

Projet d'études de sous-systèmes pour charge utile de satellites de télécommunications

Y. de Javel, M. Auger

▶ **To cite this version:**

Y. de Javel, M. Auger. Projet d'études de sous-systèmes pour charge utile de satellites de télécommunications. [Rapport de recherche] Note technique CRPE n° 74, Centre de recherches en physique de l'environnement terrestre et planétaire (CRPE). 1979, 28 p. hal-02191371

HAL Id: hal-02191371

https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-02191371

Submitted on 23 Jul 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

RP 1782 (34)

CENTRE NATIONAL D'ETUDES DES TELECOMMUNICATIONS

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

CENTRE DE RECHERCHES EN PHYSIQUE DE L'ENVIRONNEMENT TERRESTRE ET PLANETAIRE

CRPE

NOTE TECHNIQUE
CRPE / 74

projet d'études de sous-systèmes pour charge utile de satellites de télécommunications

B

BIBLIOTHEQUE DU CENTRE DE DOCUMENTATION C.N.E.S.

par
Y. DE JAVEL
M. AUGER

CENTRE NATIONAL D'ETUDES
DES TELECOMMUNICATIONS

CENTRE NATIONAL DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

NOTE TECHNIQUE CRPE/74

PROJET D'ETUDES DE

SOUS-SYSTEMES POUR CHARGE UTILE

DE SATELLITES DE TELECOMMUNICATIONS

par

Y. DE JAVEL

M. AUGER

CRPE/ETE

38-40 rue du Général Leclerc

92131 - ISSY-les-MOULINEAUX

Le directeur adjoint du CRPE

I. REVAH

L'Ingénieur en Chef
chargé du département ETE

P. BAUER

Août 1979

TABLE

1 - INTRODUCTION

2 - LES RESEAUX DE TELECOMMUNICATIONS PAR SATELLITES

3 - EVOLUTION DES RESEAUX DE TELECOMMUNICATIONS PAR SATELLITES

4 - PROGRAMME DU GROUPE "TECHNIQUES SPATIALES" DU CRPE EN MATIERE DE CHARGE UTILE DE SATELLITE DE TELECOMMUNICATIONS

5 - CONCLUSION

6 - ANNEXES :

Annexe A-1 Projet d'unité de commande pour une matrice de commutation,

Annexe A-2 Essais prévus avec l'unité de commande.

1 - INTRODUCTION

Ce document constitue un avant-projet d'étude de sous-système de satellite de télécommunications. Il concrétise la réflexion menée en commun depuis Janvier 1979 par des ingénieurs des départements EFT et ETE visant à utiliser les compétences acquises par le CRPE dans le domaine des équipements spatiaux au profit des systèmes de télécommunications par satellites.

Compte tenu des diverses orientations possibles qui se sont dégagées lors de cette réflexion, le groupe "Techniques Spatiales" du département ETE a élaboré un programme d'études concernant l'Accès Multiple à Répartition dans le Temps et la Commutation à bord du satellite.

Cette note situe également l'effort entrepris au CRPE dans le contexte des systèmes actuels de transmissions par satellites et dans la perspective des systèmes des générations futures.

Le programme adopté pourra évoluer en fonction des orientations définies par le Comité Ad hoc pour les Télécommunications par satellites récemment mis en place par la Direction du CNET.

2 - LES RESEAUX DE TELECOMMUNICATIONS PAR SATELLITES

Un satellite de télécommunications interconnecte plusieurs stations terriennes entre elles ; le réseau ainsi constitué est caractérisé par la manière dont la bande et la puissance des répéteurs du satellite sont partagées.

On distingue trois grandes familles d'accès multiple (1) (6) :

- l'accès multiple par répartition en fréquence (AMRF),
- l'accès multiple par répartition en temps (AMRT),
- l'accès multiple par répartition codée en temps et en fréquence (AMRC).

L'AMRF fut la première technique utilisée opérationnellement car il utilisait des équipements dérivés de ceux des faisceaux hertziens.

L'AMRC est peu utilisé bien qu'il soit supérieur à l'AMRF si le nombre d'accès dépasse 20 et qu'il soit le système le moins sensible au brouillage ; il nécessite une synchronisation du récepteur sur l'émetteur.

L'AMRT se développe très rapidement depuis quelques années (essais avec Symphonie, Intelsat et OTS, réseaux Westar, réseaux prévus SBS, Télécom 1, ECS...).

L'interconnection de nombreuses stations est facile à mettre en oeuvre malgré la nécessité d'une synchronisation précise du réseau. Ce mode d'accès est le plus performant quant à l'utilisation de la bande et de la puissance des répéteurs du satellite.

Le tableau n° 1 donne les performances comparées des trois familles d'accès multiple à un satellite de télécommunications.

Type d'accès au satellite	Utilisation de la bande Kb	Utilisation de la puissance du répéteur Kp	Immunité au brouillage	Synchronisation
A M R F	$Kb = 3,3/n^{1,3}$ (n = 10 ; Kb = 0,17)	4 dB	médiocre	non
A M R C	3 %	4 dB	excellente	oui
A M R T	> 90 %	1 dB	médiocre	oui

Performances comparées des accès multiples

$$Kb = \frac{\sum \text{Bande des porteuses}}{\text{Bande du répéteur}}$$

Kp = recul de porteuse pour éviter la saturation du répéteur en dB

TABLEAU N° 1

3 - EVOLUTION DES RESEAUX DE TELECOMMUNICATIONS PAR SATELLITES

Pour faire face à la demande croissante en matière de réseaux de télécommunications par satellites, on cherchera d'une part à augmenter la bande disponible à bord des satellites (soit en utilisant des fréquences plus élevées non encore exploitées, soit en réutilisant plusieurs fois la même bande) et d'autre part à utiliser au mieux la bande disponible grâce à des méthodes d'accès de plus en plus efficaces.

Le tableau n° 2 donne une liste des problèmes qui, selon notre point de vue, seront soulevés par l'évolution prévisible des réseaux de télécommunications par satellite.

- Fréquences plus élevées :

On utilise actuellement deux bandes de 500 MHz 1'une à 6 - 4 GHz, 1'autre à 14 - 11 GHz. Des bandes de fréquence sont allouées pour les télécommunications par satellite aux fréquences 30-20 GHz, 50-40 GHz et 95-100 GHz. Avant d'introduire ces nouvelles bandes, il sera nécessaire d'une part de développer de nouveaux composants, et d'autre part d'étudier la propagation à ces fréquences dans 1'atmosphère terrestre.

- Réutilisation des fréquences :

A bord d'un satellite la même bande de fréquence peut être réutilisée plusieurs fois soit à 1'aide de faisceaux étroits, soit dans un même faisceau, en employant deux polarisations croisées. Les faisceaux étroits posent le problème de la réalisation de grandes antennes pointées avec précision sur les zones de couverture. L'emploi des polarisations croisées nécessitent une bonne connaissance des phénomènes de dépolarisation par 1'atmosphère terrestre.

- La commutation à bord (6) :

La réutilisation de fréquence conduit à avoir à bord d'un

	Développements ou études dans les domaines				
	Propagation	Système	Technologie	Accès multiple concerné	Expériences en cours
fréquences plus élevées	Atténuation et dépolarisation par l'atmosphère		Composants	AMRF AMRT AMRC	
Polarisation croisée	effet de l'atmosphère		Antennes	AMRF AMRT AMRC	OTS
Antennes "Spotbeam" fixes			Construction de grandes antennes	AMRT AMRF AMRC	
Commutation à bord et en hyperfréquence		- Synchronisation du réseau - Affectation à la demande	- Matrice de commutation du point de vue fiabilité - Unité de commande	AMRT	Contrats R/D d'Intelsat 105 et 118
Commutation à bord et en bande de base		- Synchronisation par le satellite - Nouvelles fonctions	- Démodulateurs - Modulateurs - Traitement en bande de base	AMRT	
Antennes "Spotbeam" balayées			Réalisation d'antennes à réseau phasé et Cde électronique	AMRT	
Liaisons inter satellites		- Etude de l'AMRF - Liaisons entre deux réseaux AMRT	- Pointage des antennes sur l'autre satellite - Composants pour les fréquences allouées	AMRT AMRF	Contrats R/D N° 102, 103, 104 d'Intelsat

Tableau n° 2 - PROBLEMES SOULEVES PAR L'EVOLUTION DES SATELLITES DE TELECOMMUNICATIONS

satellite plusieurs faisceaux indépendants qu'il faut interconnecter. En AMRF ou en AMRC, il faut n^2 répéteurs pour interconnecter n faisceaux tandis qu'en AMRT une matrice de commutation temporelle n x n et n répéteurs suffisent. A court terme, la commutation à bord du satellite se fera en hyperfréquence à l'aide de diodes PIN. Compte tenu des avantages qu'apporte la régénération à bord (amélioration du bilan de liaison, possibilités de traitement du signal) il est prévisible qu'à long terme la commutation se fera en bande de base (7).

La commutation peut aussi être réalisée à l'aide d'antennes à balayage électronique (4) (5).

Un satellite avec commutation à bord doit comporter une unité de commande qui permette d'effectuer l'affectation à la demande de manière simple et efficace. La commutation rendra le réseau AMRT plus sensible aux problèmes de synchronisation. Les méthodes de synchronisation doivent être validées avant la mise en service de tels réseaux.

- Liaisons intersatellites :

Les liaisons intersatellites devraient permettre d'une part de réduire le nombre des stations terriennes, d'autre part de libérer les canaux utilisés dans les liaisons à doubles bonds. Le problème est alors de coupler plusieurs réseaux AMRT indépendants.

4 - PROGRAMME DU GROUPE "TECHNIQUES SPATIALES" DU CRPE EN MATIERE DE CHARGE UTILE DE TELECOMMUNICATIONS PAR SATELLITES

L'activité du CRPE en matière de télécommunications par satellites s'insérant dans le programme à long terme concernera les prochaines générations de satellites. Le groupe "Techniques Spatiales" s'intéressera en priorité au système AMRT avec commutation.

Dans une première étape, on réalisera une unité de commande pour une matrice de commutation utilisable en hyperfréquence et en bande de base, et on procédera à une série d'essais. Le programme des études peut se découper en trois phases :

- Phase 1 : Réalisation d'une unité de commande et étude des différents schémas de synchronisation d'un réseau AMRT avec commutation. Les spécifications de l'unité de commande envisagée sont données dans l'annexe A-1.

- Phase 2 : Réalisation d'une série d'essais en laboratoire montrant d'une part que les spécifications sont tenues, d'autre part que l'unité de commande peut être facilement utilisée pour effectuer l'affectation à la demande ; on évaluera en particulier les performances de cette affectation (temps de réponse, nombre de séquences par trames ...)

- Phase 3 : Simulation d'un satellite avec commutation à bord. En utilisant des liaisons par satellite conventionnelles, on simulera, avec une matrice de commutation et son unité de commande, un réseau AMRT avec commutation à bord. Cette simulation devrait permettre de maîtriser les problèmes posés par le temps de propagation Terre-Satellite.

A l'achèvement de cette première étape, l'activité du groupe sera redéfinie : après avoir étudié une unité de commande pour une matrice de commutation, il serait logique de s'intéresser à l'introduction de nouvelles fonctions dans les satellites regénérateurs. On pourrait notamment considérer la synchronisation par le satellite, les liaisons descendantes continues, la télécommande et la télémesure dans le trafic.

L'étude de sous-systèmes tels que modulateurs et démodulateurs pourrait également être envisagée, mais nécessiterait la reconversion technique d'un laboratoire du groupe.

ECHEANCIER ET MOYENS NECESSAIRES :

La figure n° 1 donne l'échéancier des études.

Les moyens en personnel seront un ingénieur et un technicien pour les phases 1 et 2 de l'échéancier.

Les essais en laboratoire, phase 2, nécessiteront des équipements qui pourraient être prêtés par le département EFT (en particulier un "Burst Error rate, Unique Word Efror rate Measurement Equipement": B.U.M.E.)

La phase 3 des essais, relative à un système AMRT avec commutation à bord et utilisation d'un satellite, demande des moyens en personnel provenant d'autres départements. Une planification de ces essais doit être préparée au début de l'année 1980.

Les moyens financiers demandés pour le CRPE sont de 280 KF.
Le tableau n° 3 donne la décomposition de ce budget (il n'inclut aucune dépense de personnel et suppose le concours gratuit des départements extérieurs au CRPE).

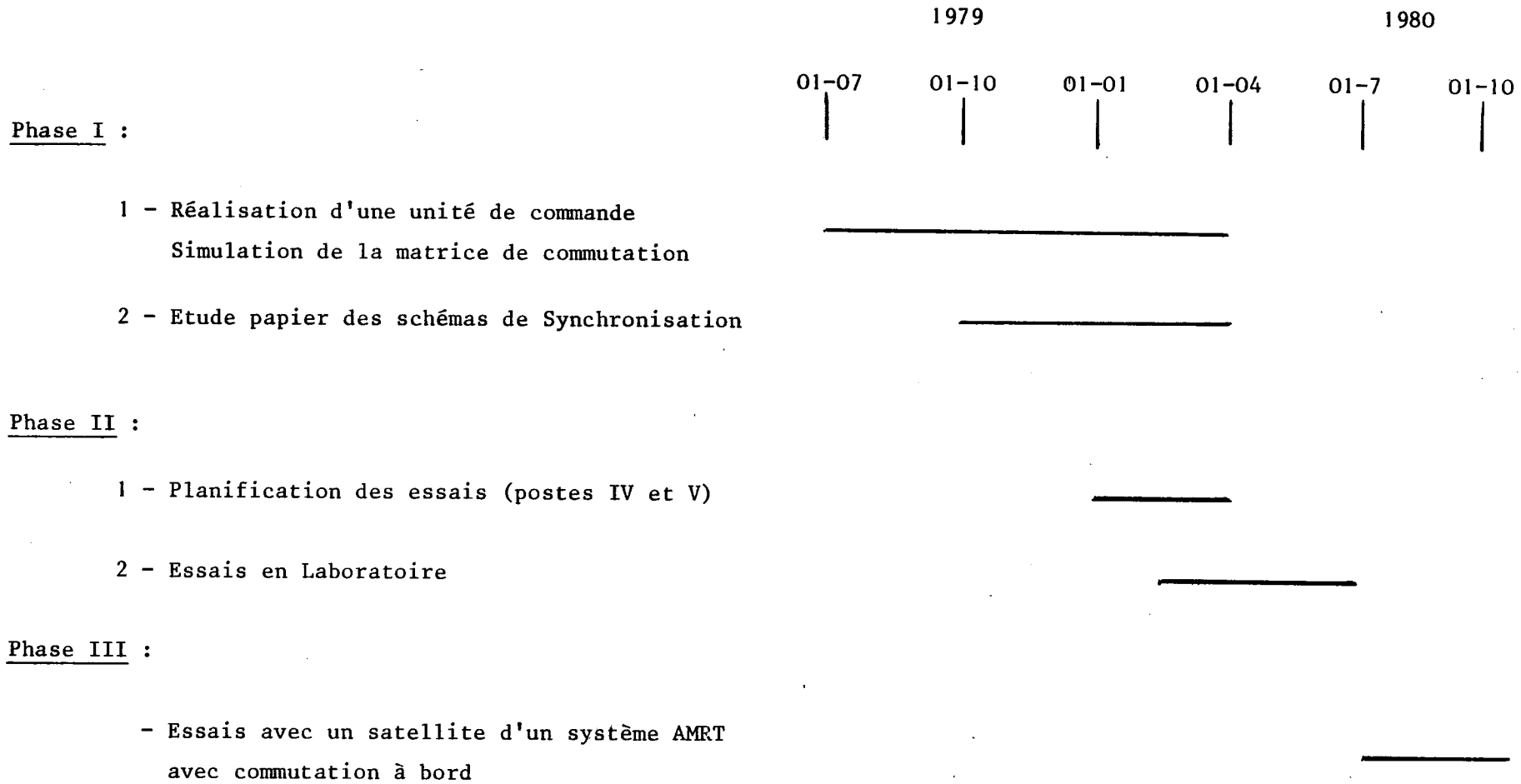


Figure n° 1 - ECHEANCIER DES ACTIVITES TELECOMMUNICATIONS DU GROUPE "TECHNIQUES SPATIALES"

Composants	30 KF	
Unité de Commande	30 KF	
1 programmeur (Interface TM-TC)	40 KF	Sous-Traitance Schémas, implantation, cablage
Simulation de la matrice	10 KF	
Détecteur de mot unique	20 KF	
Contrôleur TM-TC	70 KF	Matériel acheté
Equipement Labo	30 KF	
Maquettes pour essais avec satellites	50 KF	
	280 KF	

Tableau n° 3 - MOYENS FINANCIERS DEMANDES POUR LES PHASES 1 et 2

5 - CONCLUSION

Des discussions menées entre les ingénieurs et chercheurs de EFT et du CRPE conduisent le groupe "Techniques Spatiales" de ETE à l'élaboration d'un programme de travail comportant trois étapes :

- mise au point d'un boîtier de commande de matrice de commutation AMRT ;
- essais en laboratoire ;
- essais sur liaisons satellites grâce à une collaboration avec l'ingéniérie des stations terriennes.

La poursuite de ce programme se fera en harmonie avec les autres programmes en cours au CNET visant à la mise au point de systèmes de télécommunications spatiales dans une perspective à long terme.

ANNEXE A-1

PROJET D'UNITE DE COMMANDE POUR UNE MATRICE DE COMMUTATION

Nous donnons dans cette annexe les spécifications générales de l'unité de commande pour une matrice de commutation embarquée ainsi que sa description technique. Cette unité de commande peut être utilisée indifféremment avec une matrice hyperfréquence ou en bande de base. Sa réalisation doit permettre de figer les spécifications et éventuellement de les paramétrer en fonction des caractéristiques du réseau AMRT : longueur de la trame, nombre d'accès, temps de garde, etc...

La réalisation sera suivie d'une série d'essais permettant d'évaluer un système AMRT avec commutation à bord (annexe A-2)

A1 - 1 SPECIFICATION DE L'UNITE DE COMMANDE

L'unité de commande est fonction du système de télécommunication envisagé ; nous avons donc défini un système de télécommunication en AMRT avec commutation à bord.

Le tableau n° 4 donne les caractéristiques de cet AMRT. La majorité des paramètres a une fourchette de valeurs qui fixe les marges d'évolution possibles. L'étude devra montrer l'influence de ces paramètres sur le matériel.

- 4 à 16 répéteurs 120 M Bits/s (60 Mbauds en MDP4 ;
  1875 Voies téléphoniques MIC
  8 bits sans DSI (1))
- trame AMRT 750 µs à 40 ms
- temps de garde entre paquets 200 ns
- préambule de 60 à 150 symboles

Tableau n° 4 Caractéristiques du réseau AMRT envisagé

L'unité de commande peut aussi bien être utilisée avec une matrice de bande de base qu'avec une matrice de commutation en hyperfréquence.

Les caractéristiques de l'unité de commande sont données dans le tableau n° 5.

- nombre de modes par trame :

  Hypothèse basse : 16 (Intelsat)
  Hypothèse haute : 256 (transmission de données)

- temps de passage d'un mode au suivant ⩽ 50 ns
- temps de passage d'une séquence à une autre ⩽ 50 ns
  Le changement de séquence est synchronisé sur la trame.
- temps de reconfiguration de la trame ⩽ 1 à 5 s
  (chargement des nouvelles séquences, contrôle et exécution)

Tableau n° 5 Caractéristiques de l'unité de commande pour une matrice de commutation

Chaque trame AMRT est décomposée en une série de modes pendant lesquels on a différentes interconnections. Suivant le type de trafic, on peut envisager de 16 à 256 modes par trame AMRT (Intelsat ou transmission de données). L'ensemble des modes forme la séquence de commutation à l'intérieur d'une trame. Cette séquence doit être modifiée à la demande pour suivre le plus rapidement possible les variations du trafic.

A1 - 2 REALISATION ENVISAGEE DE L'UNITE DE COMMANDE

La figure n° 2 donne un schéma synoptique de l'unité de commande envisagée.

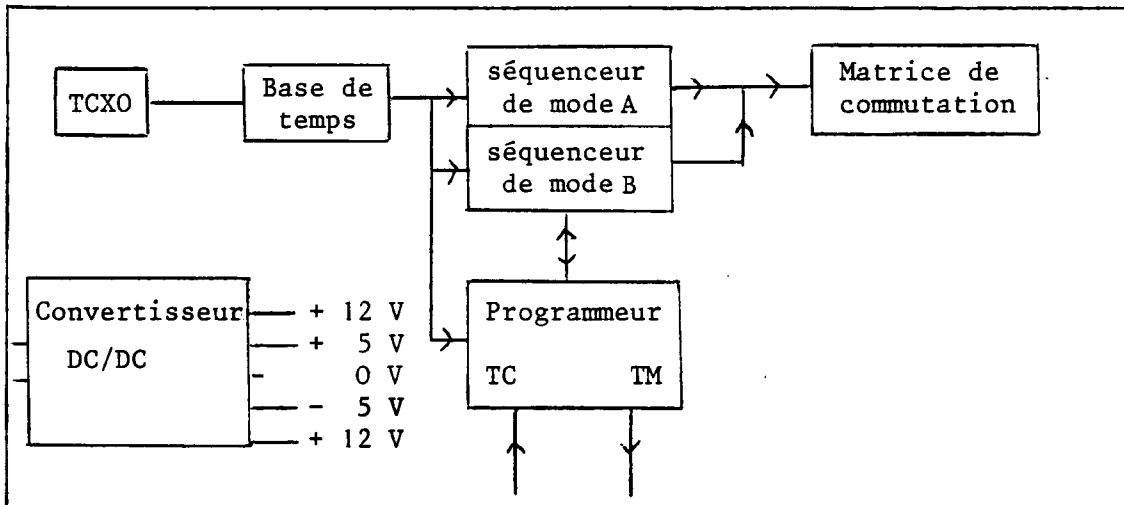


Figure n° 2 Schéma Synoptique de l'unité de commande

Un TCXO (Oscillateur à quartz compensé en température) pilote une base de temps qui délivre les signaux de synchronisation nécessaires (Trame, Supertrame,...). Deux séquenceurs de mode sont contrôlés par la base de temps : l'un "Maître" commande la matrice de commutation tandis que l'autre "Esclave" est utilisé soit pour contrôler le circuit

maître soit pour préparer une nouvelle séquence qui sera mise en oeuvre en inversant le rôle des deux séquenceurs.

Un programmeur assure l'interface entre l'unité de commande, la télécommande et la télémesure. Un convertisseur DC/DC fournit les alimentations nécessaires si cette fonction n'est pas centralisée.

La matrice de commutation sera simulée par une matrice en bande de base.

A1 - 3 SPECIFICATION DES PRINCIPAUX SOUS ENSEMBLES DE L'UNITE DE COMMANDE

Dans ce paragraphe, on va décrire de manière un peu plus précise les sous-ensembles composant l'unité de commande en faisant apparaître les points critiques qui devront être résolus lors de cette étude.

A1 - 3 - 1 OSCILLATEUR PILOTE

Fréquence nominale : 10 MHz (ou 5, ou 20 ...)
Stabilité en température : à définir
Stabilité en vieillissement (7 ans) : à définir

A titre indicatif, l'effet "doppler" du au satellite est de l'ordre de $\pm 1.10^{-7}$. On devra évaluer les stabilités nécessaires pour un fonctionnement correct du système.

A1 - 3 - 2 BASE DE TEMPS

La base de temps est une chaîne de division qui permet d'engendrer toutes les fréquences nécessaires à partir de la fréquence du TCXO, 10 MHz :

- 10 MHz (100 ns) : 1/4 Voie Téléphonique

- 2,5 MHz (400 ns) : 1 Voie téléphonique
- Trame 750 µs à 40 ms
- Supertrame 1 T_1 > Variation du temps de progation aller et retour
- Supertrame 2 T_2 Période de référence pour la télémesure

La stabilité en phase de tous ces signaux devra être meilleure que 50 ns. Cette grandeur est à comparer au temps de garde entre paquets qui est de 200 ns.

A1 - 3 - 3 SEQUENCEUR DE MODES

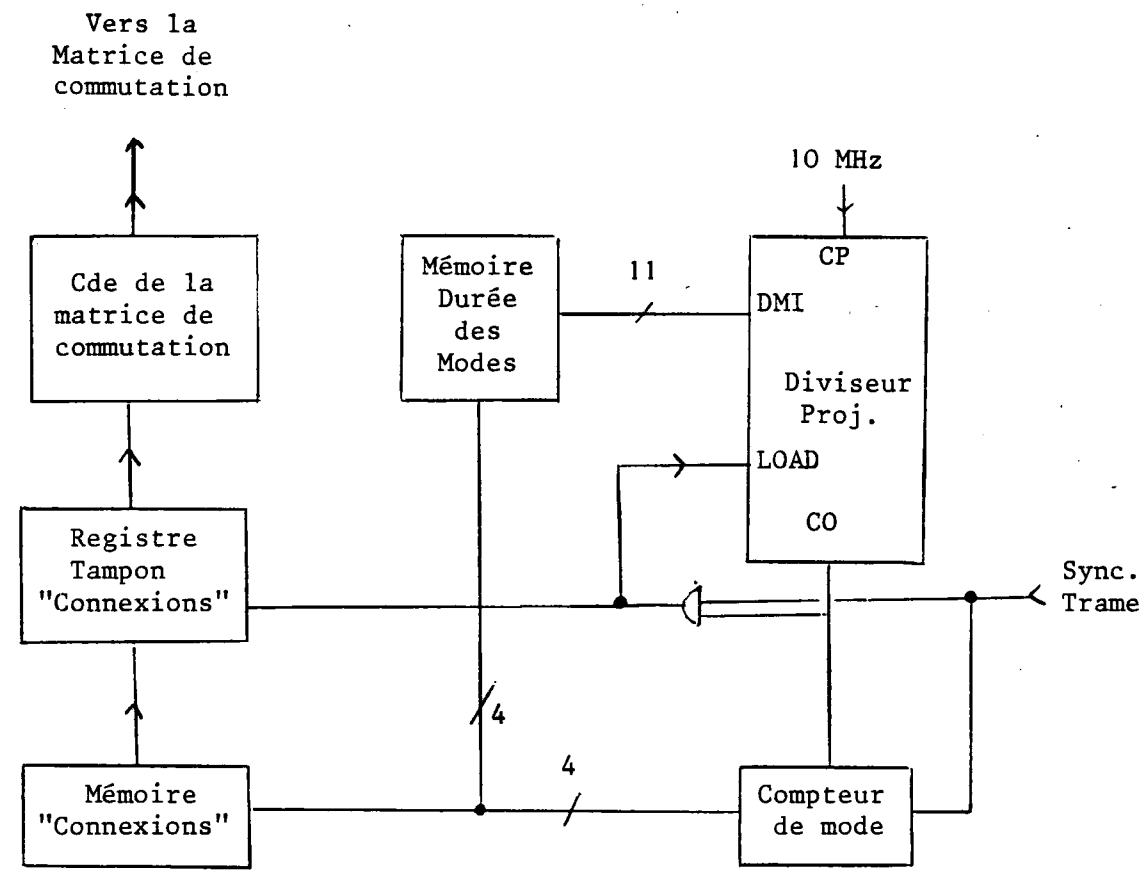
Le schéma envisagé est celui de la figure n° 3.

Lors de l'impulsion "Sync-Trame", le compteur programmable est chargé par un nombre M_0 correspondant à la durée du mode 0, le compteur de mode est mis à zéro et le registre tampon commandant la matrice est chargé par les connections à établir lors du mode 0.

Le compteur programmable décompte au rythme de l'horloge 10 MHz jusqu'à ce qu'il atteigne la valeur zéro. Il délivre alors une impulsion qui charge la durée et les interconnections du mode suivant.

Pendant la durée du mode en cours, les mémoires "Durée des modes" et "connections" préparent la configuration du mode suivant. Ce fonctionnement permet d'utiliser des mémoires relativement lentes et de faible puissance.

Le compteur programmable sera un compteur binaire de 11 bits piloté par l'horloge 10 MHz. La durée maximale d'un mode sera donc de 204,7 µs et réglable par pas de 100 ns (1/4 de Voie téléphonique). Si on désire des modes plus longs, il suffit d'associer plusieurs modes identiques consécutifs.



CO : "Carry out"

CP : "Clock Pulse"

DI : "Data IN"

DMI : "Durée du mode IN"

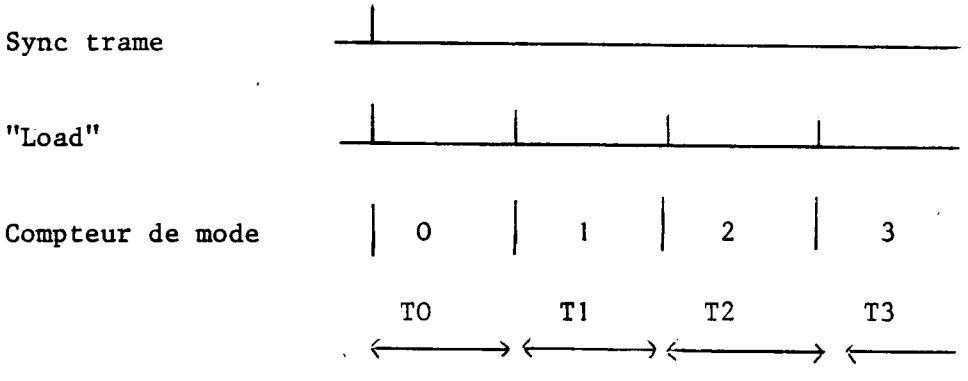


Figure n° 3 - SCHEMA SYNOPTIQUE D'UN SEQUENCEUR DE MODE

Le compteur de mode a une capacité de 16 à 256 suivant la configuration envisagée et est remis à zéro par le signal de synchronisation Trame.

Les mémoires "Durée des modes" et "Connexion" sont adressées par le compteur de modes et doivent avoir un temps de réponse inférieur à la durée minimale des modes, 800 ns. Leurs capacités sont directement liés au nombre de modes par trame.

Le registre tampon "connexions" est chargé au début de chaque mode par les connexions à établir ; sa taille dépend de la matrice envisagée. Pour une matrice n x n il faut au minimum 2 $\log_2$ (n) bits pour commander la matrice. On évaluera la puissance et le matériel nécessaire pour commander une matrice hyperfréquence.

A1 - 3 - 4 PROGRAMMEUR

Dans une première étape, on utilisera comme programmeur une carte microprocesseur du commerce. Lorsque les programmes auront été définis, on évaluera avec précision le matériel nécessaire.

ANNEXE A-2

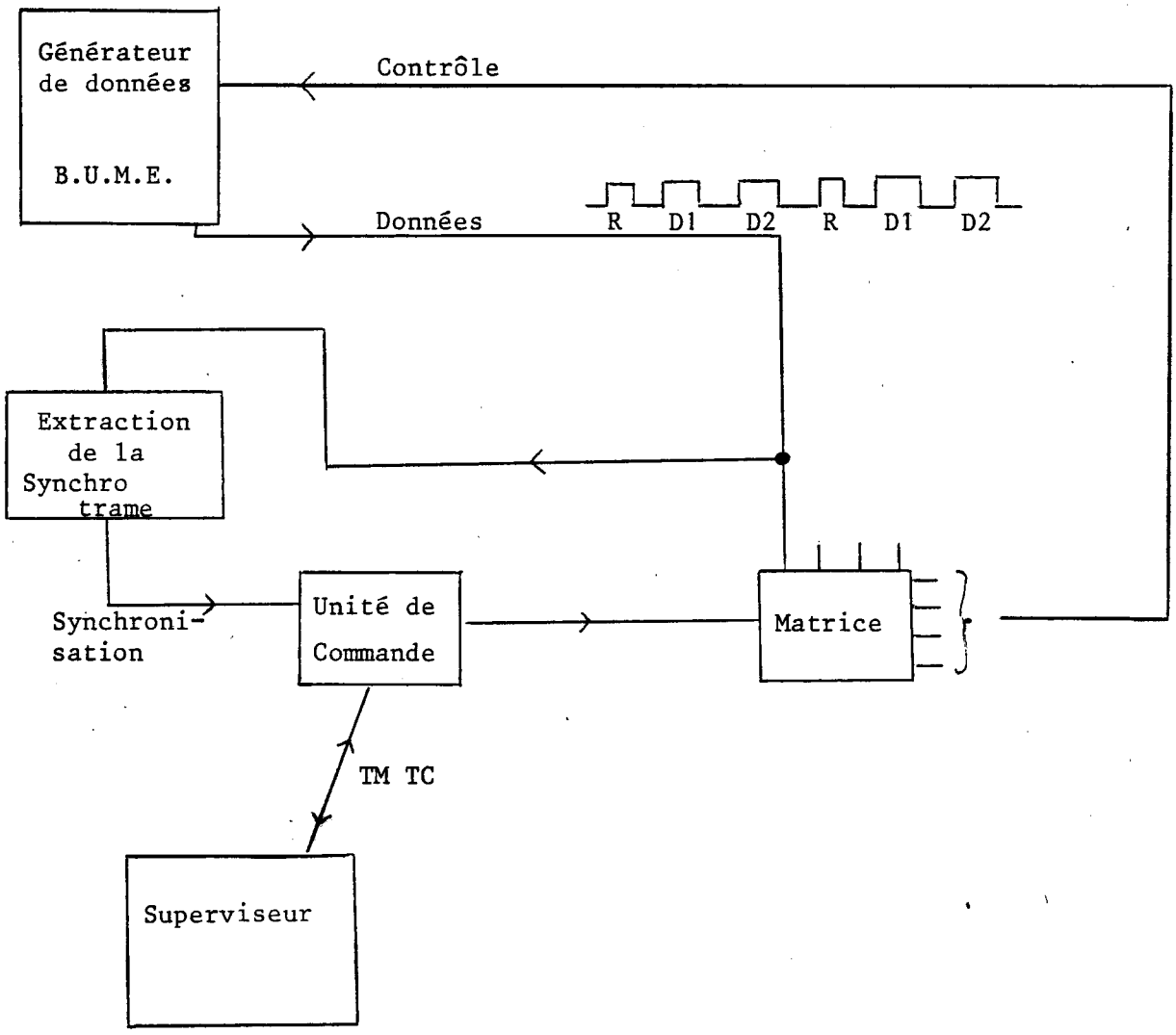
ESSAIS PREVUS AVEC L'UNITE DE COMMANDE

Compte tenu du coût élevé et de la complexité de mise en oeuvre d'une expérience en hyperfréquence les essais prévus se feront en bande de base. Dans une deuxième étape, on peut envisager d'acheter une matrice de commutation hyperfréquence et de refaire les essais.

La figure n° 4 donne un schéma synoptique du montage d'essais en laboratoire. Un générateur de données, qui pourrait être un B.U.M.E. (Burst error rate, Unite word error rate Measurement Equipement) fournit les données sous forme de plusieurs paquets : 1 paquet de référence et 1 ou 2 paquets de données. Le paquet de référence donne la synchronisation de trame. Comme le "B.U.M.E." n'est pas synchronisable, on synchronisera l'unité de commande sur le paquet de référence. Les paquets de données seront orientés sur des sorties différentes de la matrice.

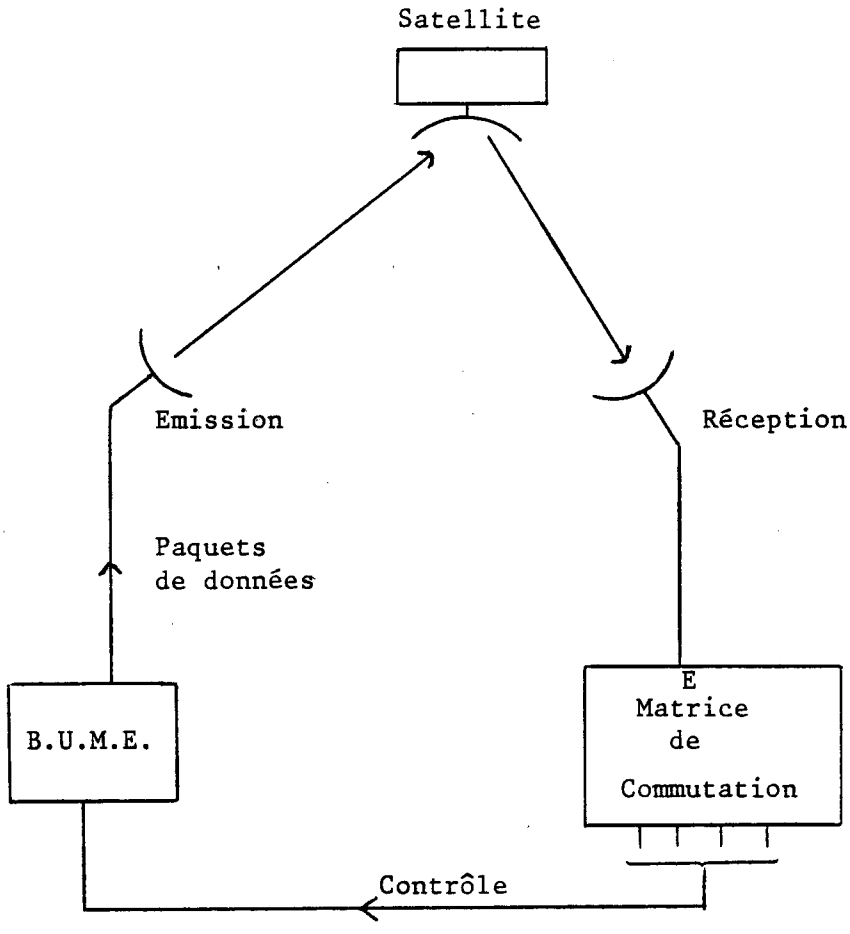
Le B.U.M.E. est aussi utilisé pour vérifier l'intégrité des données en sortie de la matrice.

Pour simuler un système complet (figure n° 5), on utilisera un satellite classique sans commutation à bord (OTS ou Symphonie). Le B.U.M.E. fournit les paquets de données à la station d'émission. La matrice de commutation est placée dans la station de réception après la démodulation des paquets. La sortie de la matrice est renvoyée au B.U.M.E. pour contrôle par



R Données de référence
D1 Paquet de données n° 1
D2 Paquet de données n° 2

Figure n° 4 SCHEMA SYNOPTIQUE DES ESSAIS EN LABORATOIRE



Liaison directe ou liaison par satellite

Figure n° 5 Schéma synoptique des essais avec un satellite

une liaison soit directe soit par satellite. Les stations d'émission et de réception peuvent être sur le même site.

LISTES DES REFERENCES

---

(1) J. PARES et V. TOSCER

"Les systèmes de télécommunications par satellites"
Ed. MASSON

(2) A.J. VITERBI

"A Processing Satellite Transponder For Multiple Access by Low-rate Mobile Users"

Digital Satellite Communications Conference, Montreal 78, Oct. 23-25.

(3) J. RAMANASTRY, W. HEISER, E. LEVIWE, R. MARMHAM

"Western Union's Satellite Switched TDMA Advanced Westar System"

AIAA 7 th Communications Satellite systems conference. San Diego 78, APR. 23-27

(4) Y.S. YEH and D.O. REUDINK

"The Organisation and Synchronisation of a Switched Spot-Beam System".
Digital Satellite Communication Conference,
Montreal 78, Oct. 23-25.

(5) D.O. REUDINK and Y.S. YEH

"A Rapid Scan Area-Coverage Communication Satellite"

AIAA 7 th Communications Satellite sytems Conference
San-Diego 78, APR 23-27.

(6) G. PAYET

"Problèmes d'Accès au Satellite et au Réseau Terrestre"

Cours de télécommunications spatiales, CNES-CNET
Tome I

(7) F. FIORICA

"Use of Regenerative Repeaters in Digital Communications Satellites"

AIAA 7 th Communications Satellite Systems Conference
San-Diego 78, APR 23-27.

LISTES DES FIGURES

Figure n° 1 Echéancier

n° 2 Schéma synoptique de l'unité commande

n° 3 Schéma synoptique du séquenceur de mode

n° 4 Schéma synoptique des essais en Laboratoire

n° 5 Schéma synoptique des essais avec un satellite

LISTES DES TABLEAUX

Tableau n° 1 Performances comparées des accès multiples

n° 2 Problèmes soulevés par l'évolution des satellites de télécommunications

n° 3 Moyens financiers demandés pour les phases 1 et 2

n° 4 Caractéristiques du réseau AMRT envisagé

n° 5 Caractéristiques de l'unité commande pour une matrice de commutation

CRPE
Centre de Recherches
en Physique de l'Environnement
terrestre et planétaire

Avenue de la Recherche scientifique
45045 ORLEANS CEDEX

Département PCE
Physique et Chimie
de l'Environnement

Avenue de la Recherche scientifique
45045 ORLEANS CEDEX

Département ETE
Etudes par Télédétection
de l'Environnement

CNET - 38-40 rue du général Leclerc
92131 ISSY-LES-MOULINEAUX

CNET imp 75/1163