

Toutes les bonnes places du ciel sont déjà prises

L'unique orbite sur laquelle peuvent prendre place les satellites géostationnaires, est comme le fil d'un collier: elle n'est pas extensible. De plus, les trois régions qui surplombent les trois océans sont les plus recherchées: elles sont déjà surpeuplées.

■ L'espace est vaste et pourtant les bonnes places deviennent rares et précieuses pour certains satellites, en particulier pour ceux qui utilisent l'orbite géostationnaire, c'est-à-dire principalement les satellites de télécommunications. Plusieurs pays équatoriaux (Colombie, Venezuela...) n'ont d'ailleurs pas hésité récemment à faire valoir leurs droits de souveraineté sur la portion d'orbite géostationnaire située au-dessus de leur territoire !

L'orbite « géostationnaire » — ou « orbite 24 Heures » — est en effet unique en son genre. C'est une orbite circulaire à exactement 35 786 km d'altitude, située dans le plan de l'Equateur (0° d'inclinaison) et sur laquelle les satellites ont une période de révolution de 23 h 56 mn. De ce fait, un satellite placé sur cette orbite à une certaine longitude au-dessus de l'Equateur tourne vers l'Est à la même vitesse que la Terre sur elle-même : il paraît donc fixe dans le ciel à la verticale de la longitude de son lieu de positionnement. C'est un satellite « géostationnaire ». En outre, depuis cette orbite à 35 786 km d'altitude, un satellite « voit » en permanence le tiers du globe sous un angle de 17° : il suffit donc de trois satellites, régulièrement espacés les uns des autres à 120° d'intervalle en longitude autour de la planète pour constituer un réseau mondial de télécommunications.

Depuis quinze ans, l'orbite géostationnaire a d'ailleurs été l'un des principaux éléments du

développement spectaculaire des télécommunications spatiales. Depuis « Syncom Z », premier satellite placé en orbite géostationnaire en 1963, 110 satellites géostationnaires ont été lancés, la plupart pour les télécommunications civiles ou militaires et quelques autres pour la météorologie ou la recherche spatiale (voir tableau page 78). Une quinzaine d'autres satellites géostationnaires — pour ceux qui sont connus — doivent encore être lancés d'ici la fin de l'année. On peut ainsi escompter que fin 1977 il y aura eu plus d'une centaine de satellites mis en orbite géostationnaire. D'ici à 1980, on peut déjà prévoir qu'au moins une cinquantaine de nouveaux satellites géostationnaires seront lancés, soit au total environ 150 satellites pour la fin de la décennie.

La population géostationnaire ne fera d'ailleurs que croître de plus en plus. Une étude de la NASA effectuée en septembre 1976 prévoit qu'entre 1980 et 1991, 274 nouveaux satellites géostationnaires seront lancés dont 11 pour la NASA, 73 pour les autres agences gouvernementales américaines, 65 pour des pays étrangers, et 125 pour des services commerciaux. En fait, comme bon nombre des satellites étrangers seront également destinés à un service commercial, on peut estimer que les deux tiers de ces satellites seront à vocation commerciale. Cette tendance est générale et déjà perceptible actuellement : l'orbite géostationnaire est surtout utilisée pour des satellites

« utilitaires » et non pas pour des expériences ou la recherche spatiale. Ce qui était déjà vrai il y a quinze ans puisque le second satellite géostationnaire lancé, « Intelsat 1 », était un satellite commercial de télécommunications, le premier.

Une autre étude effectuée précédemment (1973) par H.L. Myers de Rockwell International pour la NASA faisait état de deux hypothèses de croissance pour la même période 1980-1991 (non compris les satellites militaires). L'une, conservatrice, prévoyait le lancement de 123 satellites, uniquement en prenant compte des projets connus. L'autre, qui anticipait sur les perspectives de développement des satellites géostationnaires pour de nouveaux services (diffusion directe, services mobiles, transmission de données, réseaux domestiques, etc.) et de nouveaux utilisateurs (Europe, pays en voie de développement, etc.), estimait que 331 satellites seraient mis en orbite dont 60 au cours de la seule année 1990.

Il s'agit là, selon Myers, d'une hypothèse « plafond » concernant le potentiel d'occupation de l'orbite géostationnaire. Ce qui, en y ajoutant les nouveaux satellites militaires dont le nombre est évidemment difficile à apprécier, amènerait à une population globale d'environ 500 satellites, y compris les satellites lancés avant 1980 et ceux qui seront hors service (arrêt des émetteurs) mais toujours en orbite. L'étude estime que sur ces 500 satellites en orbite en 1990, un peu moins de la moitié seulement (239) seront des satellites « actifs », répartis de la façon suivante par secteur orbital :

Secteur	Orbite		Nombre de satellites		
	Arc orbital	Longitude	Actifs	Inactifs	Total
Europe-Afrique	0- 45° E	45°	47	13	60
Asie-Australie	45-165° E	120°	103	9	112
Océan Pacifique	165-220° E	55°	24	6	30
Amériques	220-315° E	95°	46	17	63
Océan Atlantique	315-360° E	45°	19	16	35

Il apparaît que le segment le plus occupé sera celui de l'Europe-Afrique comme c'est déjà le cas actuellement. Pour décongestionner ces secteurs privilégiés, cela suppose que l'on élimine au fur et à mesure les satellites inactifs (hors service) à partir de 1982 à l'aide de la « Navette spatiale » et d'un étage interorbital (Space Tug). Mais cela ne sera possible que pour les futurs satellites géostationnaires qui seront conçus pour être récupérés. Pour les précédents, la solution d'élimination pourrait consister à utiliser le reste d'ergols des moteurs pour les envoyer sur une orbite plus haute qui serait une sorte de cimetière de satellites.

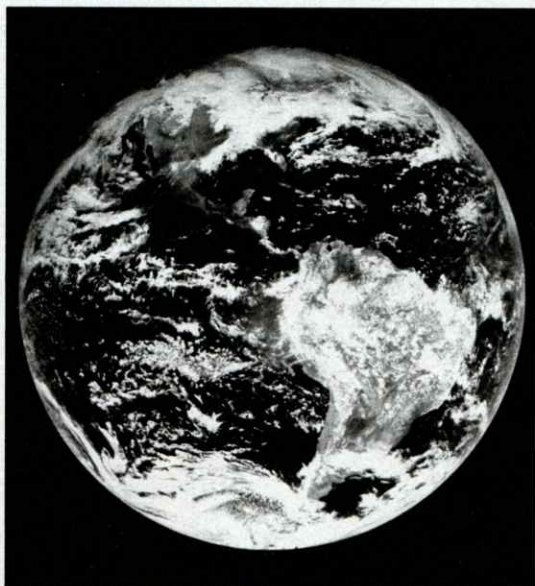
Les propriétés exceptionnelles de l'orbite géostationnaire l'ont fait classer « ressource naturelle limitée » de l'humanité par une convention de l'ONU, au même titre que le spectre des fréquences radioélectriques dont une partie est utilisée par les satellites. Le spectre des fré-

quences fait l'objet d'une planification depuis plus d'un siècle par l'Union Internationale des Télécommunications (UIT), organisme spécialisé de l'ONU qui regroupe 152 pays. C'est également vrai depuis plusieurs années pour les fréquences les plus utilisées par les satellites, pour les liaisons de servitude (140-400 MHz), et les liaisons de service pour les télécommunications civiles (1,5-4-6-11-14 GHz) et militaires (7-8 GHz), et pour la météo (1,7-2 GHz).

Par contre, les emplacements des satellites sont moins bien définis et pratiquement la seule règle en vigueur pour les satellites actuels est que la place appartient au premier occupant, ce qui a surtout avantage les USA seuls jusqu'à présent à disposer des moyens de lancement les plus appropriés pour la mise en orbite géostationnaire, bien que l'URSS commence à lancer des satellites géostationnaires et qu'en 1980 l'Europe sera à même d'en faire autant grâce au lanceur « Ariane » et au champ de tir de Guyane.

Mais, d'une façon générale, ce n'est pas le manque de place au sens physique qui peut gêner l'exploitation de l'orbite géostationnaire. La limitation des emplacements orbitaux est en fait liée aux interférences électromagnétiques mutuelles entre satellites géostationnaires voisins utilisant la même bande de fréquence du spectre radioélectrique. Car contrairement à ce qui se passe au sol, dans l'espace les émissions

(Suite du texte page 81)

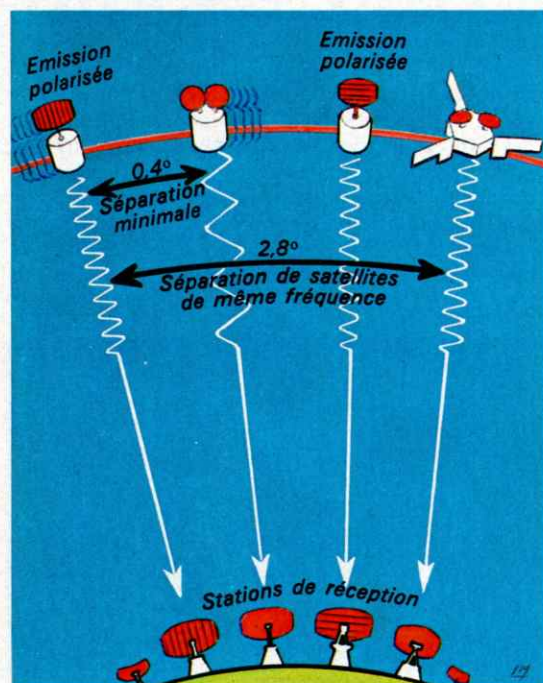


Voici la Terre telle qu'on la voit sous un angle de 17,3° depuis une orbite géostationnaire à 35 786 km d'altitude. Il suffirait en principe de 3 satellites géostationnaires disposés à 120° chacun pour couvrir 90% de la surface terrestre. C'est l'écrivain de science fiction Arthur C. Clarke qui, dans un article paru en octobre 1945 dans « *Wireless World* » et intitulé « *Extra-Terrestrial Relays* » (Des relais extraterrestres) a vu le premier l'avantage de ce type d'orbite.

TOUTES LES BONNES PLACES DE L'ORBITE GÉOSTATIONNAIRE SONT PRISES

L'orbite géostationnaire à 35 786 km d'altitude est située dans le plan de l'équateur terrestre. Comme la période de révolution d'un satellite qui la parcourt est la même que celle de la révolution de la Terre sur elle-même, 23 h 56 mn 04 s, ce satellite paraît fixe dans le ciel pour un observateur terrestre, comme un « relais ».

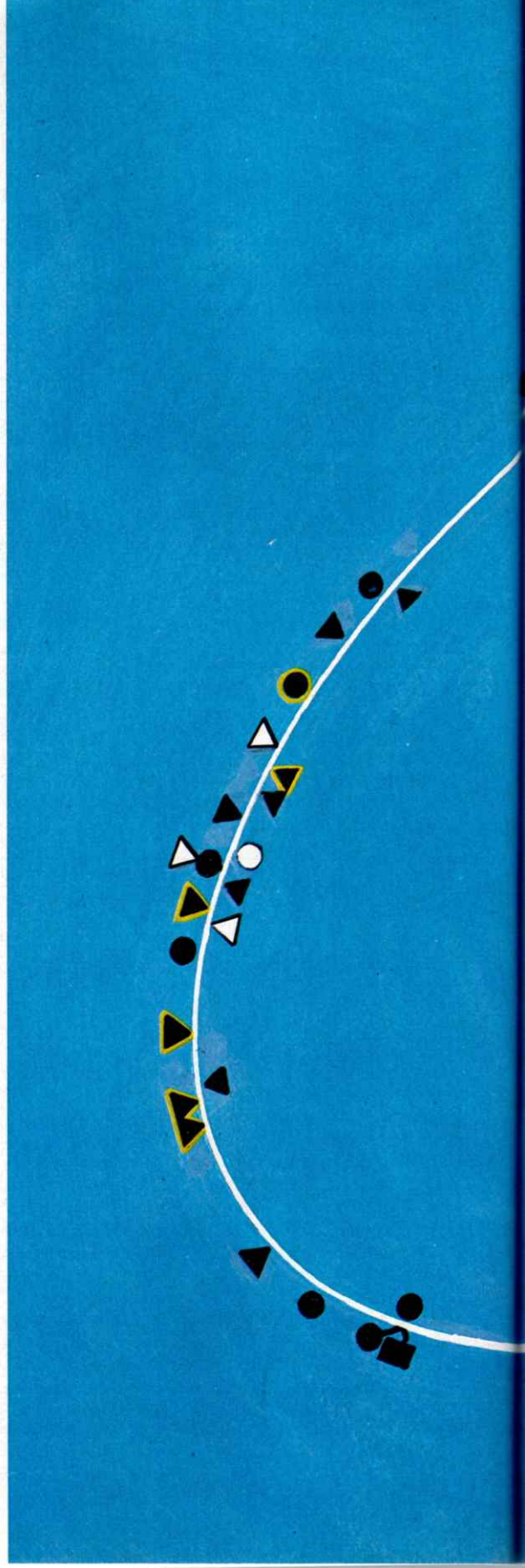
Depuis le lancement de Syncom 2, le 26 juillet 1963, 110 satellites ont été placés à des longitudes connues sur orbite géostationnaire. Dans ce nombre, on compte 3 satellites météorologiques, 13 satellites expérimentaux de télécommunications, 25 satellites militaires (reconnaissance, navigation), 31 satellites civils de télécommunications et 40 satellites militaires de té-

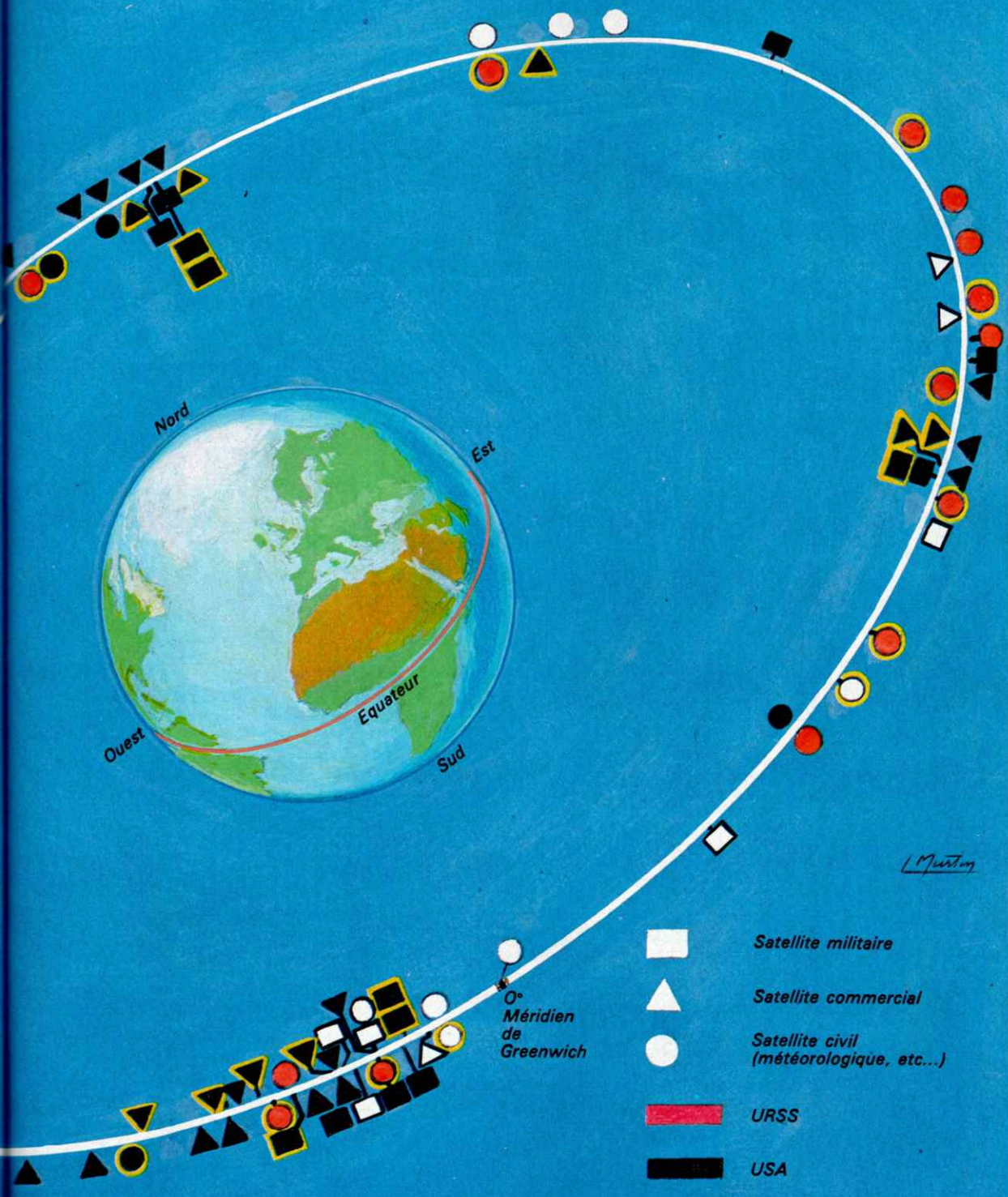


lécommunications qui figurent sur le dessin ci-contre. N'y figurent pas les 50 satellites secrets dont le positionnement sur l'orbite géostationnaire est gardé secret. Les 59 satellites qui seront placés sur orbite géostationnaire ou synchrone d'ici à 1980 sont entourés en jaune sur notre dessin. Les caractéristiques détaillées de tous les satellites géostationnaires figurent dans les tableaux des pages 78 à 80. On voit aisément que certains segments de l'orbite géostationnaire sont plus peuplés que d'autres : Océan Atlantique, Océan Indien et Pacifique.


En fait, lorsque l'on parle de l'encombrement de l'orbite géostationnaire, il s'agit surtout de l'encombrement radio-électrique de satellites proches l'un de l'autre et émettant avec des fréquences identiques ou voisines brouillant les émissions. D'où la nécessité de les espacer (voir dessin), selon qu'ils fonctionnent ou non sur la même fréquence. L'espacement est réduit si les émissions sont polarisées différemment. □

Dessins L. Murtin.





L. Muston

-  *Satellite militaire*
-  *Satellite commercial*
-  *Satellite civil (météorologique, etc...)*
-  *URSS*
-  *USA*
-  *Divers (France, Grande-Bretagne, Japon, OTAN, etc...)*

0°
Méridien
de
Greenwich

Nord

Est

Equateur

Ouest

Sud

Satellite	Année	Code	Date	Nationalité	Utilisateur	Site	Lancement Lanceur	Inclin.	Orbite Position	Poids	Fréquences	Observations
SYNCOM 1	1963	004A	14 février	USA	NASA	KSC	Delta	33,5	...	39	ECHEC	TE
SYNCOM 2	1963	031A	26 juillet	USA	NASA	KSC	Delta	33,1	...	39	140 MHz/2-8 GHz	TE
Syncom 3	1964	047A	19 août	USA	NASA	KSC	Delta	0,1	180° W	39	140 MHz/2-8 GHz	TE
Intelsat 1 A « Early Bird »	1965	028A	6 avril	USA	Comsat	KSC	TAD Delta	0,1	48° W	39	140 MHz/4-6 GHz	TC
Ggts 1	1966	053A	16 juin	USA	USAF	KSC	Titan 3C	0,1	...	47	...	M
Idcsp 1	1966	053B						0,1		45	400 MHz/7 GHz	TM
Idcsp 2	1966	053C						0,1		45	400 MHz/7 GHz	TM
Idcsp 3	1966	053D						0,1		45	400 MHz/7 GHz	TM
Idcsp 4	1966	053E						0,0		45	400 MHz/7 GHz	TM
Idcsp 5	1966	053F						0,1		45	400 MHz/7 GHz	TM
Idcsp 6	1966	053G						0,2		45	400 MHz/7 GHz	TM
Idcsp 7	1966	053H						0,0		45	400 MHz/7 GHz	TM
IDCSP	1966							(8 satellites)				
INTELSAT 2 (F1)	1966	096A	26 août	USA	USAF	KSC	Titan 3C	17,2	...	ECHEC	ECHEC	TE
Ats 1	1966	110A	26 octobre	USA	Comsat	KSC	TAD Delta	0,2	149° W	162	140 MHz/4-6 GHz	TC
Intelsat 2 (F2)	1967	001A	7 décembre	USA	NASA	KSC	Atlas/Agena D	2,1	70° E	162	140 MHz/4-6 GHz	TC
Idcsp 8	1967	003A	11 janvier	USA	Comsat	KSC	TAD Delta	0,1	...	45	400 MHz/7 GHz	TM
Idcsp 9	1967	003B	18 janvier	USA	USAF	KSC	Titan 3C	0,1	...	45	400 MHz/7 GHz	TM
Idcsp 10	1967	003C						0,1		45	400 MHz/7 GHz	TM
Idcsp 11	1967	003D						0,1		45	400 MHz/7 GHz	TM
Idcsp 12	1967	003E						0,1		45	400 MHz/7 GHz	TM
Idcsp 13	1967	003F						0,1		45	400 MHz/7 GHz	TM
Idcsp 14	1967	003G						0,1		45	400 MHz/7 GHz	TM
Idcsp 15	1967	003H						0,1		45	400 MHz/7 GHz	TM
Intelsat 2 (F3)	1967	026A	22 mars	USA	Comsat	KSC	TAD Delta	2,0	180° E	162	140 MHz/4-6 GHz	TC
IDCSP 16	1967	066B	1 juillet	USA	Comsat	KSC	Titan 3C	7,2	...	45	400 MHz/7 GHz	TM
IDCSP 17	1967	066C						7,2		45	400 MHz/7 GHz	TM
IDCSP 18	1967	066D						7,2		45	400 MHz/7 GHz	TM
DATS 1	1967	066E						7,2		68	...	M
DODGE	1967	066F						7,2		195	...	M
LES 5	1967	066G						7,2		102	...	M
Intelsat 2 (F4)	1967	094A	27 septembre	USA	Comsat	KSC	TAD Delta	0,9	30° W	192	140 MHz/4-6 GHz	TC
Ats 3	1967	111A	5 novembre	USA	NASA	KSC	Atlas/Agena D	0,4	70° W	365	140 MHz/4-6 GHz	TC
Idcsp 19	1968	050A	13 juin	USA	USAF	KSC	Titan 3C	0,1	...	45	400 MHz/7 GHz	TM
Idcsp 20	1968	050B						0,2			400 MHz/7 GHz	TM
Idcsp 21	1968	050C						0,1			400 MHz/7 GHz	TM
Idcsp 22	1968	050D						0,1			400 MHz/7 GHz	TM
Idcsp 23	1968	050E						0,1			400 MHz/7 GHz	TM
Idcsp 24	1968	050F						0,1			400 MHz/7 GHz	TM
Idcsp 25	1968	050G						0,1			400 MHz/7 GHz	TM
Idcsp 26	1968	050H						0,1			400 MHz/7 GHz	TM
BMEWS 1-1	1968	063A	6 août	USA	USAF	KSC	Atlas/Agena D	9,9	M
OV 2-5	1968	081A	26 septembre	USA	USAF	KSC	Titan 3C	2,9	...	204	...	M
OV 5-4 (ERS 21)	1968	081C						2,9	...	13	...	M
LES 6	1968	081D						2,9	...	160	...	M
Intelsat 3 (F2)	1968	116A	19 décembre	USA	Comsat	KSC	LTT Delta	0,7	80° W	287	140 MHz/4-6 GHz	TC
Intelsat 3 (F3)	1969	011A	6 février	USA	USAF	KSC	LTT Delta	1,3	56,5° E	287	140 MHz/4-6 GHz	TC
Tacomsat 1	1969	013A	9 février	USA	USAF	KSC	Titan 3C	0,3	115° E	726	225-400 MHz/7-8 GHz	TM
BMEWS 1-2	1969	036A	13 avril	USA	USAF	KSC	Atlas/Agena D	9,9	...	350	...	M
Intelsat 3 (F4)	1969	045A	22 mai	USA	Comsat	KSC	LTT Delta	1,0	174° E	287	140 MHz/4-6 GHz	TC
Intelsat 3 (F5)	1969	064A	26 juillet	USA	Comsat	KSC	LTT Delta	2,6	105° W	862	ECHEC	TM
Ats 5	1969	069A	12 août	USA	NASA	KSC	Delta	2,4	55° E	130	140 MHz/1,5-4-6 GHz	TE
SKYNET 1 A	1969	101A	22 novembre	G.-B.	...	KSC	Atlas/Centaur	0,9	178° W	287	140 MHz/4-6 GHz	TC
Intelsat 3 (F6)	1970	003A	15 janvier	USA	Comsat	KSC	TAT Delta	0,9	178° W	287	140 MHz/4-6 GHz	TC
Otan 1	1970	021A	20 mars	OTAN	...	KSC	TAT Delta	2,8	18° W	243	7-8 GHz	TM

Explication des sigles du tableau : TE : satellite de télécommunications expérimental — TC : satellite de télécommunications commercial — TM : satellite de télécommunications militaire — M : satellite militaire (observation, navigation, etc.) — W : satellite météorologique — S : satellite scientifique.

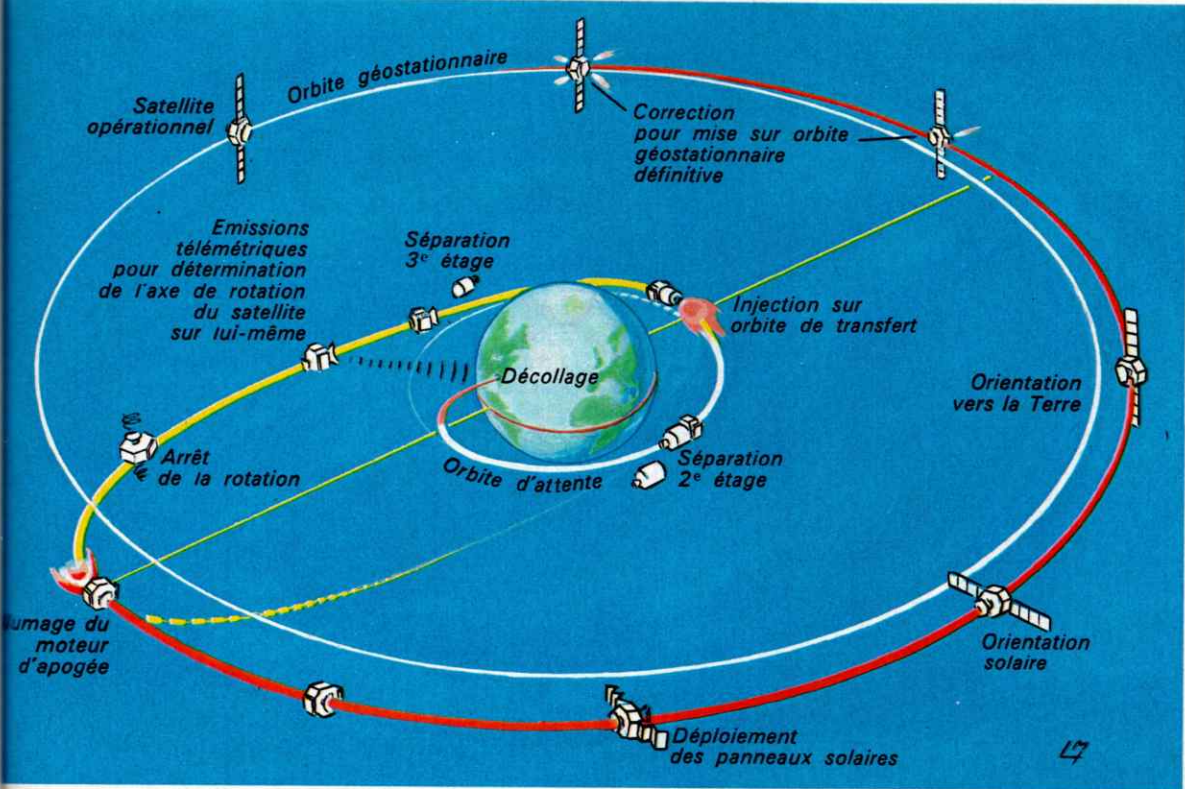
Intelsat 3 (F7)	1970	032A	23 avril	USA	Comsat	KSC	TAT Delta	0,2	19° W	287	140 MHz/4-6 GHz	TC
BMEWS 1-3	1970	046A	19 juin	USA	USAF	KSC	Atlas/Agenda D	9,9	...	350	ECHEC	M
INTELSAT 3 (F8)	1970	055A	23 juillet	USA	Comsat	KSC	TAT Delta	M
SKYNET 1 B	1970	062A	19 août	G.-B.	Comsat	KSC	TAT Delta	M
BMEWS 1-4	1970	069A	1 septembre	USA	USAF	KSC	Thor/Agenda D	9,9	...	350	...	M
BMEWS 2-1	1970	093A	6 novembre	USA	USAF	KSC	Titan 3C	7,8	...	820	...	M
Intelsat 4 (F2)	1971	006A	26 janvier	USA	Comsat	KSC	Atlas/Centaur	0,6	19° W	720	140 MHz/4-6 GHz <th>TC</th>	TC
Otan 2	1971	009A	3 février	OTAN	USAF	KSC	TAT Delta	2,8	18° W	130	7-8 GHz <th>TM</th>	TM
...	1971	021A	21 mars	USA	USAF	KSC	Titan 3/Agenda D	9,9	M
BMEWS 2-2	1971	039A	5 mai	USA	USAF	KSC	Titan 3C	0,9	...	820	...	M
Dscs 2 (F1)	1971	095B	3 novembre	USA	USAF	KSC	Titan 3C	2,7	175° E	520	7-8 GHz <th>TM</th>	TM
Dscs 2 (F2)	1971	095B	3 novembre	USA	USAF	KSC	Titan 3C	2,7	14° W	520	7-8 GHz <th>TM</th>	TM
Intelsat 4 (F3)	1971	116A	20 décembre	USA	Comsat	KSC	Atlas/Centaur	0,4	23° W	720	140 MHz/4-6 GHz <th>TC</th>	TC
Intelsat 4 (F4)	1972	003A	23 janvier	USA	USAF	KSC	Atlas/Centaur	0,7	174° W	720	140 MHz/4-6 GHz <th>TC</th>	TC
BMEWS 3	1972	010A	1 mars	USA	USAF	KSC	Titan 3C	0,9	TC
Intelsat 4 (F5)	1972	041A	13 juin	USA	Comsat	KSC	Atlas/Centaur	0,6	61° E	720	140 MHz/4-6 GHz <th>TC</th>	TC
Anik 1	1972	090A	10 novembre	Canada	Telesat	KSC	Atlas/Centaur	0	114° W	270	140 MHz/4-6 GHz <th>TC</th>	TC
BMEWS 5	1972	101A	20 décembre	USA	USAF	KSC	TAT Delta	9,7	...	350	...	M
BMEWS 6	1973	013A	6 mars	USA	USAF	KSC	Thor/Agenda	10,1	...	350	...	M
Anik 2	1973	023A	20 avril	Canada	Telesat	KSC	Atlas/Agenda D	10,1	...	350	...	M
BmeWS 2-4	1973	040A	12 juin	USA	USAF	KSC	TAT Delta	0,1	109° W	270	140 MHz/4-6 GHz <th>TC</th>	TC
Intelsat 4 (F7)	1973	058A	23 août	USA	USAF	KSC	Titan 3C	0,5	...	820	...	TC
Dscs 2 (F3)	1973	100A	13 décembre	USA	USAF	KSC	Atlas/Centaur	0,2	30° W	720	140 MHz/4-6 GHz <th>TC</th>	TC
Dscs 2 (F4)	1974	100B	1974	USA	USAF	KSC	Titan 3C	2,4	175° E	560	2-3-7-8 GHz <th>TM</th>	TM
SKYNET 2 A	1974	002A	13 avril	G.-B.	...	KSC	TAT Delta	2,5	14° W	560	...	TM
Cosmos 637	1974	017A	26 mars	URSS	Western Union	KSC	TAT Delta	0,2	75-85° E	2 800(?)	400 MHz/4-6 GHz <th>TE</th>	TE
Westar 1	1974	022A	13 avril	USA	NASA/NOAA	BAY	(D-1e)	0,6	99° W	570	140-470 MHz/1,7-2 GHz <th>W</th>	W
SMS 1	1974	033A	17 mai	USA	NASA/NOAA	KSC	TAT Delta	1,9	75° W	250	150-860 MHz/1,5-1,6-2-4-	TE
ATS 6	1974	039A	30 mai	USA	NASA	KSC	Titan 3C	1,8	94° W	930	13-18-20-30 GHz <th>TE</th>	TE
Molniya 1 S	1974	060A	29 juillet	URSS	...	BAY	(D-1e)	0,2	90° E	TE
Westar 2	1974	075A	10 octobre	USA	Western Union	KSC	TAT Delta	0	124° W	570	400 MHz/4-6 GHz <th>TC</th>	TC
Intelsat 4 (F8)	1974	093A	21 novembre	USA	Comsat	KSC	Atlas/Centaur	1,8	174° E	720	140 MHz/4-6 GHz <th>TC</th>	TC
SkyNET 2 B	1974	094A	23 novembre	G.-B.	...	KSC	TAT Delta	2,2	55° E	435	7-8 GHz <th>TM</th>	TM
Symphonie 1	1974	101A	19 décembre	France-Alliamagne	...	KSC	TAT Delta	0,2	11,5° W	230	140 MHz/4-6 GHz <th>TE</th>	TE
Sms 2	1975	011A	6 février	USA	NASA/NOAA	KSC	TAT Delta	1,1	15° W	630	140-470 MHz/1,7-2 GHz <th>W</th>	W
Anik 3	1975	039A	7 mai	Canada	Telesat	KSC	TAT Delta	0	104° W	670	140 MHz/4-6 GHz <th>TC</th>	TC
DSCS 2 (F5)	1975	040A	20 mai	USA	USAF	KSC	Titan 3C	TC
DSCS 2 (F6)	1975	040B	20 mai	USA	USAF	KSC	Titan 3C	TC
Intelsat 4 (F1)	1975	042A	22 mai	USA	Comsat	KSC	Atlas/Centaur	0,5	61° E	730	140 MHz/4-6 GHz <th>TC</th>	TC
BMEWS	1975	055A	18 juin	USA	USAF	KSC	Atlas/Agenda	9,0	...	350	...	TC
Symphonie 2	1975	077A	27 août	France-Allemagne	...	KSC	TAT Delta	0,2	11,5° W	230	140 MHz/4-6 GHz <th>TE</th>	TE
Intelsat 4 A (F1)	1975	091A	26 septembre	USA	Comsat	KSC	Atlas/Centaur	0,4	21° W	830	140 MHz/4-6 GHz <th>TC</th>	TC
Cosmos 775	1975	097A	8 octobre	URSS	...	BAY	(D-1e)	0,1	24° W	2 800(?)	...	TE
Goes 1	1975	100A	16 octobre	USA	NASA/NOAA	KSC	TAT Delta	1,0	70° W	290	140-470 MHz/1,7-2 GHz <th>W</th>	W
Satcom 1	1975	117A	13 décembre	USA	RCA	KSC	TAT Delta	0,3	120° W	460	400 MHz/4-6 GHz <th>TC</th>	TC
BmeWS 2-5	1975	118A	14 décembre	USA	USAF	KSC	Titan 3C	0,5	...	820	...	M
Stationsar 1 (Raduga)	1975	123A	22 décembre	URSS	...	BAY	(D-1e)	0,3	80° E	5 000(?)	4-6 GHz <th>TC</th>	TC
Cts Hermes H	1976	004A	17 janvier	Canada	Telesat	KSC	TAT Delta	0,7	116° W	450	2-12-14 GHz <th>TE</th>	TE
Intelsat 4 A (F2)	1976	010A	29 janvier	USA	Comsat	KSC	Atlas/Centaur	0,1	30° W	830	140 MHz/4-6 GHz <th>TC</th>	TC
Marisat 1	1976	017A	19 février	USA	Comsat	KSC	TAT Delta	2,4	177° W	330	260-300 MHz/1,5-4-6 GHz <th>TM/TC</th>	TM/TC
LES 8	1976	023A	15 mars	USA	USAF	KSC	Titan 3C	25,4	...	450	...	M
LES 9	1976	023B	15 mars	USA	USAF	KSC	Titan 3C	25,4	...	450	...	M
Satcom 2	1976	029A	26 mars	USA	RCA	KSC	TAT Delta	0,3	119° W	460	400 MHz/4-6 GHz <th>TC</th>	TC
Otan 3 A	1976	035A	22 avril	OTAN	...	KSC	TAT Delta	2,9	18° W	310	7-8 GHz <th>TM</th>	TM
Comstar 1	1976	042A	13 mai	USA	Comsat	KSC	Atlas/Centaur	1,0	119° W	1 700	4-6-20-30 GHz <th>TC</th>	TC
Marisat 2	1976	053A	10 juin	USA	Comsat	KSC	TAT Delta	2,5	15° W	330	260-300 MHz/1,5-4-6 GHz <th>TM/TC</th>	TM/TC
BmeWS	1976	059A	26 juin	USA	USAF	KSC	Titan 3C	0,5	...	820	...	M

Les satellites en majuscules sont des satellites placés sur orbite synchrone (d'une période de 24 heures) mais inclinés sur l'équateur. Les symboles renvoient au dessin des pages 76-77. Les symboles marqués F indiquent les satellites futurs.

(Suite page 80)

Satellite	Année	Code	Date	Nationalité	Utilisateur	Site	Lancement Lanceur	Inclin.	Orbite Position	Poids	Fréquences	Observations
Palapa 1	1976	066A	8 juillet	Indonésie	Comsat	KSC	TAT Delta	0	83° E	290	140 MHz/4-6 GHz	TC
Comstar 2	1976	073A	22 juillet	USA	Comsat	KSC	Atlas/centaur (D-1e)	0,1	127° W	1 700	4-6-20-30 GHz	TC
Stationsar 2 (Raduga)	1976	092A	11 septembre	URSS		BAY		0,3	35° E	...	4-6 GHz	TC
Marisat 3	1976	101A	14 octobre	USA	Comsat	KSC	TAT Delta (D-1e)	2,6	73° E	330	260-300 MHz/1,5-4-6 GHz	TM/TC
Stationsar 1	1976	107A	26 octobre	URSS	Comsat	BAY		0,3	99° E	...	7-8 GHz	TC
4 Ecran n	1977	...	27 janvier	OTAN		KSC	TAT Delta		130° E	310	140 MHz/1,7-2,5-4-6-11-20-30-35 GHz	TM
Otan 3 B	1977	...	23 février	Japon	NASDA	Tanegashima MU3						TE
Ets 2	1977	...	10 mars	Indonésie		KSC	TAT Delta		77° E		140 MHz/4-6 GHz	S
Palapa 2	1977	...	20 avril	ESA Europe		KSC	TAT Delta		0-35° E		140 MHz	W
Geos 2	1977	...	25 mai	USA	NASA/NOAA	KSC	TAT Delta		10° W	290	140-470 MHz/1,7-2 GHz	TE
Goes 2	1977	...	16 juin	ESA Europe	Comsat	KSC	TAT Delta		10° W	830	140 MHz/4-6 GHz	TC
Intelsat 4 A (F3)	1977	...	14 juillet	USA		KSC	Atlas/Centaur		140° E		1,7-2 GHz	W
Gms	1977	...	août	Japon		KSC	TAT Delta		15° W		12-18-20-30 GHz	TE
Sirio	1977	...	31 août	Italie		KSC	TAT Delta		0° W		1,7-2 GHz	W
Meteosat	1977	...	22 octobre	ESA Europe	RCA	KSC	TAT Delta		91° W		400 MHz/4-6 GHz	TC
Satcom 3	1977	...	octobre	USA	Comsat	KSC	TAT Delta				140 MHz/4-6 GHz	TC
Intelsat 4 A (F4)	1977	...	octobre	USA	Comsat	KSC	Atlas/Centaur				7-8 GHz	TM
Fleetsatcom 1	1977	...	17 novembre	Japon	USAF/US Navy	KSC	TAT Deltat		135° E		2-4-6-20-30 GHz	TE
C.S.	1977	...	décembre	USA	NASA	KSC	TAT Deltat				140 MHz	S
Iue	1977	...		URSS		BAY			85° E		4-6 GHz	TC
Stationsar 3	à c. 1977	...		URSS		BAY					4-6-11-14 GHz	TC
Anik 4	à c. 1978	...		Canada		KSC					1,5-11-14 GHz	TE/TC
Marots	1978	...	23 février	ESA Europe		KSC			40° E		1,7-2 GHz	W
Goms	1978	...	14 juillet	URSS		BAY			70° E		12-14 GHz	TE
Bse	1978	...	août	Japon		KSC			110° E		4-6 GHz	TC
Stationsar 4	1978-79	...	31 août	URSS		BAY			14° W		4-6 GHz	TC
Stationsar 5	1978-79	...	22 octobre	URSS		BAY			58° E		4-6 GHz	TC
Tdrss 1	1979	...	octobre	USA	NASA	KSC			171° W		4-6 GHz	TC
Sbs A	1979	...	17 novembre	USA	SBS	KSC			122° W		12-14 GHz	TC
Sbs B	1979	...	décembre	USA	SBS	KSC			110° W		12-14 GHz	TC
Stationsar 6	1979-80	...		URSS		BAY			85° E		4-6 GHz	TC
Stationsar 7	1979-80	...		URSS		BAY			140° E		4-6 GHz	TC
Stationsar 8	1979-80	...		URSS		BAY			25° W		4-6 GHz	TC
Stationsar 9	1980	...		URSS		BAY			45° E		4-6 GHz	TC
Stationsar 10	1980	...		URSS		BAY			170° W		4-6 GHz	TC
Tdrss 2	à c. 1978	...		USA	NASA	KSC			140° W		1,7-2 GHz	W
Sms-Goes	à c. 1978	...		USA	NASA/NOAA	KSC			95° W		4-6 GHz	TC
Nss A	à c. 1978	...		USA	NSS	KSC			90° W		4-6-20-30 GHz	TC
Comstar 3	à c. 1978	...		USA	Comsat	KSC			164° W		4-6 GHz	TC
Nss B	à c. 1978	...		USA	NSS	KSC			70° W		300 MHz/7-8 GHz	TM
Fleetsatcom 2	à c. 1978	...		USA	USAF/NAVY	KSC			23° W		300 MHz/7-8 GHz	TM
Fleetsatcom 3	à c. 1978	...		USA	USAF/NAVY	KSC			40° W		1,6-5 GHz	TE/TC
Aerosat 1	à c. 1979	...		ESA-USA-Canada	ESA-USA-Canada	KSC			15° W		1,6-5 GHz	TE/TC
Intelsat 5	à c. 1979	...		USA	Intelsat	KSC					4-6-11-14 GHz	TC
(8 satellites)												
Ecs 1	à c. 1980	...		Japon		Kourou					4-6-32-35	TC
Ecs 2	à c. 1980	...		ESA		Kourou					11-14 GHz	TC
TV	à c. 1980	...		ESA		Kourou					11-14 GHz	TE
Dscs 3	à c. 1980	...		USA	USAF	KSC					12 GHz	TE
(10 satellites)											7-8 GHz	TM

Explication des sigles du tableau : **TE** : satellite de télécommunications expérimental — **TC** : satellite de télécommunications commercial — **TM** : satellite de télécommunications militaires — **M** : satellite militaire (observation, navigation, etc.) — **W** : satellite météorologique — **S** : satellite scientifique.



La mise en orbite géostationnaire n'est pas chose aisée. Le lancement d'un satellite géostationnaire se déroule en deux temps et idéalement depuis un champ de tir situé le plus près possible de l'équateur pour tenir compte de l'apport de vitesse dû à la rotation de la Terre. Le satellite est d'abord placé sur une orbite basse dite de transfert dont l'apogée est à l'altitude de l'orbite géostationnaire (35 786 km). Après plusieurs révolutions sur cette orbite, lorsque le satellite passe à son apogée, on allume un moteur (dit d'apogée) qui l'injecte sur une orbite circulaire équatoriale géostationnaire ayant à peu près les caractéristiques de l'orbite finale. Après quelques corrections, l'orbite est circularisée. On laisse ensuite dériver le satellite jusqu'à ce qu'il atteigne la longitude nécessaire à sa mission. Une nouvelle mise à feu stoppe la dérive du satellite qui est ainsi mis à poste. Régulièrement, on corrige la dérive du satellite due aux perturbations gravitationnelles extérieures grâce aux moteurs de bord... jusqu'à épuisement du carburant. Lorsque celui-ci est épuisé, le satellite devient inutilisable, non parce que ses émetteurs ne fonctionnent plus, mais parce qu'il dérivera de sa position, l'empêchant d'être en liaison avec les stations terrestres.

(Suite de la page 75)

ne peuvent pas être isolées de la même façon et l'émission d'un satellite devient du « bruit » pour tous les autres satellites fonctionnant aux mêmes fréquences (à des fréquences différentes, les satellites n'interfèrent généralement pas et la séparation se réduit à l'espacement minimum de $0,4^\circ$). On détermine ainsi des règles d'espacement entre satellites géostationnaires afin de réduire les interférences à un niveau minimum fixé par les règlements internationaux. En pratique, le problème est excessivement complexe et il exige obligatoirement une coordination d'ensemble qui est assurée par l'IUT. La situation évolue d'ailleurs constamment avec les progrès de la technologie des télécommunications qui permettent d'élargir artificiellement le spectre de fréquence utilisable par des techniques comme la réutilisation de fréquences par séparation géographique de faisceaux fins et par changement de polarisation, par des an-

tennes à faisceaux multiples et à faisceaux conformés, par l'amélioration de la stabilisation des satellites, etc. Mais de toutes façons, malgré cela les bandes de fréquences actuelles parviennent à saturation (surtout à 4-6 GHz) et il est nécessaire de « monter en fréquence » pour exploiter de nouvelles bandes encore vierges ou peu utilisées (11-14/20/30 GHz, etc.). Mais ce n'est pas toujours possible pour des raisons techniques, en particulier par suite des atténuations dans certaines bandes par l'atmosphère et les précipitations dans les régions équatoriales.

Pendant, l'IUT vient de faire un effort important de planification pour les futurs satellites de diffusion directe (radio et TV) qui doivent faire leur apparition dans les prochaines années. Cette fois un règlement a été établi pour assurer une répartition prévisionnelle des nouvelles bandes de fréquences (11,7-12,5 GHz) et des emplacements géostationnaires (partagés avec les autres services de satellites). Plus de

600 délégués représentant 111 pays viennent de se réunir pendant cinq semaines (10 janvier-13 février) à Genève pour la Conférence mondiale de radiodiffusion par satellites qui a établi

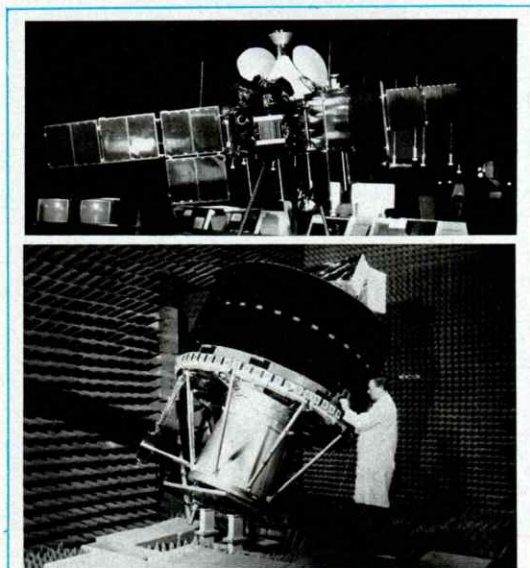
entrera en vigueur le 1^{er} janvier 1979 pour une durée de quinze ans, précise exactement les emplacements géostationnaires et les fréquences attribuées, en valeur et en nombre, à chaque pays. Il prévoit la mise en orbite possible de un ou plusieurs satellites (jusqu'à 16) tous les 6° de longitude sur l'orbite géostationnaire entre 40° Ouest et 158° Est. Par contre, en raison du désaccord de certains pays, le plan pour la région 2 (Amériques) n'a pu être établi cette année et il doit faire l'objet d'une nouvelle conférence en 1982.

L'utilisation de satellites de diffusion directe permettra en principe aux pays européens de disposer de 5 chaînes de TV supplémentaires au cours de la prochaine décennie. Ces satellites permettront de diffuser des émissions radio-phoniques et surtout télévisées directement sur des récepteurs communautaires (immeubles, écoles, villages, etc.) et même individuels (maisons), ce qui constitue une véritable révolution dans les télécommunications par satellites. La technique est presque prête et quelques satellites expérimentaux ont déjà été lancés : « ATS 6 » (USA), « CTS » (Canada-USA). Bien que limitées, ces expériences ont cependant pu démontrer effectivement l'intérêt des satellites de diffusion directe, par exemple en Inde pour l'éducation des populations (1).

Mais l'introduction de ces satellites pose un problème politique : celui de respect de la souveraineté des Etats et du droit international. Du fait que les émissions de ces satellites peuvent être reçues directement par les particuliers, sans passer par les centres nationaux des administrations (P et T) qui n'ont donc plus la même possibilité de contrôle des émissions diffusées sur leur territoire. Les Soviétiques ont été les premiers à souligner les dangers de ces satellites qui pourraient éventuellement servir d'armes de propagande entre les mains des puissances qui les contrôlèrent. Il existe des moyens de se prémunir contre ce risque mais le plus sûr est encore de limiter la zone de couverture au territoire national du pays émetteur. Ce qui pose des problèmes techniques difficiles pour la réalisation des satellites. En particulier au niveau des antennes d'émission qui doivent alors avoir un faisceau très étroit (1° pour couvrir la France ou l'Allemagne) et donc exiger une stabilisation parfaite du satellite afin d'éviter « d'arroser » les pays voisins. En pratique, il sera d'ailleurs difficile, même avec des antennes conformées épousant le contour du pays à desservir, de ne pas couvrir également les pays frontaliers, comme c'est déjà le cas actuellement avec les moyens classiques pour la TV, sans parler de la radio dont on ne peut empêcher les ondes de parcourir le monde. Mais le danger est plus vivement ressenti pour la télévision en raison du fantastique pouvoir de « média ».

Pierre LANGEREUX ■

(1) Cf. *Science et Vie* n° 544.



L'avenir est à la stabilisation « trois axes ».

Les satellites doivent être stabilisés afin de maintenir les antennes orientées vers la Terre, et les panneaux solaires vers le Soleil. Jusqu'à présent, le système de stabilisation le plus utilisé a été le système dit par rotation comme ici pour le satellite OTAN 3, dans lequel le satellite est animé d'un mouvement de rotation sur lui-même afin de créer un couple qui assure la rigidité gyroscopique de l'ensemble sur orbite. Cette méthode présente le désavantage de nécessiter des dispositifs complexes pour maintenir constamment orientées vers la Terre les antennes de télécommunications malgré la rotation du satellite. De plus, il ne permet d'utiliser instantanément que le tiers de la puissance du satellite, puisque toutes les photopiles du générateur solaire ne peuvent pas être éclairées en même temps. C'est pourquoi maintenant on préfère un système de stabilisation « 3 axes » dont le satellite français *Symphonie* est le premier exemple. Dans ce cas, le satellite ne tourne plus, et l'on dispose les panneaux solaires de façon à ce qu'ils soient éclairés en permanence par le Soleil. La rigidité gyroscopique du satellite est assurée par des « roues d'inertie » ou volants cinétiques, situées dans le corps du satellite et qui tournent à très grande vitesse.

Comme le champ de gravitation terrestre le long de l'orbite (dû à l'aplatissement de la Terre), les champs de gravitation de la Lune et du Soleil, ainsi que la pression de radiation solaire modifient l'attitude du satellite qui dérive de 0,1° voire 0,001° par jour, il faut effectuer des corrections. C'est le rôle des petits propulseurs disposés selon les trois axes du satellite. □

un « plan de fréquences et de positions orbitales » pour tous les pays de la région 1 (Afrique, Europe, URSS, Mongolie) et de la région 3 (Asie, Océanie), ce document de 42 pages, qui