André Thépaut** ¹ est directeur d'études à l'ENST Bretagne. Docteur de l'Université de Montpellier (1992), il a travaillé pendant une dizaine d'années sur les architectures de machines et les algorithmes neuronaux. Depuis deux ans il coordonne deux projets liés aux services innovants pour les personnes dépendantes.

✉ e-mail : Andre.Thepaut@enst-bretagne.fr

***** **Pierre Vilbé**² est professeur à l'Université de Brest (UBO) où il assure la direction de l'IUP Télécommunications et Réseaux. Ses activités de recherche s'effectuent au LEST (Laboratoire d'Électronique et Systèmes de Télécommunications), laboratoire commun UBO/ENST Bretagne avec comme objectif le développement d'approches théoriques pour la modélisation et la simulation de systèmes et circuits complexes.

✉ e-mail : Pierre.Vilbe@univ-brest.fr

¹ GET-ENST Bretagne, Technopôle de Brest Iroise, CS 83818, F-29238 Brest Cedex, France

² LEST, UMR CNRS 6165, 6, avenue le Gorgeu, CS 93837, F-29238 Brest Cedex 3, France

1. Introduction

Les domaines d'applications des réseaux de télécommunications s'accroissent de jour en jour et les commutateurs temporels sont les noeuds incontournables de cette gigantesque toile [1-3]. Organes intelligents du réseau, les commutateurs établissent à la demande le routage, la connexion et la supervision des communications. Afin d'illustrer les principes de la commutation temporelle et les techniques de signalisation associées, l'expérimentation est indispensable. De petites configurations de commutateurs commerciaux (commutateurs privés PABX) destinés au trafic téléphonique des entreprises peuvent être utilisées pour une approche externe des fonctions réalisées et de la configuration des services désirés. Il est toutefois dommage de ne pas pouvoir entrer au coeur de ces machines qui implantent de nombreuses techniques à la base de la formation de tout ingénieur des secteurs télécommunications et réseaux.

Il y a quelques années est née à l'ENST Bretagne l'idée de développer une plateforme pédagogique de commutateur reconfigurable [4], fonctionnellement équivalente à un PABX dispositif ouvert pour la visualisation et les mesures des signaux porteurs de l'information ou de la signalisation (Fig. 1).

Cette plateforme est utilisée dans les enseignements de commutation numérique destinés aux étudiants de première et de seconde année de l'ENST Bretagne ainsi qu'à l'IUP Télécommunications et Réseaux à Brest.

Dans cette présentation, nous décrirons succinctement l'architecture matérielle du T2000 dont la conception a bénéficié de l'expérience acquise par le département Informatique dans le domaine des systèmes reconfigurables [5,6]. Nous illustrerons par quelques exemples de mesures et par un exemple de programme les deux types d'enseignement s'appuyant sur cette maquette.

Fig. 1. Les composants du commutateur.

2. Présentation du T2000

Une présentation générale de l'autocommutateur T2000 est disponible en technologie Flash. Si vous avez des difficultés pour visualiser cette animation, vous pouvez télécharger Macromédia flash player [ici](#).

2.1. Architecture fonctionnelle

Les quatre lignes d'abonnés connectées sur chaque T2000 autorisent deux communications locales ou quatre communications distantes. La face avant (Fig. 2) fait apparaître les principaux composants du commutateur :

- les équipements d'abonnés (prise pour poste téléphonique, le relais de sonnerie, le convertisseur 2/4 fils (SLIC, Subscriber Line Interface Circuit Motorola MC33121), le codeur - filtre - décodeur (Cofidec Motorola MC 145480) ;
- le bloc de récepteurs de numérotation (DTMF, Dual Tone Modulation Frequency Mitel MT 8870D) ;
- les fonctions « base de temps », « génération de tonalités numériques », « réseau de connexion temporel », etc., implantées dans le circuit logique reconfigurable (FPGA, Field Programmable Gate Array Xc 4005) ;
- la carte d'accès à la liaison en anneau.

Fig. 2. La face avant et les points de test.

Les commutateurs peuvent être interconnectés à l'aide d'une liaison en anneau cuivre ou optique, selon le type de carte « fille » qu'on enfiche verticalement (Fig. 3). Cette liaison est conforme aux normes de l'Union Internationale des Télécommunications [7].

Fig. 3. La maquette T2000 complète.

2.2. Logiciel de commande

Dans un commutateur, la synchronisation, le séquençage et la gestion des divers scénarii de communications doivent respecter des contraintes de temps de réponse sévères. Afin de garantir les évolutions de la maquette, le logiciel est installé sur un PC standard : cette application constitue une bonne illustration d'un système informatique temps réel à haut degré de parallélisme. Après définition du graphe des transitions des équipements, une première version, comportant environ 4400 lignes de code C++, a été développée sous Windows. L'application vient d'être réécrite en langage Java sous Linux.

3. Des thèmes de travaux pratiques et de projets

3.1. Analyse du fonctionnement d'un commutateur téléphonique

Les premières manipulations permettent l'analyse et le test fonctionnel des divers sous-ensembles constituant le commutateur.

L'équipement terminal d'abonné est constitué d'un circuit spécialisé SLIC (*Subscriber Line Interface Circuit*), d'un relais et du codeur-décodeur (Cofidec).

La compréhension des fonctions élémentaires gérées par l'équipement terminal d'abonné (sonnerie, décrochage, numérotation) repose sur l'analyse des fiches techniques des composants implantés et est facilitée par l'exécution de programmes de tests spécifiques associée à des mesures à l'oscilloscope (Annexe A).

Les fonctions du codeur-filtre-décodeur Cofidec qui assure l'échantillonnage, la numérisation, le filtrage et le codage du signal de parole sont plus difficiles à appréhender. La présentation de cette partie tout à fait fondamentale se fait lors d'une séance de travaux dirigés associée à cette séquence de travaux pratiques. En TD de préparation, l'analyse de la fiche technique du composant Cofidec MC 145480 sert de support pour illustrer les principes fondamentaux de l'échantillonnage et du codage (repliement de spectre, loi de compression). Les mesures viennent valider l'étude théorique préalable (Annexe B).

L'approche est la même pour le réseau de connexion temporel (Annexe C). Les vérifications se font à l'oscilloscope et par un test de la qualité de la liaison audio (Annexe D).

Ces premières manipulations permettent aussi d'explorer des fonctionnalités diverses : la numérotation à fréquences vocales (Annexe E), le générateur de tonalités, la base de temps.

L'analyse du séquençage global d'une communication en temps réel implique que l'élève possède une bonne compréhension des interactions entre ces différentes fonctions. La suite de ces travaux pratiques consiste à écrire une petite application logicielle, par exemple modifier les discriminations des lignes ou mettre en place la sonnerie cadencée d'un poste.

3.2. Transmission numérique en bande de base

La première partie de cette séance est consacrée à l'étude de la transmission numérique en bande de base en technologie MIC (Modulation par Impulsions Codées). Les mesures ont pour objectif d'illustrer les concepts de base : multiplexage temporel des communications, intégration des signaux de parole et des signaux de services (synchronisation et signalisation) ainsi que les contraintes techniques associées (reconstitution de l'horloge d'émission). Pour une première approche visant à la compréhension d'une transmission MIC, la liaison cuivre (et non la liaison optique) est utilisée afin de faciliter les mesures (Annexe F). Les mesures à l'oscilloscope permettent de caractériser la durée d'une trame, la durée de chaque voie de la transmission MIC afin d'en déduire le débit global de la liaison numérique. Il s'agit aussi, par exemple, de retrouver dans la trame MIC émise, comportant 32 voies téléphoniques, l'intervalle portant l'information de synchronisation (Annexe G) dont le motif est connu.

Dans cette partie de la manipulation, les deux codages AMI (*Alternate Mark Inversion*) et HDB3 (*High Density Bipolar of order 3*) ont été introduits ce qui permet des relevés et une analyse de l'efficacité de ces deux codes (Annexe H).

3.3. Synchronisation - Signalisation par canal sémaphore

À la différence du réseau public, qui est actuellement totalement synchronisé, chaque commutateur pédagogique possède sa propre horloge. Une synchronisation trame et une synchronisation bit sont nécessaires en réception. Cet aspect technique, difficile à mettre au point lors de la conception de la maquette, n'est pas approfondi lors des TP.

En revanche, il nous a semblé intéressant de ne pas négliger l'aspect signalisation. La voie 16 de la transmission MIC est utilisée comme canal d'échange (canal sémaphore) entre les processeurs des commutateurs. Les messages émis et reçus via ce canal sont mémorisés et affichés lors de l'établissement et la rupture de la communication. L'élève peut alors analyser les divers attributs de chaque message de signalisation, leur nécessité, puis reconstituer le diagramme des échanges (Annexe I).

3.4. Développement logiciel

Le logiciel initialement écrit permet la pratique de la programmation lors de séances de TP logiciels (Annexe J). À partir du graphe des transitions des équipements, plusieurs modules fonctionnels ont été définis : réception de numérotation, analyse des discriminations des lignes, gestion des voies temporelles, sélection et test du demandé, gestion du réseau de connexion, etc. Cette implémentation permet de confier à chaque binôme la conception, la programmation et la compilation séparée d'un module, puis l'intégration avec le logiciel principal et enfin la validation de l'ensemble.

À titre de projets plus conséquents, il est possible d'imaginer la conception et l'implantation de compléments de services locaux comme le « rappel sur occupation », le « transfert d'appel » ou le service de « liste noire ».

4. Conclusion

Résultat d'une réflexion et d'une expérience pédagogique de plusieurs années, le commutateur T2000 est utilisé en enseignement. Il favorise l'assimilation des connaissances acquises lors des cours magistraux d'introduction aux télécommunications. L'architecture matérielle du commutateur peut évoluer grâce au circuit logique reconfigurable qui héberge les fonctions essentielles.

L'architecture ouverte permet l'accès de chaque commutateur au réseau Internet. Ce réseau commuté à deux niveaux (Fig. 4), autorisant le dialogue des commutateurs avec des serveurs ou des bases de données de services centralisés, permet de réaliser, à faible coût, un fonctionnement de type « Réseau Intelligent » selon la terminologie de l'UIT [4,8].

Fig. 4. Un réseau commuté à deux niveaux.

Références bibliographiques

- [1] X. Lagrange et D. Seret, *Introduction aux réseaux* (Hermès, 1998).
- [2] G. Lecoy, *Technologie des télécoms*, 2^e édition (Hermès, 1999).
- [3] C. Rigault, *Principes de commutation numérique* (Hermès, 1998).
- [4] D. Piriou, A. Thépaut et M. Pillet, *Plateforme pédagogique reconfigurable de réseau commuté*, brevet enregistré à l'INPI le 5 août 1998 sous le numéro de publication 98-10263C.
- [5] A. Thépaut et G. Ouvradou, *Système de traitement de données multiprocesseurs*, brevet européen n° 93400033.2 ; *Multiprocessor system with cascaded modules combining processors through a programmable logic cell array*, USA n° 5,465,375 (7 Nov. 1995).
- [6] A. Thépaut et al., *An efficient handwritten digit recognition method on a flexible parallel architecture*, Proceedings of the Fifth International Conference on Microelectronics for Neural Networks and Fuzzy Systems (MicroNeuro'96), Lausanne, Suisse, 12-14 février 1996 (IEEE Computer Society) 355-362.
- [7] Union Internationale des Télécommunications (UIT), avis G703, G823, I431, G732, G735 et G739, <http://www.itu.int/itudoc/itu-t/rec/g/> (consulté le 19 septembre 2003).
- [8] Union Internationale des Télécommunications (UIT), avis Q1200 à Q1290, <http://www.itu.int/itudoc/itu-t/rec/q/> (consulté le 19 septembre 2003).

Annexes.

Annexe A. Visualisation de quelques signaux de base

La maquette est conçue pour permettre aisément la visualisation des différentes étapes constituant l'étude de la commutation numérique. Des points de test sont accessibles sur la maquette pour une visualisation à l'oscilloscope.

Fig. A-1.

Fig. A-2. Test de décrochage au point ST (*Status Output*).

Fig. A-3. Test de réception de tonalité (signal analogique) au point RX (*Receive*).

Fig. A-4. Test d'émission de parole (signal analogique) au point TX (*Transmit*).

Fig. A-5. Test de signal maximum à l'émission (écrêtage) au point TX (*Transmit*).

Annexe B. Fonctions du Cofidec

- Les fonctions du codeur-décodeur (Cofidec), qui assure l'échantillonnage, la quantification, le codage, sont analysées à l'oscilloscope.
En téléphonie, le codage est basé sur la quantification non uniforme à 13 segments (loi A). Avec 4 bits

Toutes les 125 us un codec code et émet un octet, reçoit et le décode

par segment chaque échantillon de parole est codé sur 8 bits (Fig. B-1).

Fig. B-1.

- Le point de test LRE (ligne réseau émission) permet la visualisation à l'oscilloscope d'un octet de parole dans une voie temporelle d'une trame MIC (modulation par impulsions codées), IT0 (intervalle de temps zéro) servant de synchronisation de trame et correspondant à la voie temporelle 0.

Fig. B-2.

Nous repérons, à la fréquence de l'horloge bit (HB), dans la voie temporelle 4, un octet de parole composé du bit de signe à gauche, des 3 bits définissant le segment suivis des 4 bits d'échantillons de segment à droite.

Annexe C. Le multiplexage

- Principe : chaque voie temporelle allouée à un codec, ici la voie 4 définie par le signal FS0 (*Frame Synchronization equipment zero*) occupe un intervalle de temps élémentaire contenant un échantillon du signal de parole prélevé toutes les 125 microsecondes et qui est codé sur 8 bits.

La trame temporelle à 32 voies issue des Codecs est synchronisée avec la base de temps du commutateur (synchronisation en trame et en bits).

Fig. C-1.

- Le réseau de connexion permet de connecter l'une quelconque des 32 voies temporelles d'une ligne réseau émission (LRE) avec l'une quelconque des 32 voies temporelles d'une ligne réseau sortante (LRS). Il est constitué d'une mémoire tampon de conversation (MTC) et d'une mémoire de commande des connexions (MCM). La mémoire MTC permet de stocker 32 octets de parole (de 32 communications différentes). La mémoire de commande est la mémoire des connexions établies et pilote les transferts d'octets de la LRE vers la LRS. Elle est écrite par le processeur de commande du commutateur. Pour faire une connexion d'une voie i de la LRE vers une voie j de la LRS, il faut écrire la valeur i dans le mot MCM de rang j .

Fig. C-2.

Annexe D. La commutation temporelle

Le réseau de connexion temporel (RCX) permet de connecter l'une des 32 voies temporelles d'une ligne réseau émission (LRE) avec l'une des 32 voies temporelles d'une ligne réseau sortante (LRS). Sur cet aspect essentiel de la commutation temporelle, la visualisation du principe présenté en TD de préparation n'est pas aisée. À l'aide d'un programme de test permettant une exécution en mode pas à pas, l'étudiant peut suivre les phases essentielles.

Fig. D-1.

Nous retrouvons sur l'écran de l'oscilloscope les connexions établies à l'aide du programme de test :

- Tonalité d'invitation à numéroté et attribution d'un récepteur clavier aux équipements 0, 1 et 2.
- Tonalité d'occupation à l'équipement 3.

Nous notons que le « *Frame Synchronization* » de l'équipement 0 (FS0) est positionné en voie temporelle 4.

Fig. D-2.

Annexe E. Numérotation à fréquences vocales

L'oscilloscope numérique utilisé, doté de la fonction analyse spectrale, permet de vérifier le principe de la numérisation à fréquences vocales.

Fig. E-1. Test et analyse de la numérotation au point TX (*Transmit*).

Nous visualisons et retrouvons ici le chiffre 8 composé des fréquences 852 Hz et 1336 Hz.

Chiffre	Fréq. basse	Fréq. haute	Code binaire
1	697	1209	0001
2	697	1336	0010
3	697	1477	0011
4	770	1209	0100
5	770	1336	0101
6	770	1477	0110
7	852	1209	0111
8	852	1336	1000
9	852	1477	1001
*	941	1209	1010
0	941	1336	1011
#	941	1477	1100

Ces fréquences seront codées en éléments binaires visualisables sur la maquette au moyen de 4 diodes électroluminescentes.

Fig. E-2.

Annexe F. La trame MIC, les canaux de communication et la synchronisation en trame

Les deux maquettes de commutateurs sont interconnectées par deux paires de cuivre (liaison « *full duplex* »), une paire pour le sens aller ou MIC émission (ME) et une paire pour le sens retour ou MIC réception (MR). Cette liaison comporte 32 voies téléphoniques ou intervalles de temps (appelées intervalles IT0 à IT31) constituant ce que l'on appelle une « trame » : l'IT0 sert pour la synchronisation (top de trame) et l'IT16 sert pour la signalisation inter-commutateurs. Chaque IT du multiplex comporte 8 éléments binaires. Le programme de mise en oeuvre de l'autocommutateur nous permet d'établir des liaisons inter-autocommutateurs.

Fig. F-1.

Nous visualisons à l'oscilloscope la durée de la trame (125 microsecondes), la synchronisation (IT0). Nous constatons l'utilisation des voies 17 et 18 pour des communications inter-autocom. La fréquence des éléments binaires est celle de l'horloge émission (HE).

Fig. F-2.

Annexe G. Informations de synchronisation dans la trame MIC

Le commutateur envoie dans l'intervalle de temps IT0 des trames dites « paires » du MIC émission (ME) un motif de verrouillage de trame codée sur 8 bits à la fréquence de l'horloge émission (HE).

Fig. G-1.

Dans l'IT0 des trames dites « impaires » (une trame sur deux), le commutateur transmet un indicateur comme quoi il reçoit bien le verrouillage de trame pair venant de l'autre extrémité. Par contre lorsqu'il détecte que le verrouillage de trame pair est absent (au bout de trois trames d'absence de verrouillage pair), il émet un autre indicateur. Ceci permet à l'autre extrémité d'être prévenu de la perte de synchronisation sur la liaison.

Fig. G-2. Test présentant un problème réseau : motif à indicateur d'une liaison correcte. Le 4^e bit est à 0.

Fig. G-3. Test présentant un problème réseau : motif à indicateur d'une liaison incorrecte. Le 4^e bit est à 1.

Annexe H. Comparaison des codes AMI et HDB3

Il est impossible de transmettre sur de longues distances le code binaire (ou code NRZ, *Non Return to Zero*) car il se dégrade très rapidement. Il faut d'autre part faire en sorte que l'horloge d'émission soit multiplexée avec les données à transmettre : on parle alors de transmission synchrone. Pour cela on utilise notamment deux codes de transmission numérique : les codes dit AMI (pour *Alternate Mark Inversion*) et HDBn, notamment le code HDB3 (pour *High Density Bipolar code of order 3*) : ces codes permettent la transmission sur des distances de plusieurs kilomètres sans régénération du signal.

Fig. H-1. Test présentant le chronogramme du motif de verrouillage de la trame paire : code AMI. En tenant compte du temps de retard du codage, nous constatons que les 0 sont codés 0, les 1 sont codés successivement +V et -V afin que la valeur moyenne du signal soit toujours nulle.

Fig. H-2. Test présentant le chronogramme du motif de verrouillage de la trame paire : code HDB3. Pour éviter des longues suites de 0, et de ce fait une perte de synchronisation (ici plus de trois 0), on injecte un 1 factice signalé par une polarité en violation de la loi d'alternance du mode AMI.

L'inconvénient d'un code bipolaire simple type AMI est de ne pas maintenir la synchronisation de l'horloge réception avec l'horloge émission dans le cas d'une longue suite de zéros. En effet l'horloge est reconstituée par dérivation du signal dans le commutateur réception : au bout d'un certain temps d'absence d'impulsion, le circuit récepteur reconstituant l'horloge va se désynchroniser.

Fig. H-3. Test montrant l'impossibilité de recréer l'horloge réception (HR) en code AMI. Celle-ci n'est plus reconstituée au bout d'environ 16 microsecondes d'absence d'impulsion.

Annexe I. Séquencement d'une communication

Messages envoyés et reçus par les autocommutateurs

```
**Heure courante: 14:19:20.04  Message emis: Message pour autocomm 42,
id_de_communication 0, Type message : init communication, VT = 17, poste
appelant = 04, poste appele = 01, Autocomm initiateur de la comm: 14
-----
**Heure courante: 14:19:20.15  Message reçu: Message pour autocomm 14,
id_de_communication 0, Type message : confirmation disponibilite, VT = 17,
poste appellant = 04, poste appele = 01, Autocomm initiateur de la comm: 14
-----
**Heure courante: 14:19:20.20  Message emis: Message pour autocomm 42,
id_de_communication 0, Type message : ordre sonnerie, VT = 17, poste
appelant =
04, poste appele = 01, Autocomm initiateur de la comm: 14
-----
**Heure courante: 14:19:26.35  Message reçu: Message pour autocomm 14,
id_de_communication 0, Type message : décrochage poste appele, VT = 17,
poste
appelant = 04, poste appele = 01, Autocomm initiateur de la comm: 14
-----
**Heure courante: 14:19:51.73  Message reçu: Message pour autocomm 42,
id_de_communication 0, Type message : raccrochage, VT = 17, poste
appelant = 04, poste appele = 01, Autocomm initiateur de la comm: 14
-----
**Heure courante: 14:19:51.73  Message emis: Message pour autocomm 42,
id_de_communication 0, Type message : raccrochage, VT = 17, poste
appelant = 04, poste appele = 01, Autocomm initiateur de la comm: 14
-----
```

Fig. I-1.

Annexe J. Exemple d'un développement logiciel

Écriture et test d'un programme de pilotage du commutateur qui permet de traiter le début d'établissement d'une communication, c'est-à-dire la succession des fonctions suivantes :

- détection du décrochage d'un des 4 postes de la maquette ;
- connexion de ce poste au récepteur de fréquences n°1 de la maquette ;
- envoi de la tonalité d'invitation à transmettre les chiffres (le *La* 440 HZ) ;
- réception d'un chiffre, coupure de la tonalité et affichage de ce chiffre.

```
File Edit View Templates Compiler Run Help
[Icons]
{
  int equip;
  cout << "début.\n";
  init_interface();
  cout << "fin d'initialisation\n";
  bool evenement=false;
  while (!evenement)
  {
    for (int i=0; i<NB_EQUIPEMENT; i++) {
      if (etat_joncteur(i) == true)
      {
        cout << "poste n" << i << " décroché.\n";
        evenement=true;
        equip=i;
      }
      else {};
    }
  }
  //evenement
  //un poste a décroché:
  cout << "l'équipement n" << equip << " a décroché.\n";
  //affectation voie temporelle:
  affecte_codec(equip, 4);
  //connexion à l'invitation à numéroté:
  connexion(1, 4);
  //connexion au RNC N°1:
  connexion(4, 1);
  cout << "Frappez un chiffre:\n";
  while (lecture_RNC(0) == -1); //on attend la frappe d'un chiffre
  connexion (0,4); //coupure de la tonalité
  cout << "Vous avez envoyé le chiffre "<< lecture_RNC(0)<< " !\n";
  //terminé
  cout << "fin.\n";
} //main
```

OVS BLK Line:38 Col:10 Code:0 Top:6

Fig. J-1.