



UNIVERSITÉ PARIS- SORBONNE

ÉCOLE DOCTORALE D'HISTOIRE MODERNE ET CONTEMPORAINE

Laboratoire de recherche CRHI

T H È S E

pour obtenir le grade de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ PARIS-SORBONNE

Discipline/ Spécialité : Histoire Contemporaine

Présentée et soutenue par :

Michel GUILLOU

le : 14 juin 2010

La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 Une ambition contrariée

Volume 1 : Première partie

Sous la direction de :

M. Pascal GRISET

Professeur, Paris-Sorbonne

JURY:

[M. Michel FEYNEROL]

[Titre, établissement]

[M. Andreas FICKERS]

[Professeur, Université de Maastricht]

[M. Olivier FORCADE]

[Professeur, Université Paris-Sorbonne]

[M. Pierre MUSSO]

[Professeur, Université de Rennes 2]

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

Chapitre 2: *Les premières réalisations techniques. Les balbutiements français à l'international*

En avril 1960, je reviens d'Algérie. L'aventure africaine de la France est en fin de course ; la Communauté se dissout ; le sort de l'Algérie sera scellé d'ici quelques années. Où porter désormais cet appel à l'aventure et cet esprit de conquête animés par quelques hommes qui font la grandeur d'un pays et la force de la nation ?

Puisqu'il faut à la France une ambition nationale et une ardente expansion, l'espace peut satisfaire l'une et l'autre. Vouloir des satellites et des lanceurs. Vouloir des astronautes et des vaisseaux portant notre drapeau. Vouloir prendre notre place dans la conquête de l'espace et d'abord dans le système solaire. La France en tant que France sera présente dans cette grande aventure qui peut déboucher demain sur la prospérité et le progrès. D'autres nations se joindront-elles à nous ? Tant mieux. La France sera peut-être ainsi la chance de l'Europe.

*Michel Debré
Premier ministre de 1958 à 1962.
Témoignage lors du 25^e anniversaire du CNES¹*

¹ CARLIER, GILLI, *op. cit.*, p.14.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

Pendant que le domaine des satellites se développait rapidement, principalement dans le secteur scientifique mais aussi dans l'observation de la Terre, les besoins de communications à grande distance se faisaient de plus en plus pressants par l'augmentation des échanges. L'utilisation de relais dans l'espace semblait une opportunité intéressante pour résoudre ce problème de saturation des moyens classiques de communication. Cette idée de relais dans l'espace avait été exposée par Arthur Clarke en 1945. Or, à cette époque, les ingénieurs ignoraient si une onde pouvait traverser l'atmosphère terrestre. Une fois le « percement » de l'ionosphère réussi en 1946 par des moyens « radar », il était tentant d'utiliser l'astre naturel de la Terre pour mettre en place des liaisons « lunaires ». La Marine américaine utilisa donc la Lune comme réflecteur passif pour établir des communications entre certains de ses services. Les militaires furent également les premiers à lancer des satellites artificiels permettant l'échange d'informations. De son côté, la NASA, s'intéressa dans un premier temps à un projet de réflecteur passif. Le satellite *Echo* allait être en quelque sorte une « lune artificielle ». Elle put par la suite s'intéresser aux recherches sur les satellites actifs, initialement réservées aux militaires. Assez naturellement, les opérateurs américains cherchèrent à incorporer le satellite dans leurs projets de réseaux de communications internationaux. Les groupes AT&T et ITT furent très actifs pour décrire et calculer des systèmes complexes à base de plusieurs satellites.

Ce deuxième chapitre cherche à montrer l'intégration de la France dans les premiers projets de télécommunications par satellites. Ils étaient nombreux du côté des États-Unis. Pour autant, la réponse technique à la mise en place de ces relais dans l'espace n'était pas unique. Plusieurs solutions pouvaient être mises en œuvre. Étaient-elles toutes adaptées ? Les moyens de lancement de l'époque permettaient-ils de mettre en place des satellites sur l'orbite retenue ? La technique du satellite synchrone était séduisante, mais était-elle au cœur des projets présentés par les différents acteurs ? La suprématie technologique des Américains leur permettait de mener seuls des expérimentations de liaisons spatiales. Comment la France put réaliser la première réception d'un signal réfléchi par un satellite passif au-dessus de l'Atlantique en août 1960 à Issy-les-Moulineaux ? Jusqu'à présent, ses moyens ne lui permettaient que de suivre ou de recevoir les signaux en provenance des satellites américains et soviétiques. Le CNET décida de se lancer dans l'aventure après cette première réussite dans la région parisienne avec des moyens modestes. Comment celui-ci allait-il, avec l'aide d'un industriel, mettre en place une station plus importante près de Nançay dans un délai extrêmement court ? Il n'était pas question de développer et réaliser des matériels spécifiques. Les équipements de faisceaux hertziens transhorizon déjà en place permirent à la Compagnie

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

générale d'électricité de mener à bien le défi lancé par les chercheurs du centre de Pierre Marzin. Cependant, ces nouvelles réceptions allaient-elles s'avérer techniquement plus élaborées ou être le déclencheur et le point de départ d'une plus grande ambition française dans le secteur des communications spatiales ? De nouvelles expériences s'annonçaient aux États-Unis ?

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

I - Transmettre via un satellite ; les premières expérimentations, sources de nombreux projets

Si la réception du « bip-bip » de *Sputnik* pouvait être considérée comme une transmission d'un signal porteur d'une information (la température à l'intérieur du satellite), il fallut attendre l'année 1958 pour voir l'apparition de nouveaux satellites spécialement dédiés aux communications. Leur fonction était de transmettre un signal de télécommunication entre deux points du globe via un relais construit par l'homme et envoyé dans l'espace ; une sorte de relais hertzien spatial situé à plusieurs centaines de kilomètres d'altitude. Cependant, les Américains n'avaient pas attendu l'arrivée du premier satellite soviétique pour entamer des expérimentations de télécommunications en utilisant un réflecteur passif à proximité de la Terre : la Lune. Ces transmissions avaient été possibles, après s'être assuré que les ondes radioélectriques pouvaient franchir l'ionosphère : une bande invisible qui ceinturerait la Terre et avait la particularité de réfléchir les ondes, en particulier les ondes courtes. Dès 1946, l'incertitude était levée avec la réception au sol, après réflexion d'un signal radar très puissant sur le satellite naturel de la Terre. À la suite des premiers essais qui s'avérèrent prometteurs, la Marine américaine mit en place un réseau de transmissions utilisant cette technique « lunaire » pour ses besoins dans la deuxième moitié des années cinquante.

Un an après le lancement du satellite *Sputnik*, les militaires américains firent leurs premiers pas dans le domaine des satellites spécialement construits pour assurer des fonctions de télécommunications classiques. Il existait alors deux techniques possibles pour assurer ce relais : les satellites passifs et les satellites actifs. Les études qui faisaient appel à des concepts différents furent réparties entre les services américains. La NASA, organisme civil hérita des expérimentations avec les satellites passifs. Les militaires mirent en place dès 1958, la première expérimentation avec un « relais spatial » actif : le satellite *Score*. L'expérience, concluante, généra une autre expérimentation avec un satellite beaucoup plus perfectionné, *Courier*, qui préfigurait la structure des futurs satellites actifs. Le domaine des télécommunications spatiales était encore dans une phase d'expérimentation des techniques possibles pour réfléchir les ondes en provenance du sol. Parmi celles-ci, la « ceinture réfléchissante » *Westford*, complexe à mettre en œuvre, fit l'objet de nombreuses protestations des astronomes.

La NASA s'était vue attribuer les expériences avec les satellites passifs. Elle porta son effort sur la réalisation d'une sphère réfléchissante : *Echo*. Plus tard, l'agence civile put obtenir l'autorisation d'expérimenter des satellites actifs et de mener l'ensemble des programmes de satellites de communications civiles. Elle lança alors le programme *Relay*. Dans cette première

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

phase du développement des communications spatiales, il y avait une incertitude technique quant au choix du type de satellite. Il était nécessaire de mener des expériences dans le « milieu » pour mener une comparaison des deux techniques en concurrence.

De leur côté, les grands opérateurs de télécommunications américains se lancèrent également dans des projets. Mais ils étaient plus focalisés sur le côté opérationnel de la technique, à même de répondre à leur problématique de mise en place des liaisons longues distances. Les compagnies *AT&T* et *ITT* furent les premières à présenter des programmes graves. Elles figuraient également parmi les entreprises qui avaient répondu aux différents appels d'offre de la NASA pour ses programmes *Echo* et plus tard *Relay*. La firme *Hughes* se démarquait de ses concurrents en proposant une technique intéressante de satellite synchrone – dont la rotation autour de la Terre s'effectuait à la même vitesse que cette dernière. Mais celle-ci ne faisait pas l'unanimité auprès des opérateurs en raison des problèmes de délai de transmissions occasionnés par le satellite situé à 36000 kilomètres d'altitude. Pour ces opérateurs, ils allaient même jusqu'à penser qu'un tel satellite ne pourrait jamais transmettre de la téléphonie. Seuls *Hughes* et *AT&T* mirent en pratique leurs plans avec la réalisation respective des satellites *Syncom* et *Telstar*.

Dans ce contexte, la première participation française à un programme de satellite de télécommunications allait se trouver concrétisée par les propositions américaines pour l'expérimentation *Echo*. Depuis le lancement de *Sputnik*, les équipes de recherches en France se contentaient de recevoir les signaux des satellites américains et soviétiques. Elles utilisaient la réception des signaux de ces objets spatiaux pour en déduire les nombreux paramètres physiques de l'ionosphère. Aussi les premières propositions américaines pour une participation à l'expérience *Echo* ouvraient de nouvelles perspectives. Le centre de recherche des télécommunications des PTT, le CNET, sut saisir cette opportunité de coopération pour acquérir une expérience dans ce domaine nouveau. Le directeur de ce centre, Pierre Marzin, comprit, dès le début, l'intérêt de cette nouvelle technique de transmission. Il restait cependant à trouver les financements nécessaires pour doter la France d'une station. Cette initiative du CNET fut couronnée de succès par une première réception de signaux à Issy-les-Moulineaux, avec un équipement rudimentaire, en août 1960, quelques jours seulement après le lancement du satellite américain. Cette réussite allait motiver les équipes de Pierre Marzin pour entamer la construction d'une station de réception plus performante à Nancy avec l'aide de la Compagnie générale d'électricité (CGE).

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

A - Les premiers satellites de télécommunication

Assez naturellement, les premiers satellites lancés après le célèbre *Sputnik* ne furent pas des satellites de communications mais des satellites scientifiques. Le contexte de l'année géophysique internationale s'y prêtait. Toutefois, les Américains n'avaient pas attendu le lancement d'un satellite construit par l'homme pour expérimenter et exploiter les signaux radioélectriques transitant par l'espace et renvoyés par un objet bien particulier, puisqu'il s'agissait du satellite naturel de la Terre : la Lune. Cet astre inerte, qui gravitait autour de la Terre avec une vitesse angulaire lente, se présentait comme un grand réflecteur qui pouvait être mis au service des communications. Il avait le pouvoir de réfléchir les ondes entre deux points du globe en visibilité commune de la Lune. Toutefois, la connaissance des possibilités de réflexion ne fut démontrée qu'en 1946 avec ce qui fut appelé le « percement de l'ionosphère ». Une équipe de militaires américains venait de montrer que des ondes pouvaient « sortir » de l'atmosphère terrestre. On s'en doutait, mais la preuve n'en avait jamais été faite. Bien que devenues opérationnelles dans le cadre des transmissions de la Marine américaine, les liaisons via la Lune ne présentaient pas tous les avantages que pouvait apporter un relais spécialement adapté pour les communications.

Ce fut le milieu militaire, en particulier américain, qui expérimenta le premier, la mise en place de liaisons retransmises par un satellite dédié et construit par l'homme. Les autorités des États-Unis avaient réparti entre les civils et les militaires les deux techniques pressenties pour assurer des liaisons avec un satellite artificiel. : les satellites passifs à la NASA, les satellites actifs aux composantes de l'Armée. Ce fut ainsi que prirent corps très rapidement, dès décembre 1958, l'expérimentation *Score* et plus tard *Courier* qui rencontrèrent le succès dès les premières liaisons. Malgré une durée de vie très courte des satellites, quelques jours, la moisson des résultats collectés laissait espérer de nouvelles applications intéressantes et entrevoir de nouvelles ambitions. Les plans « papier » des ingénieurs avaient pu être mis en pratique dans le milieu spatial. À partir de ce moment-là, il était bien naturel de se projeter dans l'avenir et de se lancer dans de nouveaux programmes pour les communications spatiales. Toutefois, certains d'entre eux ne récoltaient pas l'unanimité pour leur réalisation, voire même une franche hostilité, comme le projet *Westford* de « ceinture réfléchissante » autour de la Terre. De nombreuses voix, notamment du côté des astronomes, s'élevèrent contre une « pollution » de l'espace situé à proximité de la Terre.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

1 - Un premier satellite : la Lune

La proximité d'un astre qui réfléchissait la lumière pouvait laisser espérer qu'il en ferait de même avec des signaux radioélectriques. Clarke avait bien posé les bases des transmissions via des satellites stationnaires, mais son article ne faisait pas mention des fréquences que l'on pourrait utiliser. En effet, on ne savait pas si les ondes traversaient l'ionosphère. On se doutait bien qu'une partie du spectre passerait, car il y avait au moins les ondes « visibles », c'est à dire la lumière du soleil, qui parvenait à nous. Les ondes alors employées – les ondes longues et les ondes courtes – se propageaient soit en épousant la forme de la Terre pour les premières, soit en se réfléchissant sur les couches ionosphériques de la haute atmosphère pour les secondes. Pour savoir si d'autres ondes pouvaient franchir cette ceinture réfléchissante naturelle et invisible, il fallait au moins pouvoir utiliser une technique qui permettrait le retour des ondes envoyées. Les progrès du radar pendant la deuxième guerre mondiale allaient permettre de tenter l'expérience. La réflexion d'une onde sur un satellite artificiel de la Terre, la Lune, pouvait aider à la résolution de cette problématique. Elle était fondamentale, car si les signaux radioélectriques ne parvenaient pas à franchir l'ionosphère, il ne serait pas possible de communiquer avec un objet spatial envoyé par l'homme dans l'espace. Le rêve du savant Oberth d'envoyer une station dans l'espace, en 1929, ne pourrait alors se réaliser. La réussite, en 1946, du « percement » de cette atmosphère permettait de passer au stade suivant du processus : utiliser la Lune comme satellite pour les communications spatiales.

a - Un préalable : le « percement » de l'ionosphère

Les communications par réflexion sur la Lune avaient pour origine les expériences préliminaires conduites en 1946 par le *Evan Signal Laboratory* John DeWitt. Par la même ces expériences allaient montrer la faisabilité de transmettre une onde au-delà de l'ionosphère.

La traversée de l'ionosphère par une onde radio avait été tentée juste avant la guerre, mais sans succès². Au sortir de la deuxième guerre mondiale, les problèmes des armes comme les V2 allemands, avaient montré la nécessité de disposer d'ondes radio capables de se propager au-dessus de l'atmosphère pour détecter et contrôler ces objets à grande distance. La possibilité d'avoir un réflecteur au-delà de l'ionosphère devait permettre de confirmer ou non le passage de certaines ondes. En cas de succès, il était aussi possible d'envisager d'utiliser ce réflecteur pour des transmissions radio.

² Project Diana [en ligne] : www.infoage.org/diana.html.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

En 1946, le lieutenant-colonel John H. DeWitt avait la direction d'un projet appelé « Project *Diana* », du nom de la déesse de la Lune, pour développer un système radar capable de transmettre des impulsions radio fréquences vers la Lune et de détecter des échos 2,5 secondes plus tard. Ce projet fut aussi connu sous le nom de *Mounbounce*. Avant d'entrer dans le Signal Corp, DeWitt, alors qu'il était l'ingénieur en chef de la station radio WSM à Nashville, étudia et construisit un équipement pour tenter de recevoir des échos de la Lune. Malheureusement, l'expérience échoua en raison d'un manque de sensibilité du récepteur³. Mais déjà il estimait que cette perspective ouvrirait de nombreuses possibilités pour l'étude des couches supérieures de l'atmosphère.

Ce fut le 10 janvier 1946, que DeWitt alors chef du projet au Signal Corps Engineering Laboratories de l'Armée américaine à Evans, appelé aussi Fort Monmouth's⁴ démontra que des échos radar pouvaient être reçus de la Lune. Les progrès des radars durant la seconde guerre mondiale avait permis de réaliser cet exploit. Les ingénieurs utilisèrent une onde de fréquences de 111 MHz avec une puissance crête de 3000 Watts dans une antenne assemblée à partir de deux antennes de radars⁵. Le récepteur fut particulièrement étudié pour démoduler les très faibles signaux réfléchis par la Lune⁶. Depuis le premier essai de DeWitt durant la seconde guerre mondiale, les progrès des récepteurs avaient été notables.

Certains observateurs considéraient que c'était ce projet *Diana* qui avait ouvert l'âge des communications avec l'espace. D'ailleurs, la première liaison Espace vers Terre, un seul sens de transmission, eut lieu le 24 février 1949, lors de la réception des signaux d'une balise radioélectrique qui fonctionnait dans l'étage supérieur d'une fusée V2⁷.

Le projet d'écho radar sur la Lune avait aussi montré la possibilité de mener des transmissions de signaux d'un point à un autre de la Terre en utilisant la réflexion sur son astre naturel. Mais l'analyse montrait que cette possibilité n'était pas aisée mais également limitée pour l'étendre à un usage général⁸. Toutefois, un laboratoire d'ITT's *Federal Telecommunications Laboratories* à New York, essaya d'utiliser la Lune pour mettre en place des liaisons entre New York et Paris. Il s'agissait alors pour cette société de tenter de

³Jack MOFENSON, « Radar echoes from the Moon », *Electronics* 19, April 1946, p. 92-98.

⁴ Le Evans Signal Laboratory était considéré comme le « Birthplace of Army radar » durant la deuxième guerre mondiale. Le laboratoire était situé près de Belmar dans le New Jersey.

⁵ John H. Jr DEWITT, E. King STODOLA, « Detection of radio signals reflected from the moon », *Proceedings of the IRE* 37, March 1949, p. 229-242.

⁶ Herbert KAUFFMAN, « A DX Record : to the moon and back », *QST* 30, May 1946, p. 65-68.

⁷ Il s'agissait d'une fusée V2 avec un étage WAC *Corporal* dans laquelle GEC avait placé un émetteur radio. Ces essais se faisaient dans le cadre du projet *Bumper*. Donald C. ELDER, *Out from behind the eight-ball : a history of project Echo*, San Diego, Calif. : American Astronautical Society, 1985, p. 12.

⁸ DEWITT, STODOLA, *op. cit.*, p. 240.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

concurrencer AT&T qui avait le monopole sur le trafic transatlantique par câble. Ce que tenta ITT sera réalisé plus tard, le 8 novembre 1951, par le laboratoire de la société Collins Radio Company situé à Cedar Rapids (Iowa)⁹ et le centre radio d'étude de la propagation du National Bureau of standard¹⁰.

Le projet *Mounbounce* avait aussi démontré la possibilité de détecter au-delà de l'atmosphère l'approche de fusées ou missiles lancés sur le territoire des Etats-Unis ; à la suite de quoi fut créé la fameuse ligne de défense (détection radar), la *Distant Early Warning Line* (DEW Line) dans les années 1950¹¹. En raison des grands froids, les équipements radar furent protégés par des radômes, ils serviront de modèles pour certaines stations de communications par satellites, comme à Pleumeur-Bodou.

Cette possibilité de traverser l'atmosphère avec des ondes aura des répercussions très importantes pour la suite du développement des communications avec les objets gravitant dans l'espace.

b – Une exploitation quotidienne des communications « lunaires »

Le satellite artificiel de la Terre fut exploité pendant plusieurs années par un laboratoire de la marine américaine. Historiquement donc, la Lune pouvait être considérée comme le premier satellite de télécommunications.

La possibilité que la Lune puisse servir de réflecteur pour les communications, avec une qualité suffisante, fut examinée d'une façon théorique en 1948 par Metzger et Waer¹². Mais un laboratoire de la marine américaine s'illustra dans les transmissions utilisant la Lune comme réflecteur. James Trexler, un ingénieur de ce centre, l'*US Naval Research Laboratory Radio Counter Measures Branch* (RCM) travailla immédiatement après la guerre, à la tête d'une équipe sur ce thème. Il mena des études, en 1947, avec des radars allemands Wünzburg, rapatriés aux États-Unis pour l'écoute de faibles signaux en provenance d'Europe et d'Union soviétique. La réception de ces signaux traduisait des propagations anormales des ondes radio. Il avait même procédé, dès 1945, à des calculs pour des liaisons à longue distance entre Los

⁹ Les ingénieurs du CNET furent en contact avec ce laboratoire lorsqu'ils menèrent les expérimentations à la future station de Nancy.

¹⁰ BUTRICA, *op. cit.*, p. XIX.

¹¹ Donald C. ELDER., *Out from behind the eight-ball : a history of project Echo*, San Diego, Calif. : American Astronautical Society, 1985, p. 12.

¹² J.V. EVANS., « Radio communication using Moon-reflected signals », *Internal report of the Massachusetts Institute of technology N° 3G0003*, MIT Lincoln Laboratory, 19 December 1960, 35 p.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

Angeles (Californie) et Washington D.C. en utilisant la Lune¹³. Par la suite il participa à une étude dérivée du projet *PAMOR* (PASSive MOon Relay)¹⁴. D'autre part, durant la Guerre de Corée, des éléments de la Marine américaine dans l'océan Indien se trouvèrent « coupé radioélectriquement » de leurs bases pendant un certain temps en raison d'une éruption solaire qui empêchait les ondes de se réfléchir sur l'ionosphère¹⁵. Si l'événement était assez rare, il mettait à mal la sécurité des communications stratégiques de la Marine. Les réflexions via la Lune pouvaient offrir une solution de secours dans ce cas de figure.

En 1951, le NRL démontra que l'onde radio réfléchiée par la Lune était plus cohérente que prévue. Il démontrait ainsi la faisabilité des techniques de réflexion radio via la Lune. La particularité de cette solution était, d'une part que les communications étaient gratuites et d'autre part qu'il n'était pas nécessaire d'envoyer le relais de communication dans l'espace. Toutefois, la Lune devait être visible des deux stations au sol en même temps pour établir un circuit en temps réel. Le temps d'exploitation était finalement assez long dans une journée. Pour des exploitations de durées supérieures (24 heures par exemple) on pouvait envisager d'exploiter en plus un satellite artificiel.

La Marine américaine commença ses expérimentations de communications par réflexion sur la Lune au cours de l'année 1954. Elle réussit à établir une liaison « continuous wave CW » et une liaison audio entre les côtes Est et Ouest des États-Unis¹⁶. La voix de James Trexler¹⁷, un ingénieur du *Radio Countermeasures Branch* du NRL revint sur Terre, le 24 juillet 1954, deux secondes et demie après avoir « quittée » le laboratoire situé à Stump Neck dans le Maryland. C'était la première fois, qu'une voix humaine fut transmise au-delà de l'atmosphère avant de revenir sur Terre¹⁸. Quelques mois plus tard, la Marine renouvelait le succès avec la réalisation de la première « one-way single channel radio teletypewriter communication » entre

¹³ van David K. KEUREN, *Moon in their eyes : « Moon communication relay at the naval research laboratory, 1951-1962 »*, p. 11, in BUTRICA, *op. cit.*, 321 p.

¹⁴ Ce dernier hautement stratégique et confidentiel consistait à la surveillance des technologies radar soviétiques par l'écoute des signaux issus de leur réflexion sur la Lune.

¹⁵ Cet événement peut se produire lors d'une très forte activité solaire qui a pour conséquence d'empêcher toute transmission par réflexion sur les couches ionisées dans la haute atmosphère. Il peut durer près d'une heure. Durant notre début de carrière au centre radioélectrique des PTT dans la région parisienne, l'auteur de cette thèse eut l'opportunité d'assister à un tel « black-out » des communications internationales par radio pendant plus d'une heure. Un « silence » radio particulièrement impressionnant.

¹⁶ Frank VIRDEN, « U.S. Navy Communications Moon Relay (CMR) System », *Naval research reviews*, March 1960, p. 17-20.

¹⁷ Immédiatement après la guerre, Trexler à la tête d'une équipe mena des études en 1947, avec des radars allemands Wüzburg, rapatriés aux États-Unis pour l'écoute de faibles signaux en provenance d'Europe et d'Union soviétique. La réception de ces signaux traduisait des propagations anormales des ondes radio. Il avait également procédé dès 1945, à des calculs pour des liaisons à longue distance entre Los Angeles (Californie) et Washington D.C. en utilisant la Lune.

¹⁸ KEUREN, *op. cit.*, p. 9, in BUTRICA, *op. cit.*, 321 p.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

Washington, DC et Pearl Harbor. Cela prouvait que les techniques de réflexion sur la Lune étaient praticables. À partir de ce moment, les transmissions se succédèrent : le 20 novembre 1955 le NRL réalisa la première transmission transcontinentale de Washington, DC à San Diego (California) ; Hawaï était « connectée » en janvier 1956. Les liaisons opérationnelles prirent la place des expérimentations. Le 29 novembre 1959, des transmissions de phonie furent réalisées, via la Lune, entre Holmdel, New-Jersey et Goldstone. Le premier système opérationnel de communications via la Lune, appelé Communication by Moon Relay (CMR), fut officiellement inauguré en janvier 1960. Les capacités du système permettaient l'envoi de fac-similé et des canaux télex. La démonstration publique de ce système eut lieu le 28 janvier 1960 avec l'échange de message entre le chef des opérations navales et le commandant en chef de la Flotte du Pacifique. La presse était accueillie à la station radio navale de Cheltenham. Le « clou » de la démonstration fut la réception d'une téléphoto du porte-avions *Hancock*, transmise depuis la station d'émission d'Hawaï. Sur la photo qui avait été prise d'un avion, l'équipage du bâtiment formait sur le pont les lettres « MOON RELAY »¹⁹. Par la suite, ce système fut utilisé par la marine américaine de 1959 à 1963 pour relier la Navy's Moon Relay à Opana, Oahu à Hawaï²⁰ et Washington, DC. Le NRL avait quatre sites CMR ayant chacun une station émission et réception séparée. Le laboratoire de la Marine réussit même une transmission depuis la Terre vers un navire le 15 décembre 1961²¹. Deux messages furent transmis entre des personnalités de haut rang de la Navy : G.W. Anderson chef des opérations navales et R.M. Page, directeur de la recherche²².

La station expérimentale de Jodrell Bank de l'Université de Manchester en Grande-Bretagne, avec sa grande antenne de 75 mètres de diamètre avait également fait des expérimentations de réception de signaux avec la Lune. Le 14 mai 1959, elle émit un signal vers l'astre, celui-ci fut réfléchi vers l'US Air Force Cambridge Research Center à Bedford, Massachusetts²³.

¹⁹ Pour la démonstration, les ingénieurs avaient utilisé quatre canaux télex multiplexés, dont trois transportaient du trafic sur deux voies simultanément et un canal transportait les échanges de la presse entre Cheltenham et Hawaï. La distance parcourue pendant la démonstration par l'onde radio était de 768000 kilomètres, le délai de transmission était de 2,5 secondes. VIRDEN, *op. cit.*, p. 17-20.

²⁰ Qui était la station d'émission, l'antenne parabolique utilisée faisait 84 mètres, la station de réception était à Wahiana à Oahu.

²¹ « Moon used to transmit shore-to-ship radio messages », *Naval research reviews*, February 1962, p. 21-22.

²² Le signal fut transmis du laboratoire du NRL à Stump Neck, Maryland avec une parabole de 6 mètres vers une station, avec une antenne de 5 mètres, montée par le NRL sur le navire *USS Oxford*. En raison du diamètre plus faible de l'antenne à bord du bateau, le débit était plus faible.

²³ ELDER, *op. cit.*, p. 63.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

Quelques jours plus tard, le 3 juin 1959, les scientifiques américains transmettaient un message vocal enregistré du Président Eisenhower de Westford, Massachusetts vers Prince Albert, Saskatchewan.

Les militaires américains ne furent pas les seuls à réaliser des liaisons expérimentales via la Lune. Le sujet faisait même l'objet de présentations ou de conférence comme lors du dixième congrès international d'astronautique du 23 au 25 octobre 1959 à Essen organisé par la société allemande d'astronautique et de technique des fusées où participèrent plus de 200 techniciens originaires de 14 pays différents. L'une des conférences portait sur La Lune réflecteur de signaux radio par P. Lengrüsser de Bonn. Le propos se focalisait sur la signification des réflexions sur la Lune pour la navigation et la commande des fusées ainsi que pour la transmission des nouvelles par des véhicules spatiaux²⁴.

Le Jet propulsion Laboratory (JPL) avait transmis de Goldstone aux États-Unis à Woomera en Australie un message téléphonique via la Lune le 11 février 1961²⁵. Les Français utilisèrent également la future station du centre de recherche des PTT (CNET) à Nancay pour mener des essais « lunaires » à la demande des Américains. Plus tard, les radioastronomes soviétiques de l'Institut, près de Gorki, purent capter des signaux émis par l'observatoire de Jodrell Bank après réflexion sur la Lune ; ces signaux qui furent reçus pendant une heure, après avoir effectué un parcours total de 750 000 km²⁶.

Plus anecdotique, mais qui montrait l'enthousiasme des passionnés de transmissions radio, les radioamateurs avaient réalisé la première liaison amateur via la Lune les 17 et 21 juillet 1960 par deux équipes américaines. La faiblesse des signaux qui revenaient après réflexion de la Lune avait nécessité l'utilisation d'amplificateurs paramétriques à bande étroite ; mais dans ce cas, il n'était pas question d'extraire une modulation. Les liaisons se firent donc par l'utilisation de la télégraphie morse. Lors de l'essai du 17 juillet, les signaux étaient à la limite, mais le 21 juillet le signal fut reçu²⁷ avec une intensité bien supérieure à la station de la Rhododendron Swamp VHF Society (W1BU) installée à Boston (Massachusetts) sur la côte

²⁴ MAE, série NUOI, période chronologique 1945-1959, carton 641.

²⁵ Ils utilisèrent sur les deux sites, pour cette liaison une antenne de 26 mètres (antenne parabolique composée de grillage). Les ingénieurs utilisaient alors la fréquence de 960 MHz avec une puissance : 7,5 kW ; c'était pour cette raison que les ingénieurs du CNET développèrent leurs premiers récepteurs hyperfréquences paramétriques sur cette fréquence (témoignage de Jean-Pierre Houssin). *Interavia*, N°4/1961, p. 500.

²⁶ *La recherche spatiale*, vol. III, N°4, avril 1964, p. 58.

²⁷ L'émetteur transmettait un signal à 1296 MHz avec une puissance de 1 kW à l'aide d'un tube klystron, raccordé à une antenne de plusieurs mètres de diamètre.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

Atlantique. L'émetteur se trouvait à une distance de 500 kilomètres de là sur la côte Pacifique à l'Eimac Radio club (W6HB) de San Carlos (Californie)²⁸.

2 - Les expériences des satellites militaires actifs *Score* et *Courier*

Ce ne fut qu'en décembre 1958 que les militaires américains lancèrent le premier satellite relais de télécommunications, le satellite *Score*²⁹. Développé en un temps très court, avec des moyens déjà existants, il ouvrait ainsi l'ère des communications spatiales avec un répéteur actif. Fort de ce succès, les militaires développèrent un autre satellite du même type, *Courier*, qui fut lancé en octobre 1960, peu de temps après le satellite passif *Echo* développé par la NASA. Initialement, les satellites de communications actifs furent attribués pour les études et le développement aux autorités militaires des États-Unis. Cet état de fait ne perdura pas suite aux demandes incessantes de la NASA pour s'investir dans l'étude des satellites actifs. Les succès des deux expérimentations militaires, *Score* et *Courier*, ne devaient pas faire oublier que certaines expériences ne furent pas aussi probantes, voire même rejetées et polémiques, comme ce fut le cas avec le projet *Westford*. La mise en place du système technique des communications spatiales passait aussi par de telles phases d'incertitude et de tâtonnement dans les options à retenir. Les ingénieurs et les techniciens s'étaient autorisés quelques idées que l'on pouvait considérer comme « farfelues » dans leurs projets.

a – Un partage des rôles. Les satellites actifs ... le domaine des militaires. *Score*

Les premiers à investir le domaine des communications spatiales avec des satellites artificiels actifs furent les militaires américains. En novembre 1958, le *Department of Defense* (DoD) avait reçu l'exclusivité des études sur les satellites actifs, l'agence civile de la NASA devait se concentrer sur les satellites passifs. Même si elles furent de courte durée, les militaires réussirent deux expériences qui confirmaient la faisabilité de communications spatiales.

Entre la période d'annonce de la formation d'une agence civile, la NASA, en début de l'année 1958 et sa mise en place opérationnelle à la fin de 1959, la responsabilité du management des programmes spatiaux américains incombait à l'Advanced Research Projects Agency (ARPA), l'un des départements du DoD. Ce dernier était en quelque sorte, avant la mise en place de la National Aeronautics and Space Agency, la première agence spatiale américaine. En novembre 1958, les représentants de la NASA, de l'ARPA et du budget

²⁸ « Première liaison entre amateurs via la Lune », *Toute la radio*, novembre 1960, p. 386.

²⁹ *Score* : Signal Communication by Orbiting Relay Equipment.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

rencontrèrent le « President's science advisor » pour discuter des satellites de communication. De cet entretien, découla le partage des responsabilités pour les études. L'ARPA avait en charge le domaine des satellites actifs, tandis que la NASA devait développer la technique des satellites passifs³⁰. Elle était d'ailleurs la seule intéressée par les propositions de John Pierce pour utiliser la réflexion des ondes sur de grands « ballons » en orbite.

En ce 19 décembre 1958, soit un peu plus d'un an après *Spoutnik*, le monde entier pouvait entendre le message de Noël du Président Eisenhower venu de l'espace :

This is the President of United State speaking. Through the marvels of scientific advance, my voice is coming to you from a satellite travelling in outer space. My message is a simple one : Through this unique mean I convey to you and all mankind, America's wish for peace on earth and good will toward men everywhere.

Ce message préenregistré³¹, avait été émis par le satellite militaire américain *Score*. L'Amérique revenait donc médiatiquement sur le devant de la scène. Elle venait assurément de marquer des points et reprenait l'initiative face au concurrent russe. Ce projet, dirigé par l'Advanced Research Projects Agency (ARPA), l'un des départements du ministère de la Defense, fut mis au point par l'Army Signal Research and Development Laboratory (ASRDL) à Fort Monmouth dans le New-Jersey. Lors d'une visite, le 29 mai 1958, du secrétaire de l'armée Wilbur Brucker, accompagné du général O'Connell, dans ce laboratoire, les ingénieurs évoquèrent la question des satellites de télécommunication. Cette présentation sembla impressionner Brucker. Quelques jours plus tard en juin, O'Connell revient à Fort Monmouth, cette fois avec le directeur de l'ARPA, Roy Johnson³². La question des satellites de communications fut de nouveau évoquée et produisit son effet. En effet, quelques jours plus tard, il fut demandé aux ingénieurs et techniciens du laboratoire, quel type de satellite il était possible de développer en ... soixante jours, pour un poids d'environ cent cinquante pounds (68 kilogrammes) sur un missile qui mettrait la charge en orbite³³. Ensuite, tout alla très vite. La configuration de la charge de télécommunication fut approuvée au mois de juillet 1958 pour un

³⁰ *Documents on International aspects of the exploration and Use of Outer Space, 1954-1962*, Staff report prepared for the committee on Aeronautical and space sciences United States Senat, May 9, 1963, Washington : US Government Printing Office, 1963, p. 100.

³¹ Le message d'origine devait être l'enregistrement d'un message d'un membre du projet, mais à la dernière minute. Il fut envoyé à Cap Canaveral et chargé dans l'enregistreur qui était déjà sur le pas de tir. Le message du Président était bien plus symbolique que celui d'un membre de l'équipe qui avait réalisé le satellite *Score*. (Celebrating our past : the first communication satellite, Harry Waldron, history office, témoignage sur le site www.fas.org/spp/military/programm/com/score.htm).

³² *A Signal Corps Space Odyssey* by general Brown. p. 60.

³³ Il n'était pas nécessaire de prévoir un dispositif de séparation ni de protection thermique, car une partie du vecteur de lancement, le missile, allait supporter la charge utile durant sa course autour de la Terre. Ce qui simplifiait grandement la définition de cette charge utile qui en faisait un satellite très simplifié.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

lancement prévu début novembre. Les stations à terre devaient être terminées et opérationnelles pour le 1^{er} novembre. Le délai d'étude et de développement, imposé, était donc très court. La durée initiale de fonctionnement, pour l'expérimentation sur l'orbite, était estimée à une vingtaine de jours. L'objectif était de tester la faisabilité d'un satellite de communication et d'explorer les problèmes techniques et opérationnels qu'un tel système pouvait générer pour une utilisation militaire.

La charge utile de télécommunication³⁴ d'une soixantaine de kilogrammes, devait être simple et composée de matériel commercial modifié en raison des délais. Celui-ci fut placé dans un missile dépouillé *Air Force Atlas ICBM-10-B*³⁵, dans lequel seuls les équipements de guidage de sauvegarde avaient été gardés³⁶. L'ensemble fut lancé avec succès le 18 décembre 1958 depuis la base de l'Atlantique Missile Range à Cap Canaveral³⁷. C'était également le premier succès de la fusée *Atlas* en tant que véhicule spatial de lancement.

Les paramètres du satellite en orbite avaient permis de déterminer la répartition du dispositif à terre qui comprenait quatre stations³⁸, plus une à Cap Canaveral pour les tests de la phase finale avant le lancement..

Ce satellite fut surtout connu pour avoir relayé le message du Président des États-Unis. Mais d'autres messages plus anonymes furent enregistrés dans l'enregistreur de bord lors du passage du satellite au-dessus d'une station au sol, puis restitué ultérieurement lors d'un passage au-dessus d'une autre station terrienne. Cette dernière n'était pas en visibilité directe via le satellite avec l'autre station. Les stations à terre purent recevoir et transmettre avec le système d'enregistrement, un total de 5 heures et 12 minutes qui se répartissaient en 78 messages³⁹. Mais ce que l'on connaît beaucoup moins, était l'utilisation de ce satellite pour onze liaisons en direct entre la Californie et la Géorgie sur une distance de plus de 4 800 kilomètres pendant une période cumulée de 43 minutes. Le satellite *Score* pouvait donc également être considéré comme un satellite actif à transmission instantanée⁴⁰.

³⁴ La charge utile recevait sur la fréquence de 150 MHz (l'émetteur à terre pouvait émettre soit 250 Watts, soit 100Watts) et émettait sur 132 MHz avec une puissance de huit Watts. Elle était également équipée d'une balise émettant sur 108 MHz pour faciliter la poursuite par les stations à terre.

³⁵ D'où le nom *Atlas-Score* qui est souvent mentionné dans la littérature technique et scientifique.

³⁶ S.P. BROWN, M.I. DAVIS, H.C. HAWKINS, G.F. SENN, « The ATLAS-Score communication system », *Proceeding of national convention on Military electronics*, June 1959, p. 401.

³⁷ Décollage à 23 h 02 UTC. Les éléments orbitaux étaient : périégée 185 km, apogée 1484 km, inclinaison 32,8°, période de 101,5 minutes. L'ensemble pesant 3970 kg au total.

³⁸ Fort Mac Arthur, California ; Fort Huachuca, Arizona ; Fort Sam Houston, Texas ; Fort Stewart, Georgia.

³⁹ Sur ce total 28 messages, représentant un total de 1 heure et 52 minutes, avaient été utilisés pour le chargement de l'un des deux enregistreurs du bord (l'enregistreur N°1 tomba en panne dès la première orbite), ces messages étaient ensuite déchargés au-dessus des stations qui les interrogeaient (pour un même message enregistré, il pouvait donc y avoir plusieurs réceptions de celui-ci, considéré comme des messages distincts).

⁴⁰ S.P. BROWN, G.F. SENN, « Project SCORE », *Proceedings of the IRE*, April 1960, p. 630.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

Le satellite n'avait pas été pourvu de panneaux solaires pour assurer la charge de la batterie interne, et, ce fut donc avec le déchargement total de la source d'énergie que prit fin cette première expérimentation le 30 décembre 1958⁴¹. Le bilan de l'expérience *Score* était très positif, tant dans l'utilisation de liaisons avec délai, qu'avec le succès des onze liaisons instantanées. Dorénavant, les militaires du laboratoire de Fort Monmouth pouvaient envisager une nouvelle expérimentation avec un équipement plus complexe.

b - Puis viendra *Courier*, une préfiguration des futurs satellites

Le programme de développement d'un nouveau satellite, proposé en septembre 1958, pouvait se poursuivre pour valider la technique des satellites actifs⁴². *Score* avait démontré que la technique des communications par satellites était possible, il s'agissait maintenant de montrer la capacité d'établir un réseau « global » de communication entre plusieurs stations.

Cette fois, les paramètres du satellite envisagé⁴³ étaient plus sophistiqués et celui-ci comportait une plus grande capacité de transmission. Le satellite devait avoir une infrastructure et une forme plus proche de celle d'un vrai satellite de communication⁴⁴. Le temps de développement et de réalisation de ce satellite fut plus long que celui qui avait été octroyé pour le premier *Score*. D'autre part, il bénéficiait des avancements de la technologie dans les composants à état solide ainsi que de l'apparition de nouvelles techniques de transmission. Contrairement à son prédécesseur, il possédait des panneaux solaires pour la recharge de la batterie du bord. Cela lui permettrait d'avoir une plus longue durée de vie. La conception du satellite permettait d'espérer atteindre un an.

Le premier lancement, le 18 août 1960, se solda par un échec quand la fusée qui transportait le satellite, qui reçut le nom de *Courier-IA*, explosa deux minutes trente après le tir. Finalement, avec le lancement suivant, le satellite *Courier-IB* atteignit avec succès son orbite le 4 octobre 1960⁴⁵. Comme pour son prédécesseur, un message enregistré du Président Eisenhower fut transmis. Il pouvait retransmettre des signaux télétype, de fac-similé et de la

⁴¹ En raison de ses paramètres orbitaux assez bas, le satellite perdit régulièrement de l'altitude, il rentra le 21 janvier 1959 dans l'atmosphère terrestre en se désintégrant.

⁴² J.M. ROSENBERG, J.T. NAWROCKI, H.A. KELLEY, « The *Courier* communications satellite electrical design », 1961 *IRE International record : Part 8 Communications systems, radio frequency interference, vehicular communications*, New-York March 20-23, 1961, p. 174-178.

⁴³ G.F. SENN, P.W. SIGLIN, « *Courier* satellite communication system », *IRE Transactions on Military Electronics*, N°4, October 1960, p. 409.

⁴⁴ Les équipements de *Score*, qui étaient du matériel commercial, avaient été mis à l'intérieur de la tête d'un missile. Il n'était donc pas nécessaire de s'occuper de leur protection par rapport à l'environnement.

⁴⁵ Il fut lancé par une fusée *Thor-Able Star* avec les paramètres suivants : périégée de 967 km, apogée de 1214 km, inclinaison de 28,3°.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

voix en temps réel. La capacité numérique équivalente de la charge utile était celle de 20 canaux télétype ayant un débit de 100 mots par minute chacun⁴⁶. Il était aussi prévu pour la transmission de messages préenregistrés entre des stations ne se trouvant pas en visibilité directe⁴⁷. Le répéteur du satellite utilisait déjà des fréquences élevées : 1,7 à 1,8 GHz à la réception et 1,8 à 1,9 GHz, avec une puissance de 4 watts, pour transmettre vers la Terre. La physionomie du satellite préfigurait celle du futur satellite *Telstar*. Les équipements étaient situés dans une sphère de 1,3 mètre de diamètre recouverte à environ 80% par plus de 19000 cellules solaires. Le poids de l'ensemble atteignait au moins de 227 kilogrammes dont 135 kg pour les équipements électroniques transistorisés⁴⁸ (sauf les tubes d'émission) fabriqués par la société Philco. Le satellite comprenait également un ensemble de télémétrie-télécommande sur des fréquences du domaine VHF (108 et 150 MHz) pour la commande et la réception des paramètres de bord. Un réseau de deux stations à Fort Monmouth (New Jersey) et à Salinas (Porto Rico) permettait de mener les tests en orbite⁴⁹. Les stations au sol étaient composées d'équipements transportables⁵⁰ et d'antennes paraboliques de 9 mètres de diamètre au sommet d'une tour de 12 mètres. Ils étaient mis en place par la société ITT.

Le satellite fonctionna très correctement pendant dix-huit jours⁵¹, les trente-neuf modules électroniques qui le composaient assurèrent les paramètres prévus⁵², avant de refuser d'exécuter les ordres de télécommande venus de la Terre. Malgré la panne du satellite, l'expérimentation *Courier* représentait une nouvelle avance significative dans le domaine des communications par satellite. La structure interne du satellite préfigurait, dans les grandes lignes, la composition des futurs satellites comme *Relay* ou *Telstar*. Il avait également permis de simuler la retransmission d'un trafic important. Les transmissions journalières entre les deux stations avaient permis d'échanger un volume d'environ six millions de mots par télétype⁵³. *Courier*

⁴⁶ Par comparaison avec *Score* qui pouvait transmettre une seule voie audio ou sept canaux télétype et un trafic de 2800 mots par station et par passage, *Courier* pouvait supporter jusqu'à 360000 mots par station et par passage pour un total de quatre stations.

⁴⁷ ROSENBERG, NAWROCKI, KELLEY, *op. cit.*, p. 174.

⁴⁸ Les équipements électroniques comprenaient 1300 transistors et diodes ainsi que deux tubes amplificateurs de puissances pour les émetteurs. La chaîne d'émission-réception était dupliquée pour plus de sécurité en cas de panne d'un composant. N'oublions pas que la durée de vie espérée était d'un an.

⁴⁹ SENN, SIGLIN, *op. Cit.*, p. 413.

⁵⁰ Une station complète pour le trafic avec le satellite *Courier* était mise en œuvre dans trois semi-remorques et un camion de maintenance.

⁵¹ Au terme de 228 orbites. Certaines sources mentionnent l'arrêt au 18^e jour. On avait pu constater toutefois 154 jours après son lancement que le sous-système des panneaux solaires ainsi que le module d'acquisition et de transmission de tracking fonctionnaient encore.

⁵² ROSENBERG, NAWROCKI, KELLEY, *op. cit.*, p. 174.

⁵³ En trafic télétype, la composition classique de l'unité « mot » est de cinq lettres, chiffres ou signes. Cette valeur était déjà utilisée pour caractériser le trafic en morse par télégraphe terrestre ou par radio ondes courtes.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

avait montré qu'il possédait une capacité qui pouvait être compétitive avec les moyens classiques par câbles sous-marins ou par liaisons radios transatlantiques. Avec un meilleur perfectionnement des techniques utilisées, les ingénieurs pensaient raisonnablement que le système pouvait être compétitif économiquement⁵⁴.

Les firmes privées qui avaient fabriqué ces satellites pour les militaires venaient, par le succès de ces expérimentations, d'acquérir une grande expérience qui fut mise à profit dans les projets civils à venir. On retrouva toujours ce « noyau dur » de constructeurs qui venait de faire ses preuves à l'aube des communications par satellites dans les projets suivants de la période 1961-1965.

À la même époque, les militaires testèrent un moyen de communication spatiale original sur le principe, mais sujet à une grande controverse.

c – La polémique autour d'une ceinture réfléchissante : *Westford*

Parmi les projets qui prirent naissance en 1958, l'un d'eux, pour le moins original, entraîna une polémique dans le monde entier avant d'être finalement abandonné un peu plus tard. Il s'agissait du projet de « satellite » passif *Westford*. Il était aussi très caractéristique des foisonnements d'idées qui jaillissent au début du développement d'un nouveau système technique, ainsi que des échecs ou des choix qui ne furent pas retenus ; le système se trouvait alors dans une phase exploratoire des diverses solutions possibles.

Parmi les options possibles pour faire un satellite passif, il y avait bien sûr la sphère, ce fut le projet *Echo*, mais il y avait aussi la possibilité de créer une « ceinture réfléchissante » disposée convenablement autour de la Terre⁵⁵. Cette ceinture ou anneau était composée de dipôles, éléments métalliques filiformes de longueur égale à une demi-longueur d'onde, orientés aléatoirement. Un faisceau radioélectrique, dont la fréquence était égale à la fréquence de résonance des éléments de l'anneau, envoyé vers une telle structure était réfléchi dans toutes les directions⁵⁶. *Westford* était développé par le Lincoln Laboratory du Massachusetts Institute

⁵⁴ SENN, SIGLIN, *op. Cit.*, p. 413.

⁵⁵ Des techniques de réflexion sur des portions de la haute atmosphère ionisées par des traînées de météorites avaient déjà été expérimentées avec les ondes radios. Elles étaient connues sous le nom de « Meteor scatter ». Les radioamateurs les avaient expérimentées pour établir des liaisons à grandes distances. Il faut noter toutefois, que la durée effective d'une telle « ionisation » ne durait pas plus de quelques secondes, ce qui était incompatible avec un trafic commercial régulier.

⁵⁶ Pour être efficace, la longueur d'onde de résonance d'un tel dipôle devait être égale à deux fois la longueur du dipôle.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

of Technology (MIT)⁵⁷ sous contrôle de l'Army, de la Navy et de l'USAF américaine⁵⁸. Les porteurs du projet pensaient qu'une telle technique pouvait également être utilisée pour les communications civiles. L'ambition était de constituer un ou plusieurs anneaux à environ 5000 kilomètres d'altitude autour de la Terre, l'idéal était de mettre deux anneaux : l'un sur une orbite équatoriale et l'autre sur une orbite polaire⁵⁹ pour permettre la communication entre deux points du monde. Des antennes paraboliques de 20 mètres au sol, alimentées par des émetteurs d'une puissance de 10 kilowatts⁶⁰, auraient permis d'assurer des liaisons télégraphiques à 32 voies simultanées entre deux points sur terre⁶¹.

Un premier test de mise en place de la ceinture eut lieu le 21 octobre 1961, mais le satellite *Midas* chargé d'éparpiller les dipôles ne remplit pas sa mission. Un second lancement eut lieu le 9 mai 1963. L'ensemble des dipôles fut dispersé autour de la terre pour le mois d'août suivant. Une première transmission en mai – avec les « aiguilles » concentrées en une surface assez faible – permit de faire une liaison avec un débit de 20 kbps (kilo bits par seconde) entre Camp Parks (Pleasanton, Californie) et Millstone Hill (Wesford, Massachusetts). Au mois d'août le débit possible n'était plus que de 100 bps. Le système montrait ses limites. Il ne permettait pas d'espérer un impact important pour un usage opérationnel soutenu et permanent.

Dès le début de la présentation de ce programme, la communauté des astronomes du monde entier fit savoir son opposition à un tel projet. À leurs yeux, il allait apporter des interférences préjudiciables pour la radioastronomie et l'observation optique de l'espace. Les ingénieurs du MIT tentaient d'en minimiser l'impact⁶². Le Comité des Recherches Spatiales français élèvera également une protestation officielle lors de sa séance du 19 septembre 1961.

Au-delà de l'importante polémique qu'il avait généré à travers la communauté scientifique du monde entier, l'avènement de plus en plus important des satellites actifs, ainsi que de leurs performances, eurent raison du projet qui ne fut plus utilisé à partir de l'année 1965⁶³. Les

⁵⁷ William W. WARD, Franklin W. FLOYD, « Thirty years of space communications research and development at Lincoln Laboratory », p. 79-93, in BUTRICA., *op. cit.*, 321 p.

⁵⁸ Pierre de Latil, dans le journal *le Figaro* du 16 mars 1962 annonçait que 7,9 milliards avaient déjà été dépensés et que 4,3 milliards le seraient encore en 1962.

⁵⁹ Cela représentait pour un anneau en orbite à peu près 100 kilogrammes de matière : 10⁹ dipôles, minces cheveux de cuivre, ayant 2 centimètres de long, 25 microns de diamètre et 80 microgrammes de poids. Chaque dipôle était séparé de 421 mètres. La durée de vie des anneaux était estimée à une année.

⁶⁰ Calés sur une longueur d'onde de 4 centimètres, soit 7,5 GHz. Il était possible d'utiliser une fréquence dans une marge de 10% autour de la fréquence de résonance des dipôles.

⁶¹ Jean VOGÉ, « Télécommunications spatiales et transmissions à grande distance par satellites artificiels », *Onde (L') Electrique*, Volume XLI, N°411, juin 1961, p. 584.

⁶² « Plan to orbit tuned-dipole belt », *Electronics*, N°40, 30 September 1960, p.43.

⁶³ Des calculs permirent de prédire que l'ensemble des « dipôles » qui furent mis en orbite seraient rentrés dans l'atmosphère avant la fin des années soixante. Ce qui permettrait de « dépolluer » l'espace à la grande satisfaction des astronomes.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

astronomes de tous les pays furent soulagés. De toute façon, au même moment, d'autres projets plus prometteurs étaient proposés par la NASA ou les industriels.

B – Les projets (1958-1961). Un foisonnement d'idées. Les incertitudes techniques

Au début de la genèse d'un système technique, plusieurs options peuvent s'offrir aux ingénieurs pour réaliser l'objectif voulu. Ce fut le cas pour les télécommunications par satellites. La manière de réfléchir le signal envoyé de la Terre pouvait être exécutée de deux manières : par réflexion simple sur un objet adapté ou par réamplification du signal reçu par un relais. À ce stade du développement – deux à trois ans après le premier satellite artificiel - personne ne pouvait encore dire laquelle des deux options était la plus pertinente. Les militaires américains avaient déjà mené une expérience avec le principe du relais actif en 1958 avec *Score*. À cette époque, la NASA, agence civile américaine encore en phase de constitution, avait hérité de la mise en place des expérimentations avec les satellites passifs. Il s'agissait de concevoir un objet suffisamment réfléchissant, comme une « Lune artificielle », pour renvoyer passivement vers la Terre les ondes reçues. Le programme *Echo* allait offrir l'opportunité à l'agence civile de tester cette option technique.

Les premières expériences avec le satellite *Echo* laissaient espérer des perspectives intéressantes, d'autant plus que les expériences des militaires avec les satellites actifs étaient encore restées très confidentielles. Mais la NASA, maintenant bien structurée, souhaitait tester également cette technique de satellite actif ; ce qu'elle put faire après avoir dénoncé l'accord avec le DoD et quand le Président Eisenhower confirma et donna, en décembre 1960, définitivement le rôle de leader à la NASA pour les satellites de communication.

Parmi les incertitudes techniques que le satellite de communication apportait, il y avait également plusieurs façons de décliner la manière de relayer activement l'onde radioélectrique. En fonction de l'altitude du satellite, le relais artificiel pouvait être permanent ou pas, c'est à dire à défilement ou « fixe ». La technique du satellite synchrone – un élément qui paraissait immobile pour un observateur terrestre - fit l'objet de développement de la part de la société *Hughes*. La mise en pratique des prévisions d'Arthur Clarke pour les satellites géostationnaires pouvait alors être expérimentée.

Naturellement, les grands opérateurs des télécommunications américains s'investirent dans des recherches pour l'étude de la mise en place de réseaux important à l'échelle mondiale afin de résoudre leurs besoins de communications à longue distance. Bien souvent, leurs projets reflétaient les réponses aux appels d'offres lancés par les militaires ou l'agence civile

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

américaine pour ses besoins comme ce fut le cas avec son appel pour l'étude et la construction du satellite actif *Relay*. *AT&T*, n'ayant pas été retenu décida plus tard de mener seul la réalisation de la proposition qu'elle avait faite à la NASA. En attendant, la participation de ce grand opérateur dans le projet *Echo* allait lui permettre de mettre au point ses équipements pour sa station terrienne ; une compétence acquise qui lui fut bien utile par la suite.

Le début des années soixante était donc caractéristique de la genèse d'un système technique avec ses incertitudes techniques et la poursuite des expérimentations.

1 - Les civils de la NASA investissent le domaine

Cantonée dans le domaine des satellites passifs suite au partage des rôles avec le Department of Defense (DoD), l'agence spatiale américaine se lança dans la réalisation d'un satellite artificiel passif.

L'expérimentation *Echo* permit aussi d'envisager la participation d'autres pays, notamment pour des liaisons transatlantiques. La NASA estima que cette expérience devait permettre à la communauté scientifique de mener des recherches. Il y avait là une mise en place d'un laboratoire dans le milieu naturel. Il était nécessaire de vérifier les calculs théoriques qui avaient été faits pour la mise en place des communications spatiales au moyen de satellites. Les projets des militaires avec les satellites actifs étant confidentiels à cette époque, la technique passive était la seule disponible pour les expérimentations civiles. La France, par l'intermédiaire du CNET, s'y intéressa. Elle fut même le premier pays à réaliser avec les Américains une liaison intercontinentale avec ce satellite. Les succès des premières liaisons permettaient d'envisager de poursuivre un programme avec ce type de satellite passif.

Toutefois, à partir d'août 1960, la NASA décida de poursuivre aussi des recherches sur les satellites de communications actifs. Elle dénonça de ce fait l'accord avec le Department of Defense⁶⁴. Le Président Eisenhower confirma et donna, en décembre 1960, définitivement le rôle de leader à la NASA pour les satellites de communication. Le budget de l'agence fut même augmenté de 10 millions de dollars en mars 1961 pour les communications spatiales.

a – Le projet *Echo* : une « Lune artificielle »

⁶⁴ En octobre 1960, accord NASA-DoD, la NASA laissa au DoD les recherches et les expérimentations sur les satellites synchrones.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

L'idée d'utiliser des satellites terrestres spécifiques, donc artificiels, en tant que relais passifs de télécommunications fut avancée par John Pierce des Bell Lab's en 1955⁶⁵. L'objectif du projet *Echo* mené par la NASA était d'établir la faisabilité de communications vocales transatlantiques à l'aide de satellites passifs.

John Pierce était devenu, en octobre 1958, l'un des membres du comité ad hoc sur les satellites de communications. Celui-ci avait été mis en place pour conseiller l'Advanced Projects Research Agency (ARPA). À cette époque, les militaires voulaient un système immédiatement opérationnel pour eux⁶⁶. Cependant Pierce poursuivait son idée de procéder à des essais de communications par des ballons même si le responsable des Bell Labs, Mervine Kelly était réticent sur ce projet. Cependant, il put sensibiliser quelques responsables du Jet Propulsion Laboratory (JPL) à ses idées. Kelly partit en retraite au début 1959 et fut remplacé par James B. Fisk qui supporta le projet de Pierce⁶⁷. Dès que le Gouvernement décida l'idée d'un satellite de communication, la NASA et les Bell Labs commencèrent des négociations en début 1959⁶⁸. La NASA annonça officiellement en février le début du programme de satellite passif. Par le contrat NASW-110, les laboratoires de la Bell mettaient à la disposition de l'agence américaine, les équipements qu'ils avaient construits pour réaliser des essais de télécommunications⁶⁹.

L'ensemble de la direction du projet avait été confiée au centre *Goddard Space Flight Center* de la NASA à Greenbelt dans le Maryland. Le *Langley Research Center* avait la responsabilité de l'étude et de la construction du satellite⁷⁰. Le lancement avec une fusée *Delta* était du ressort de la société *Douglas Aircraft Company*. La préparation terrestre du projet *Echo* était assurée par le Jet Propulsion Laboratory (JPL) et les laboratoires de la Bell (BTL) pour la mise en place des stations d'émission-réception sur les côtes est et ouest des États-Unis. Le JPL débuta, en février 1959, la définition des équipements de poursuite et de communication à mettre en œuvre⁷¹.

⁶⁵ John R. PIERCE, « Orbital radio relays », *Jet propulsion*, volume 25, N°4, April 1955, p 153-157.

⁶⁶ Ce fut l'objet du projet *Advent*.

⁶⁷ John PIERCE, *Echo – American's first communications satellite*, SMEC Vintage Electrics Volume 2#1. <http://www.smec.org/john_pierce__echoredo.htm>.

⁶⁸ ELDER, *op. cit.*, p. 59.

⁶⁹ Les laboratoires avaient travaillé et réalisé des tests de déploiement de sphères « gonflables » et avaient entamé la construction d'équipements sous la direction de Rudolph Kompfner alors chef des laboratoires à Monmouth County, dans le New Jersey près de Holmdel.

⁷⁰ Le transfert officiel du management global du projet du Langley Research Center au JPL fut annoncé par la NASA le 13 octobre 1959.

⁷¹ W.K. VICTOR, R. STEVENS, « The role of Jet Propulsion Laboratory in project Echo », *IRE Transactions on space electronics and telemetry*, Volume SET-7, N°1, March 1961, p. 21.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

Les laboratoires de la Bell annoncèrent le 2 octobre 1959, la construction de leur station avec deux antennes : une antenne cornet pour la réception spécialement étudiée⁷² par les laboratoires et une antenne parabolique qu'il était possible de trouver commercialement dans l'industrie pour l'émission. Bien que l'expérience prévue avec la NASA n'incluait que des expériences téléphoniques, les ingénieurs de BTL conçurent d'emblée leurs équipements pour l'avenir, avec une perspective d'utilisation des équipements pour des transmissions de télévision qui réclamaient des largeurs de bande de fréquences bien plus importantes que la téléphonie⁷³. On estimait qu'un signal de télévision occupait l'équivalent de 500 à 900 voies téléphoniques suivant la qualité recherchée.

Les concepteurs du satellite avaient dû faire preuve de beaucoup d'imagination pour réaliser un tel objet, une sphère réfléchissante. Car il n'était pas question de le satelliser tel quel mais de le « gonfler » une fois en orbite après éjection de sa boule de transport. La forme sphérique était la plus favorable pour un réflecteur omnidirectionnel. De nombreux essais furent nécessaires tant pour mettre au point la technique d'établissement du ballon que pour le choix des matériaux assurant un fort pouvoir de réflexion⁷⁴. La mise au point du satellite, principalement durant l'année 1959, avait nécessité la réalisation de cinq vols balistiques pour s'assurer du bon fonctionnement d'éjection et de gonflage de la sphère réfléchissante. Pour suivre radioélectriquement le satellite *Echo*, deux émetteurs, alimentés par des batteries rechargées par des cellules solaires, émettant à la fréquence de 107 MHz avaient été placés judicieusement sur chacun des pôles de la sphère. L'orbite retenue, avec une inclinaison de 47,3° devait permettre des périodes de visibilité à partir de Holmdel vers Goldstone de 15 minutes et vers la station du NRL de 25 minutes⁷⁵.

Pour les essais de transmissions au-dessus du territoire des États-Unis, la NASA avait « patronné » les différentes stations des organismes suivants : le Jet Propulsion laboratory (JPL), station de Goldstone (Californie), les *Bell Laboratories* (BTL) station de Crawford Hill près de Holmdel (New Jersey), et le Naval Research Laboratory (NRL), station de Stump Neck dans le

⁷² Il s'agissait d'une version améliorée et plus grande des cornets utilisés dans les faisceaux hertziens classiques établis par les *Bell's Labs*. Les performances de ce type d'antenne étaient particulièrement intéressantes pour la réception de signaux très faibles.

⁷³ « Bell Laboratories constructing outer space telephone terminal », *Telephony*, N°16, October 17, 1959, p.26.

⁷⁴ Le choix des matériaux était aussi important pour la solidité de la structure car le satellite sur son orbite évoluait dans une plage de température allant de +110°C lorsqu'il était soumis au rayon du soleil à -60°C lorsqu'il se trouvait dans le cône d'ombre de la Terre. L'orbite avait été choisie pour que le satellite puisse rester les premiers jours (du 12 au 22 août) dans les rayons du soleil. La matière constituant l'enveloppe était aussi exposée à la collision avec des micrométéorites.

⁷⁵ Durant un passage, la distance entre la station de Holmdel et le satellite pouvait varier de 1600 km à 4800 km.
Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

Maryland⁷⁶. En raison de l'utilisation de la technique de réflexion⁷⁷, si une antenne voulait utiliser la même fréquence à l'émission et à la réception – ou tout simplement contrôler le signal transmis en boucle –, les antennes de réception et d'émission devaient être séparées géographiquement de plusieurs kilomètres afin d'éviter la saturation du récepteur très sensible par l'émetteur de forte puissance. L'expérimentation *Echo* était initialement prévue avec une fréquence de 960 MHz, la fréquence de 2390 MHz fut ajoutée par les Bell Labs pour tenir compte des développements futurs pour les communications spatiales. Ils anticipaient déjà le développement du domaine en intégrant dès le départ les éléments utiles pour la suite. La Conférence de l'UIT avait d'ailleurs proposé, à titre expérimental, cette bande de fréquence des 2 GHz. L'onde avait une polarisation circulaire pour éviter de mettre en place un dispositif de poursuite de polarisation. Les ingénieurs avaient estimé qu'il y avait suffisamment de paramètres à vérifier, il fallait donc s'affranchir de ces problèmes pour ne pas compliquer l'analyse des résultats.

<i>Site</i>	<i>Emission</i>	<i>Réception</i>
<i>Holmdel (BTL)</i>	960 MHz (parabole 19,5 m)	2390 MHz (cornet)
<i>Goldstone (JPL)</i>	2390 MHz (parabole)	960 MHz (parabole 27,5 m)
<i>Stump Neck (NRL)</i>	2390 MHz (parabole 19,5 m)	2390 MHz (même parabole)

Tableau 1 : Fréquences utilisées par les stations du projet *Echo*⁷⁸

Le 6 décembre 1959, Keith Glennan de la NASA annonça que l'agence allait établir une liaison transatlantique⁷⁹ le printemps prochain à l'aide d'un ballon⁸⁰. Dans l'annonce, il n'était pas dit de façon explicite que cela implique des équipes européennes, mais l'agence américaine pensait que certaines participeraient à l'expérimentation⁸¹. Le coût du premier satellite se situait à 1,1 million de dollars et 2,5 millions de dollars pour les équipements de support à terre.

⁷⁶ La Collins Radio Company participa aussi ponctuellement aux essais lorsqu'elle envoya de Cedar Rapids (Iowa) un message fac-similé à sa filiale, l'Alpha Corporation, à Richardson (Texas).

⁷⁷ En effet, la fréquence d'émission et la fréquence de réception était la même. La sphère ne remplissait qu'un rôle passif. Ce qui ne sera pas le cas avec les satellites actifs qui assureront un changement de fréquence à bord pour éviter ce problème.

⁷⁸ Williams C. Jr JAKES Williams, « Participation of Bell Telephone Laboratories in Project Echo and Experimental Result », *The Bell system technical journal*, vol. XL, July 1961, N°4, p. 978.

⁷⁹ L'annonce d'essais au-delà d'un océan était importante puisque le projet militaire *Score* avait utilisé des liaisons seulement sur le continent américain.

⁸⁰ L'annonce fut reprise dans *The New York Times* le 7 décembre 1959. Le journal fit remarquer que la NASA avait enfreint la règle de ne pas annoncer les expérimentations spatiales avant leur lancement.

⁸¹ ELDER, *op. cit.*, p. 79.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

Le satellite complètement terminé fut prêt en mai 1960. Les stations terriennes du JPL à Goldstone et des laboratoires Bell à Holmdel purent être testées à la fin de l'année 1959 et au début de 1960 en utilisant la Lune⁸² pour mettre au point les équipements. À la fin du mois d'avril, elles annoncèrent à la NASA qu'elles étaient prêtes. Mais le premier lancement fut un échec, le 13 mai, à la suite d'un défaut de fonctionnement du deuxième étage de la fusée *Delta* chargée de sa mise en orbite. Une deuxième tentative fut la bonne en août 1960.

b –Les difficultés d'un choix technique, un satellite à défilement actif pour la NASA : *Relay*

Initialement cantonnée aux études des satellites passifs, la NASA avait obtenu la possibilité de s'intéresser aux satellites actifs, puisqu'elle avait dénoncé, en août 1960, l'accord de novembre 1958 avec le Department of Defense (DoD). Celui-ci la limitait dans les études de satellites passifs. Confirmant cette nouvelle situation, le Président Eisenhower, le 30 décembre 1960, donna le rôle de leader à la NASA pour les satellites de communication.

Avec l'expérience *Echo* et les deux expérimentations militaires *Score* et *Courier*, les avantages et les inconvénients des deux techniques pouvaient être maintenant comparés à la lumière des résultats obtenus. Le satellite actif semblait avoir l'avantage⁸³ comme le soulignait Nicolas Vichney dans la revue *Nature*. Le principe du satellite passif semblait prometteur a priori : satellite simple, ne comportant aucun équipement, mise en orbite possible de plusieurs en une seule fois. L'approche économique était intéressante.

L'agence civile américaine ne souhaitait pas en rester à cette première expérience. Elle s'intéressait à un projet de communications spatiales utilisant des équipements terrestres d'une certaine dimension, antenne d'au moins vingt-cinq mètres de diamètre, et performantes avec un récepteur très faible bruit. L'expérience acquise en 1960 par l'agence avait montré la faisabilité de liaisons de communications par satellite en utilisant les hyperfréquences sur le satellite passif *Echo*. Maintenant elle souhaitait tester des liaisons avec un répéteur actif à basse altitude. Pour ce faire, le *NASA Goddard Space Flight Center* (NASA/GSFC) qui avait la responsabilité du projet confia, en novembre 1960, une étude de faisabilité et de définition des caractéristiques principales aux *Space Technology Laboratories* (STL/Ramo Wooldridge). Cette étude examinait toutes les parties d'un système de télécommunication par satellites tant dans le

⁸² La station de Holmdel fit 17 essais avec la Lune en utilisant la fréquence de 960 MHz.

⁸³ N. VICHNEY, « Le satellite stratégique *Courier* l'emporte sur *Echo*, même à des fins civiles », *Nature*, N°3 308, décembre 1960, p. 505-506.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

secteur spatial⁸⁴ que dans le secteur terrien pour la configuration des stations au sol. Plusieurs options concernant l'orbite du satellite furent étudiées pour examiner les temps de visibilité possible entre deux stations⁸⁵. Les relations entre les différents paramètres du système avaient des conséquences sur le maintien ou non des objectifs visés. À la suite de cette étude, elle lançait le 4 janvier 1961, un appel d'offres⁸⁶ auprès des constructeurs américains pour la fourniture d'un satellite et d'équipements au sol destinés à :

- mener des expériences de télécommunications par satellite sur des fréquences expérimentales de signaux bilatéraux de télévision ou de multiplex téléphoniques, en testant les différentes parties du satellite et d'une station terrienne pour démontrer la possibilité de communications à large bande. On voulait également étudier le comportement et les possibilités de prédiction de l'orbite d'un tel satellite ;

- détecter le rayonnement des particules dans la ceinture de Van Allen et en mesurer les niveaux, afin de déterminer les dommages de ces radiations sur les cellules solaires et sur les composants électroniques du satellite pour définir les spécifications d'écrans destinées à contrer ces détériorations. Les données recueillies seraient transmises par un équipement de télémétrie capable de synthétiser soixante-cinq paramètres.

Le choix de l'orbite « basse altitude » prenait en compte les possibilités de permettre des temps de liaison suffisamment longs, entre des stations situées sur des axes nord-sud et est-ouest⁸⁷. Pour ce faire, l'orbite devait être elliptique (apogée de l'ordre de 5000 kilomètres, périégée comprise entre 1000 et 2000 kilomètres avec une inclinaison comprise entre 30 et 50°), ce qui représentait une période d'essais approximative de 180 minutes.

Parmi les sept propositions⁸⁸ que le GSFC avait reçues, quatre configurations possibles de satellite émergeaient⁸⁹ ; ce qui montrait que la réponse à une même problématique pouvait se décliner sous plusieurs formes. Finalement, la NASA fit le choix du constructeur au mois de mai 1961, elle retint le projet de la *Radio Corporation of America (RCA)*. Les candidats non

⁸⁴ Il s'agissait d'étudier notamment : la structure du satellite avec son contrôle thermique, les équipements à prendre, le choix de la modulation, de résoudre le problème d'alimentation en énergie.

⁸⁵ *Final Report – Project Relay Active Communications Satellite System Study*, Volume I, STL Document N° 8949-0004-RU-000.

⁸⁶ Request for proposal N° GS-1861, January 4, 1961. AMPB, cartons 33 et 24.

⁸⁷ Il ne s'agissait bien sûr pas ici du temps de propagation de l'onde entre le satellite et la Terre mais bien du temps disponible pour deux stations pour mener les essais.

⁸⁸ *RCA Astro-Electronics Division* avait été l'ancien maître d'œuvre du satellite météorologique *Tiros*. Parmi les propositions, il y avait celle d'AT&T, d'ITT, de *Hughes*.

⁸⁹ Le principe de recevoir et de réémettre du satellite était toujours le même, mais à l'intérieur de celui-ci, la façon de faire cette opération pouvait par exemple être déclinée par un transpondeur translateur linéaire, par un multiplicateur de fréquence, par un démodulateur-modulateur.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

retenus comme AT&T et ITT reçurent les marchés concernant les stations au sol⁹⁰ ; *Hughes* travailla alors sur son projet de satellite synchrone avec la NASA.

Durant le développement du satellite conjointement avec la NASA, les spécifications initiales avaient fait l'objet d'un certain nombre de modifications. Le GSFC avait choisi une configuration transpondeur-multiplieur avec une redondance pour la structure du satellite. Le principe adopté consistait à utiliser uniquement des éléments et des méthodes qui avaient déjà fait leur preuve dans la pratique, ou dont la sûreté ne laissait subsister aucun doute⁹¹. Les ingénieurs de RCA eurent à résoudre de nombreux problèmes inhérents à un domaine nouveau. Les composants à utiliser n'étaient parfois pas encore au stade de réalisation opérationnelle pour l'espace. La mise en place des tubes émetteurs de puissance fit l'objet d'astucieux montages pour permettre l'évacuation de la chaleur. Le retour sur expérience était bien faible, voire inexistant. À cette époque, la NASA envisageait de procéder au lancement de trois satellites *Relay*, tous expérimentaux. Le lancement du premier satellite, d'un poids réduit⁹² devait intervenir dans le 3^e trimestre de l'année 1962. Mais le premier satellite de la série fut finalement lancé le 13 décembre 1962.

Ce projet de la NASA fut pour la France à l'origine de la construction de la station de Pleumeur-Bodou⁹³. Cette démarche faisait suite à l'accord conclu entre les autorités américaines et françaises en février 1961 à Paris.

2 – Les ambitions du satellite synchrone

Les expériences menées par la NASA et les laboratoires Bell permettaient d'expérimenter plusieurs des solutions possibles pour les communications spatiales. Ces liaisons pouvaient ainsi se faire via : un satellite passif qui réfléchissait les ondes tout simplement sans traitement particulier, celui-ci pouvant être naturel comme la Lune ou artificiel comme *Echo* ; un satellite actif qui assurait un traitement, le changement de fréquence de l'onde reçue, avant de retransmettre le signal avec une amplification comme *Score* et *Courier* et bientôt *Relay*. Mais

⁹⁰ Les laboratoires Bell avaient également obtenu, avec l'Université d'Iowa, le développement et la construction des équipements chargés de mesurer les radiations subies par le satellite.

⁹¹ « La mise au point du satellite de télécommunication *Relay* », *Interavia*, N°6/1962, p. 758.

⁹² Le poids initial était prévu à 45 kg, puis au fur et à mesure de la construction, il atteignait en début 1962 le poids de 68 kg environ.

⁹³ En effet, en raison de la réussite de la première liaison à Pleumeur-Bodou avec le satellite *Telstar*, beaucoup de personnes pensaient que la station avait été construite pour ce satellite. Il n'en était rien puisque le projet de Pleumeur-Bodou s'adressait en priorité à l'expérience *Relay*. Fort heureusement la NASA et les laboratoires Bell firent en sorte que les équipements terrestres puissent être utilisés avec les deux satellites. Seules les fréquences d'émissions vers le satellite étaient dans une bande de fréquences différente.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

ces satellites pouvaient également être positionnés sur des orbites qui avaient chacune leurs propres caractéristiques. Certaines étaient plus favorables que d'autres pour les communications intercontinentales : orbites polaires, orbites circulaires ou elliptiques pour les satellites dits à défilement et l'orbite géostationnaire pour les satellites dit synchrones. L'orbite géostationnaire était un cas particulier de l'orbite synchrone⁹⁴ et pouvait être intéressant par le fait que le satellite semblait « fixe » par rapport à un observateur terrestre. Toutefois, la mise en place d'un satellite sur cette orbite était plus compliquée et réclamait des équipements supplémentaires comme un moteur spécifique dit d'apogée pour circulariser l'orbite. La réalisation de communications téléphoniques via ces satellites inquiétait les « télécommunicants » au regard du temps de propagation très long qui affectait le trajet aller-retour de l'onde. Cela représentait un « handicap » très préjudiciable pour certaines applications comme la transmission d'une conversation par téléphone. Après un premier « duel » actif - passif qui semblait être à l'avantage du satellite actif, les expérimentations à venir allaient permettre de confronter la technique des satellites actifs à défilement avec celle des satellites synchrones qui offraient des perspectives intéressantes.

a – Une technique portée par la société *Hughes*

L'utilisation de l'orbite géostationnaire, que Clarke avait décrite dans son article de 1945, présentait des caractéristiques intéressantes. Notamment, celui-ci permettait l'utilisation d'un nombre restreint de satellites pour couvrir la plus grande partie du globe, à l'exception des régions polaires.

La société Hughes fit son entrée dans le domaine des satellites de communications à partir de 1959. À la suite de la perte d'un gros contrat avec l'US Air Force⁹⁵, le responsable de celui-ci demanda à Harold H. Rosen d'explorer des pistes de reconversion. Il fut rejoint un peu plus tard par Donald D. Williams⁹⁶. Les deux hommes élaborèrent alors les grandes lignes d'un satellite de communication géosynchrone simple⁹⁷. À cette époque, un des obstacles à cette technique était le contrôle d'attitude et de stabilisation du satellite sur son orbite. Les ingénieurs de la société avaient pensé alors utiliser une stabilisation par rotation du satellite et par l'emploi

⁹⁴ On se reportera à notre description du système technique pour le détail de ces orbites.

⁹⁵ La société venait de perdre le contrat de l'intercepteur à longue distance F-108 chargé de contrer le programme intercontinental de bombardement soviétique. Ceci avait eu pour conséquence de réduire drastiquement le nombre d'employés.

⁹⁶ Rosen était un « electrical engineering Ph.D. du California Institute of Technology, connu sous le nom de Caltech et Williams un « Harvard physics major.

⁹⁷ David J. WHALEN, « Billion dollar technology : a short historical overview of the origins of communications satellite technology, 1945-1965 », p.100, in BUTRICA, *op. cit.*, 321 p.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

d'un système de légères corrections par jet de gaz⁹⁸. L'équipe demanda à la firme *Hughes* de supporter le développement de ce projet⁹⁹. Dans son rapport, Rosen considérait faisable de placer un répéteur de largeur de bande de 4,5 MHz ayant un poids de 11 à 13 kilogrammes sur une orbite quasi-stationnaire avec une fusée Scout dans un délai d'un an à partir du début du programme¹⁰⁰. L'étude s'était concentrée sur les aspects techniques sans mener une véritable étude de rentabilité du système. Mais il ne faisait aucun doute que ce type de satellite présentait un potentiel intéressant, par la demande croissante de circuits longue distance. L'étude spécifiait que le satellite proposé avait une capacité trente fois supérieure à celle d'un câble sous-marin pour un investissement six fois moindre¹⁰¹.

La firme engagea un débat interne pour savoir si elle pouvait financer sur fond propre ce projet ou s'il fallait rechercher une participation gouvernementale pour le mener à bien. Suffisamment de fonds furent mobilisés pour maintenir l'équipe travaillant sur ce programme. À la fin de l'année 1959, l'équipe d'Harold Rosen retravailla le projet initial pour aboutir à la description d'un satellite qui sera très proche du futur satellite *Syncom*¹⁰². Des discussions furent menées en 1960 avec la NASA à la suite de la proposition de la *Hughes Aircraft Company*. Les ingénieurs de la société estimaient faisable la mise en place d'un satellite de communication géostationnaire avec l'état de l'art de la technique alors disponible. Le répéteur utiliserait les fréquences UHF tandis que l'émetteur transmettrait sur une fréquence voisine de 2GHz¹⁰³ avec une puissance de 2,5 watts. La durée de vie était limitée par la présence d'un tube d'émission ; elle était estimée à une année. Le programme pouvait être mené en un an pour un coût de 5 millions de dollars¹⁰⁴. Le délai si court était dû au poids relativement modeste du satellite. (environ 11 kilogrammes). Le répéteur permettrait de couvrir une partie des États-Unis, l'Europe, l'Amérique du Sud et une partie de l'Afrique. Le réseau pouvait ensuite être étendu

⁹⁸ Donald D. WILLIAMS, « Synchronous satellite technology : orbit and attitude control », *Wescon/65 (Western electronic show and convention San Francisco) Part 5/space electronics : systems, spacecraft, communications technical papers*, August 24-27, 1965, p. 19-21. On peut raisonnablement penser que l'expérience de la société dans les projets aéronautiques qu'elle avait menés précédemment fut décisive pour maîtriser cette problématique de la stabilisation par des micro-fusées à jet de gaz. Un laboratoire de recherche spécialisé sur les télécommunications comme les Bell Labs d'AT&T n'avait pas ce genre de compétence dans la propulsion.

⁹⁹ Ce groupe était connu sous le nom de « Task force on commercial satellite communication ». Il comprenait : E.D. Felkel, S.G. Lutz, D.E. Miller, H.A. Rosen, J.H. Striebel. Certaines sources citent également les noms de Harold Rosen, Donald Williams et Thomas Hudspeth comme le noyau principal de ce projet.

¹⁰⁰ John M. LOGSDON, *Exploring the unknown. Volume III : Using space*. Space Policy Institute, George Washington University, 1997, p. 31 (version électronique).

¹⁰¹ LOGSDON, *Exploring the unknown. Volume III ...*, op. cit., p. 32.

¹⁰² H. ROSEN, « Synchronous communication satellite », *Space communications*, 1963, p. 333-359.

¹⁰³ Ce choix montrait que les bandes de fréquences n'étaient pas encore figées. Quelques fréquences expérimentales avaient été attribuées en 1959 par l'Union internationale des télécommunications.

¹⁰⁴ LOGSDON, *Exploring the unknown. Volume III ...*, op. cit., p. 39.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

à l'océan Indien et au Pacifique. L'agence suggéra aux ingénieurs de *Hughes* d'utiliser une fusée *Thor-Delta* à la place d'une fusée *Scout*. La masse satellisée serait ainsi plus importante. L'agence américaine passa un contrat avec la société *Hughes* pour le développement et la démonstration d'un satellite géosynchrone en août 1961. Celui-ci allait être le point de départ du futur programme de satellite géostationnaire de l'agence civile.

La position du satellite à 36000 kilomètres de la Terre n'avait pas manqué d'attiser les réticences des hommes des télécommunications. Le temps de transmission pour un trajet sol-satellite-sol était relativement long¹⁰⁵, et plus particulièrement gênant pour un service de téléphone. Le phénomène d'écho allait apparaître, ainsi que des phénomènes de coupures si on utilisait des équipements dits « supprimeurs d'échos ». À ce sujet, les normes internationales n'autorisaient qu'une durée maximale de deux cent cinquante millisecondes dont cent cinquante pour la partie internationale du circuit ; pour notre satellite la partie internationale était déjà celle de la norme. D'emblée, la communication via un satellite géostationnaire ne répondait déjà pas aux normes en vigueur dans les télécommunications à grande distance.

Au début des années soixante, l'utilisation des satellites géostationnaires semblait donc à éviter pour des communications téléphoniques ordinaires en raison de ce trop grand retard dans la liaison. C'était l'une des raisons qui expliquait la tendance à s'intéresser aux projets avec des satellites à défilement. Mais les réseaux utilisant ce dernier type de satellite devaient en comprendre un grand nombre – dans certains projets on parlait d'une cinquantaine¹⁰⁶ – si on souhaitait une couverture la plus étendue possible. Se posait alors le problème du lancement d'une telle quantité de satellites dans un délai assez court pour avoir une constellation opérationnelle.

b - Les nouveaux projets de satellites militaires

L'armée américaine avait intégré le nouveau système technique de communications spatiales par le succès de l'expérience *Score* et plus tard avec le satellite *Courier*. Les militaires avaient tiré parti de l'expérience acquise avec ces satellites pour élaborer de nouveaux projets.

Les communications étaient en effet vitales pour les militaires. Il s'agissait de transmettre les ordres, recueillir les informations sur les théâtres d'opérations et sur les unités en mouvement. Les moyens utilisés jusqu'alors pour les transmissions intercontinentales

¹⁰⁵ En raison de la vitesse de propagation d'une onde qui est de 300000 km/s. La distance aller-retour parcourue étant d'environ 72000 km.

¹⁰⁶ Le nombre de satellites était également fonction de l'altitude de l'orbite, plus celle-ci était haute, moins il en fallait mais le temps de propagation augmentait et on se rapprochait de l'inconvénient du satellite stationnaire.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

présentaient des points faibles, et il était difficile d'en avoir la totale maîtrise. Les câbles sous-marins, par exemple, pouvaient être coupés. Les liaisons par radio avec réflexion sur les couches ionisées de l'atmosphère, étaient sujettes à de nombreuses perturbations naturelles et pouvaient même être rendues inutilisables par des interférences volontaires. Le satellite présentait donc une alternative complémentaire intéressante pour les transmissions militaires. La marine américaine avait d'ailleurs utilisé la Lune comme réflecteur pour assurer la sécurisation de certaines de ses liaisons.

À l'automne 1958, l'un des départements du ministère de la Défense des États-Unis, l'Advanced Research Projects Agency, plus connu sous le nom ARPA, avait créé un comité qui avait en charge l'étude de l'emploi des satellites de télécommunication pour l'usage militaire. À la fin de l'année 1958, le corps des transmissions de l'Armée de l'Air américaine, en collaboration avec l'US Air Force (USAF), avait élaboré un programme qui donna naissance, en mai 1959, à trois projets¹⁰⁷ :

- Projet *Steer*, il s'agissait d'un satellite qui devait graviter sur une orbite polaire. Il était prévu pour assurer une liaison sûre entre les postes de commandement de l'US Air Force et les bombardiers à grand rayon d'action du Strategic Air Command (SAC) ;

- Projet *Tackle*, ce satellite devait également graviter sur des orbites polaires, mais il était prévu qu'il apporte une plus grande capacité de transmission ;

- Projet *Decree*, il s'agissait ici d'un satellite stationnaire pour des liaisons intercontinentales permanentes. L'US Army¹⁰⁸ s'intéressait particulièrement à ce type de liaison.

Les deux premiers projets étaient donc prévus avec des satellites gravitant sur des orbites à moyenne altitude. En septembre 1959, le Pentagone transféra la gestion des satellites militaires de l'ARPA vers les équipes de l'Armée. Dès le printemps 1960, les équipes en charge des projets concentrèrent leurs efforts sur les études relatives à un satellite stationnaire et actif. Le 29 février 1960, l'Armée combina alors ses projets de satellites de communication sous un seul programme. Le projet *Decree* fut ainsi transformé en projet *Advent*¹⁰⁹. Le nouveau programme bénéficiait de l'expérience acquise pour dresser les caractéristiques du futur système. Les trois armes de l'armée américaine participèrent à ce projet. L'US Army était responsable du programme et de la coordination des travaux. À cet effet, un département

¹⁰⁷ « Un programme militaire à applications commerciales. Le satellite Advent », *Interavia* N°6, juin 1962, p. 762.

¹⁰⁸ L'armée de terre des États-Unis.

¹⁰⁹ W.N. THAMES, « Le projet Advent », *Journal des Télécommunications*, N°1, janvier 1962, p. 9-15.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

nouveau avait été mis en place, l'US Army Advant Management Agency¹¹⁰. Les études sur les équipements de télécommunications du satellite et des stations au sol étaient du ressort du Signal Research and Development Laboratory (Army SRDL). La division Space Système de l'USAF était responsable de la construction des véhicules porteurs : satellite (hors équipement télécommunications)¹¹¹ fusées, des opérations de lancement, de mise en orbite ainsi que de poursuite des satellites avec la gestion des télémessures et des télécommandes¹¹². Le projet comprenait deux stations au sol : Fort Dix (New Jersey) et Camp Roberts (Californie), respectivement sur les côtes Est et Ouest des États-Unis équipées d'antennes paraboliques de 18,5 mètres de diamètre. Il était prévu une antenne de plus petite dimension sur un navire. La marine américaine mettait à la disposition du programme un vieux navire qu'elle allait transformer en station « terrestre » ... flottante¹¹³. Concernant les fréquences utilisées, les militaires restaient discrets. Mais contrairement aux applications civiles, ils utilisaient un couple de fréquences situé plus haut dans le spectre (7-8 GHz). Concernant la capacité de transmission de ces satellites, les militaires n'avaient pas des besoins aussi importants que les opérateurs de télécommunications. Un satellite *Advent* était prévu pour ne fonctionner qu'avec deux voies de transmission en duplex avec un débit de 500kbits par seconde ou assurer douze communications téléphoniques¹¹⁴.

Les prévisions initiales estimaient que l'US Army pourrait mettre le système *Advent* en service au milieu de l'année 1964. C'était un projet ambitieux, mais le programme prenait beaucoup de retard en raison des difficultés techniques rencontrées et d'un dépassement important du budget prévu. Un montant de 172 millions de dollars avait déjà été engagé depuis le début du programme et l'armée demandait encore 100 millions de dollars au titre de l'exercice 1962-1963¹¹⁵. Le projet fit ainsi l'objet de profondes modifications : diminution de l'équipement, ensemble de télécommunications moins complexe, réduction de la durée de vie. La mise au point d'un satellite stationnaire n'était pas si aisée, les techniques de lancement plus

¹¹⁰ Le siège de ce département se trouvait à Fort Monmouth dans le New-Jersey.

¹¹¹ La construction de l'équipement de télécommunication du satellite et des équipements des stations au sol était menée par la *Bendix Corporation*, avec la société *Sylvania* pour les antennes des stations au sol, le reste du satellite était fabriqué par la *General Electric Company*.

¹¹² Les installations de Kaena Point à Hawaï et celles du centre d'essais des satellites à Sunnyvale, en Californie devaient être utilisées pour le repérage et la mise sur orbite des satellites.

¹¹³ Il s'agissait du « *Victory* » confié par le Bureau of Ships de l'US Navy. La modification avait été faite en étroite collaboration avec le SRDL.

¹¹⁴ « Un programme militaire à applications commerciales. Le satellite *Advent* relais radioélectrique à 35900 km d'altitude », *Interavia*, N°6, juin 1962, p. 762.

¹¹⁵ « Le projet de satellite de communications *Advent* », *Interavia*, mai 1962, p. 534.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

complexes n'étaient pas encore suffisamment matures. Mais le secrétaire de la Défense américaine, McNamara, décida d'abandonner le 23 mai le projet *Advent*¹¹⁶.

Mais de son côté, contrairement aux militaires, l'agence civile de la NASA s'intéressa et poursuivit ses recherches dans l'étude des satellites synchrones.

c – Un satellite civil *Syncom* pour expérimenter l'orbite géosynchrone

Les inconvénients du délai de transmission n'empêchèrent pas la NASA de travailler à l'expérimentation de ces satellites. Il s'agissait alors de démontrer la faisabilité des transmissions par cette technique. Elle n'avait pas, il est vrai, les mêmes contraintes que les opérateurs de télécommunications ; ce qui lui laissait une marge de manœuvre importante pour l'expérimentation.

La NASA avait étudié la proposition de la société *Hughes* au début de l'année 1960. Elle avait passé avec cette société un contrat, en août 1960, pour mener un programme sur la technique du satellite géosynchrone. C'était à cette époque un véritable challenge à mener. Un observateur américain écrivait même en 1962¹¹⁷ :

Nearly everyone agrees that for a short-range, experimental first venture, the medium altitude active repeater satellite, such as Telstar or Relay, is the best bet ... Lockheed ... is confident that before the complex problems of operating 50 or more satellites at lower altitudes are solved ... the US will be able to put up a full-powered, simpler, high-altitude system. Other experts, however, sat that the synchronous high-altitude satellite is still some order of magnitude beyond present technology.

Lors du colloque de l'URSI¹¹⁸ sur les communications spatiales du 18 au 22 septembre 1961, à Paris, au ministère des PTT, le directeur des programmes de satellites de télécommunication à l'agence, Leonard Jaffe, annonça le projet de satellite actif *Syncom*. Elle prévoyait un lancement par une fusée *Delta*. La masse de 32 kilogrammes devait être satellisée sur une orbite synchrone mais inclinée à 33° par rapport à l'équateur. Contrairement aux autres satellites de communications les fréquences utilisées différaient : bande des 8 GHz pour le sens Terre-satellite et initialement bande des 2 GHz dans le sens satellite-Terre pour être portées dans la bande des 4 GHz dans une phase ultérieure du projet. Le responsable américain reconnut

¹¹⁶ David N. SPIRES, Rick W. STURDEVANT, « From Advent to Milstar : The US Air Force and challenges of military satellite communications », p. 65, in BUTRICA, *op. cit.*, 321 p.

¹¹⁷ « NASA experimental communications satellites, 1958-1995 », p. 55, in BUTRICA, *op. cit.*, 321 p.

¹¹⁸ Ce colloque rassembla les plus grands spécialistes des télécommunications par satellites du monde entier. John Pierce en était d'ailleurs le président du Comité d'organisation. Les participants passèrent en revue « les problèmes scientifiques et de recherches des systèmes de télécommunications par satellites ». Il s'agissait de mettre en évidence les résultats déjà acquis mais aussi de définir les recherches les plus urgentes et de travailler sur des perspectives plus lointaines. Les exposés avaient été répartis dans sept séances de travail.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

que ces satellites étaient plus complexes à mettre en œuvre car en raison de l'éloignement de la Terre la finesse du pointage des antennes du satellite devait être améliorée, les puissances devaient également être plus importantes¹¹⁹. Le système de stabilisation réclamait une réserve de propergols qui alourdissait le satellite et lui donnait une durée de vie limitée par la capacité qui pouvait être emportée.

La société *Hughes* réussit la mise au point de cette technique avec des satellites géosynchrones. Elle ne fut effective qu'avec le lancement de *Syncom-2* le 26 juillet 1963 ; le premier lancement le 14 février 1963 avait été un échec. Il avait fallu attendre dix-huit ans pour que l'idée d'Arthur Clarke ne devienne une réalité.

3 – Des projets aussi du côté des opérateurs et des industriels américains

Les grands opérateurs de télécommunications américains comme *AT&T* et *ITT*, ne laissèrent pas l'exclusivité des recherches sur les communications spatiales aux seules agences civiles même si elles participaient aux expérimentations comme les laboratoires de la Bell avec l'expérimentation *Echo*.

Pour leurs propres besoins, elles avaient très rapidement compris l'intérêt de cette technique naissante pour les télécommunications intercontinentales. À cette époque, on assistait à la publication de beaucoup d'« études papier » avec un nombre important de satellites, mais il fallait, à un moment ou un autre, lancer au moins un satellite pour bien observer et comprendre les problèmes concrets que les ingénieurs devaient résoudre avant d'espérer mettre en place de grandes « constellations » de satellites. La proposition d'*AT&T* n'ayant pas été retenue pour la réalisation du projet *Relay*, comme suite à l'appel d'offre de la NASA, l'opérateur décida de poursuivre tout de même son projet sur ses propres financements. Celui-ci devint l'expérimentation *Telstar*. Le salon international de l'Aéronautique et de l'Espace au Bourget en juin 1961, fut l'occasion pour certains industriels de présenter leur projet. Ainsi, la Compagnie française Thomson-Houston, en partenariat avec la firme *Hughes* aux États-Unis, proposa un projet de réseau de télécommunications pour la France et l'Europe.

a – Les vues d'AT&T et d'ITT pour des réseaux commerciaux

¹¹⁹ AMPB, fond Le Bihan. URSI Symposium Paris 12 au 22 septembre 1961, The NASA Communications satellite program par Leonard Jaffe.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

Lors d'un congrès les 3 et 4 mars 1959 aux États-Unis¹²⁰ sur les satellites pour les communications mondiales, deux firmes privées avaient annoncé leur engagement dans les recherches sur ces satellites.

À la fin de l'année 1959, l'intérêt très marqué d'AT&T pour essayer de prendre une position de leader dans le domaine des télécommunications par satellites n'avait pas échappé aux responsables de la NASA¹²¹. C'était la seule entreprise à avoir beaucoup investi dans le domaine. Elle avait proposé le projet de communications à l'aide de ballons dans l'espace à la NASA et était un acteur important du projet *Echo*. Dans un mémorandum, la NASA mettait par écrit les rapports qu'elle souhaitait dans le développement du domaine et en particulier avec l'opérateur. L'agence et l'entreprise privée devaient éviter de dupliquer les recherches afin de travailler dans l'intérêt national¹²². Mais l'approche de l'agence était qu'il devait y avoir une compétition pour ne pas montrer un certain favoritisme vis-à-vis d'AT&T. Celui-ci devait aussi éviter de donner l'impression qu'il pouvait se lancer seul dans les expérimentations. De toute façon, l'opérateur devrait faire appel à la NASA pour le lancement du satellite – c'était du moins ce que pensaient les administrateurs de l'Agence.

Le 30 décembre 1960, le Président Eisenhower confirmait sa position : l'industrie privée devait établir et exploiter des systèmes de télécommunications par satellites¹²³.

Ainsi, parmi les projets de satellites actifs proposés par les industriels, celui d'AT&T était le plus avancé¹²⁴ et le plus connu. Assez ambitieux, il devait de toute façon être mené, même en cas de réponse négative de la NASA sur sa proposition de satellite dans le cadre de l'appel d'offre pour le projet *Relay*. Dans ce cas, l'opérateur « pensait » pouvoir lancer son satellite en utilisant une fusée de l'Armée américaine. Sur le fond, l'approche de l'agence et de l'opérateur n'était pas la même. La NASA ne voyait dans les expérimentations à venir qu'une démonstration du procédé de télécommunications par satellite en voulant faire adopter le couple de fréquence 450-2000 MHz tandis que les laboratoires Bell voyaient des essais pour aboutir rapidement à un réseau commercial de télécommunications. C'était pour cette raison qu'ils proposaient de ce fait le couple 6000-4000 MHz¹²⁵ plus proche du matériel des faisceaux

¹²⁰ Il s'agissait du 86^e congrès du House Committee on Science and Astronautics. La première session avait pour thème : Satellites for world communication.

¹²¹ L'ensemble des acteurs du domaine avait l'impression que AT&T essayait de prendre la responsabilité du programme de communications par des satellites civils.

¹²² LOGSDON, *Exploring the unknown. Volume III, op. cit.*

¹²³ *Idem*, p. 42.

¹²⁴ En effet, l'opérateur avait fait plusieurs propositions avec des couples de fréquences différents.

¹²⁵ La fréquence de 450 MHz pour l'émission au sol et 2000 MHz pour la réception. Pour le Bell system, 6000 MHz à l'émission du sol, 4000 MHz à la réception. Toutefois, sa première proposition utilisait le couple 400 MHz-2200 MHz.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

hertziens. L'approche de ce constructeur était donc plus pragmatique ; le satellite n'était finalement qu'un répéteur comme celui qui équipait les tours hertziennes. De plus, cette société maîtrisait ce genre de matériel depuis qu'elle avait réalisé la liaison transcontinentale aux États-Unis au début des années cinquante. Cependant, elle n'excluait pas de lancer des études en parallèle sur d'autres fréquences.

Son projet prévoyait au moins 50 satellites (de 70 à 120 kilogrammes) pour assurer 13 liaisons à l'échelle mondiale¹²⁶, sur des orbites polaires comprises entre 6 000 et 10 000 kilomètres. Chaque satellite serait équipé de répéteurs capables de transmettre une voie de télévision ou 600 voies téléphoniques en bilatéral. Pour l'équipement terrestre, le projet prévoyait des antennes de type cornet- réflecteur (deux pour la réception), des paraboles de 18 mètres (deux pour l'émission), ainsi que trois ensembles émission-réception pour assurer un service permanent et basculer immédiatement sur un autre équipement en cas de problème dans l'une des chaînes. L'étude comprenait également des calculs économiques pour des satellites d'une durée de vie escomptée de 5 à 10 ans correspondant au prix global de l'opération (pour les 50 satellites) situé entre 115 et 170 millions de dollars selon le nombre de canaux transmis : un ou deux¹²⁷. Le coût d'une station terrienne pour la transmission d'un canal de télévision ou de 600 voies téléphoniques était estimé à 2,5 millions de dollars, le supplément d'investissement pour la transmission et la réception de deux canaux portait ce chiffre à 2,7 millions de dollars. Le prix du satellite pour un canal actif était estimé à 1 million de dollars (2 millions pour deux canaux)¹²⁸. Les laboratoires de recherches d'AT&T avaient également prévu un projet moins ambitieux qui ne retenait que trois liaisons entre les États-Unis et l'Europe avec un réseau de 30 satellites. Une telle configuration diminuait l'investissement à 50 millions de dollars pour un canal par satellite et à 82 millions pour deux canaux par satellites. Les premiers calculs montraient que le prix de revient estimé était nettement inférieur à celui obtenu en calculant les mêmes liaisons à l'aide de câbles sous-marins¹²⁹.

De son côté, l'*International Telegraph and Telephone Co (ITT)*, présentait un projet qui reposait sur l'utilisation de satellites stationnaires. Cette société avait « misé » dès le début sur ce type de système. Comme l'avait prédit Clarke, trois satellites, placés à 36000 kilomètres

¹²⁶ Parmi lesquelles une liaison Washington-Paris prolongée par une liaison Paris-Bombay. Les autres liaisons avec l'Europe concernaient Boston-Londres et New York-Bonn. Le projet prévoyait également une liaison États-Unis-URSS prolongée par une liaison Moscou-Pékin.

¹²⁷ VOGÉ, op. cit., p. 586.

¹²⁸ AMPB, fond Le Bihan. CNET, Note technique interne T1031, Télécommunications par satellites, compte rendu de mission aux « Bell Telephone Laboratories » par M. M Thué et M. F. Du Castel, 2 août 1960, p. 9

¹²⁹ *Idem*, p. 9

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

d'altitude permettrait de couvrir environ 98% de la surface du globe. Le projet prévoyait la mise en place d'une cinquantaine de stations réparties dans divers pays. Il était prévu d'utiliser des antennes paraboliques de 20 mètres de diamètre avec des amplificateurs paramétriques à faible bruit (95°K). L'utilisation du satellite stationnaire permettait de s'affranchir d'un système complexe de poursuite puisque le satellite semblait immobile à un observateur terrestre. Avec une puissance d'émission de 3 watts, le satellite autoriserait un signal porteur de 960 voies téléphoniques ou un signal de télévision¹³⁰.

Parmi ces deux projets, l'un semblait mieux adapté à la transmission de voies téléphoniques, celui d'*AT&T*, tandis que l'autre serait mieux adapté pour la transmission de la télévision en raison du délai de 0,3 seconde aller-retour entre la Terre et le satellite stationnaire de l'*ITT*.

b – Des projets industriels en France

L'année 1962 semblait se profiler comme une année-charnière dans le domaine des télécommunications par satellites. La période 1960-1962 était propice à ces études et projets sur les satellites passifs et actifs. Entre-temps, le plus avancé, l'expérience *Echo*, était accessible pour des pays comme la France. Il s'agissait là d'une opportunité qu'il fallait saisir. Mais les industriels travaillaient aussi sur cette question.

La Compagnie française Thomson Houston (CFTH)¹³¹ avait présenté, durant le salon du Bourget en mai-juin 1961, en collaboration avec *Hughes Aircraft* le constructeur du satellite, un réseau de communication Europe-Afrique¹³². Le nouveau projet qui reprenait cette idée avait été élaboré depuis 1962 et ne semblait pas poser de problèmes majeurs. Il s'appuyait sur une technique voisine de celle utilisée pour le programme *Syncom*, visant à mettre sur pied un réseau mondial de télécommunications spatiales grâce à deux satellites, d'un poids de 200 kilogrammes et offrant chacun 1200 canaux, sur des orbites géostationnaires : l'un placé au

¹³⁰ François DU CASTEL, *Propagation troposphérique et faisceaux hertziens transhorizon. Télécommunications par satellites*. Paris : Editions Chiron (coll. « Technique et scientifique du CNET »), 1961, p. 472 (préface de L. LEPRINCE-RINGUET)

¹³¹ En 1883, deux ingénieurs des États-Unis messieurs Thomson et Houston s'unissent pour fonder la Thomson-Houston Electric Corporation. Un accord signé, le 31 décembre 1892, entre la compagnie Américaine Thomson Houston International Corporation et un groupe d'industriels français constituait à partir de 1893 la Compagnie Française Thomson-Houston (CFTH). Elle devait promouvoir les processus développés par une compagnie basée dans le Connecticut, sur un marché à l'extérieur des États-Unis. En 1966, la CFTH absorbait la société Hotchkiss-Brandt spécialisée dans l'armement, l'automobile et l'électroménager pour devenir le groupe Thomson-Brandt. En 1968, Thomson-Brandt s'unira avec la CSF pour former le groupe Thomson-CSF.

¹³² Le projet avait fait l'objet d'une description un peu plus tard dans une dépêche de l'AFP du 9 septembre 1964 (lors du congrès d'astronautique de Varsovie en septembre 1964). CAC, 19820295, article 9.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

méridien de Dakar et l'autre au méridien de Karachi. Le réseau comprendrait soixante-dix stations au sol et permettrait d'assurer pratiquement la liaison entre toutes les régions habitées du globe. La capacité des satellites serait supérieure à celle des *Syncom* qui disposaient eux de 250 canaux.

Le 1^{er} mars 1961, Charles Cristofini PDG de la SEREB¹³³ diffusait¹³⁴ à Paris un rapport établi en commun avec une société britannique, *Hawker Siddeley Aviation*¹³⁵. Ce rapport¹³⁶ élaboré, et présenté aux autorités compétentes, par deux très puissantes organisations techniques proposait l'établissement d'un programme spatial, une collaboration franco-britannique sur le plan industriel, intéressant soit la France et la Grande Bretagne, soit l'ensemble des pays d'Europe occidentale. Les deux firmes, plus spécialisées dans la construction d'engins, avaient porté leurs efforts particulièrement sur les satellites, et pour ce faire, elle firent appel à la CSF en France dont les techniciens connaissaient bien les problèmes d'électronique¹³⁷. Ce rapport, volumineux et remarquable, n'était qu'un document préliminaire, ne représentant que des études d'ensemble d'un programme possible pour l'exploration des réseaux de télécommunications spatiales. Il comportait néanmoins une étude très sérieuse des prix de revient de ce programme sur une durée de quatre ans. Dans le cadre de la seule collaboration entre les deux pays, le budget à prévoir aurait un montant voisin de 250 milliards d'anciens francs (sur les quatre ans). Pour une collaboration plus large au niveau de l'Europe (les pays de l'OECE), le budget pourrait être de l'ordre de 500 milliards d'anciens francs¹³⁸, à comparer « selon l'étude » avec les 1600 milliards « engloutis » par les États-Unis pour leur programme spatial les quatre dernières années.

Parmi les différentes réalisations possibles, les spécialistes français et britanniques avaient envisagé deux versions de satellite de télécommunications spatiales : un satellite passif

¹³³ Société pour l'Etude et la Réalisation d'Engins Balistiques. L'Etat avait créé cette société et lui avait conféré la maîtrise d'œuvre de toutes les réalisations d'engins balistiques.

¹³⁴ L'annonce du projet avait été faite simultanément à Paris et à Londres par Sir Roy Dobson.

¹³⁵ Ce groupe réunissait de grandes sociétés comme de Havilland, Armstrong, Gloster, Roe, Hawkers, etc.

¹³⁶ Centre de documentation du CNES Paris. Mentionné et reproduit partiellement dans un dossier reprenant les sources suivantes : Journaux : *Le Figaro*, *Le Monde*, *Vie et Progrès* dans leur édition du 1^{er} mars 1961. Document : L'aventure spatiale française, première partie avant 1962.

¹³⁷ La Compagnie Générale de Télégraphie Sans fil (CSF) spécialisée dans l'électronique professionnelle, s'était intéressée, dès le début, à des réalisations ayant trait aux installations au sol pour la localisation et à certains matériels destinés à être embarqués sur les véhicules spatiaux. Centre de documentation du CNES, référence : M9812C402. *Le développement de l'industrie spatiale française (1958-1970)*. Mémoire sous la direction de Monsieur André Lebeau présenté par Nicolas Mohr. 1997-1998.

¹³⁸ Respectivement entre 400 et 600 millions de dollars pour le franco-britannique (Grande Bretagne 59% des charges, France 41%) et doublement du financement soit entre 800 et 1100 millions de dollars si collaboration au niveau des pays de l'OCDE (la participation des deux pays restant au total de l'ordre de leur participation s'il était seul, donc de 400 millions de dollars). La participation française pouvait être de 40 millions de dollars.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.

réfléchissant des signaux radio pour téléscripteurs ; un satellite actif stabilisé et équipé d'un tube à ondes progressives qui servirait de relais pour les liaisons radiotéléphoniques, les programmes de radiophonie et la télévision. La mise en place du programme pouvait, selon les auteurs du rapport, se décliner en trois phases :

Phase 1, élaboration par les instances gouvernementales du programme commun, les firmes jouant le rôle de conseiller technique

Phase 2, préparation par l'industrie des avant-projets sous la responsabilité d'un comité de gestion formé par les deux firmes,

Phase 3, étude et réalisation des projets.

Il constituait cependant une véritable « charte » de l'effort spatial nécessaire pour l'Europe. C'était la première fois en Europe qu'une étude était poussée aussi loin et avec autant de détails en vue d'aboutir à des réalisations concrètes¹³⁹. Elle traduisait le désir des entreprises européennes de démontrer leur capacité. Il était dissocié toutefois du projet franco-britannique d'engins lance-satellites utilisant la fusée « Blue Streak » qui faisait alors la « une ». Les deux sociétés précisait qu'elles se situaient dans un contexte industriel sensiblement différent.

Mais c'était un organisme d'Etat qui allait lancer la France dans le domaine des télécommunications spatiales. Le CNET s'apprêtait à rejoindre l'expérimentation *Echo*.

¹³⁹ Pour les descriptions détaillées de ce projet et celui de la CFTH voir notre première partie.

Extrait de la thèse de Michel GUILLOU : « La France et les télécommunications par satellites des années 1950 aux années 1970 ». Une ambition contrariée.