cintura de Van Allen poderão reduzir esta potência à medida da progressão do satélite no espaço.
Calcula-se que será inferior a 11,5 watts ao fim do seu 12.º mês de revolução. Para impedir que a potência fornecida pelos acumuladores, se esgote antes que seja substituída pelas baterias solares, a inflamação de certas partes do equipamento poderá ser accionada ou suprimida à vontade. Esta operação será comandada por sinais enviados da Terra.
Quando da construção do satélite, foram tomadas medidas de protecção contra o efeito das radiações corpusculares no espaço. Por outro lado, o TELSTAR *contém aparelhos de medida destas radiações, cujos dados serão transmitidos para a Terra. Estes dados serão úteis não sòmente para as experiências posteriores de comunicação por satélite, mas também para a preparação dos futuros voos de cosmonautas.*
O TELSTAR *é uma esfera de alumínio e magnésio, com 82,6 cm de diâmetro e pesa 76,5 kg.*
A órbita é elíptica, tem um apogeu de 5556 km e um perigeu de 926 km. O tempo de revolução de cada órbita é de 160 min. Com uma inclinação de 45º do plano da órbita sobre o Equador, o satélite gira à volta da Terra com uma velocidade de rotação de 180 voltas por minuto sobre o seu eixo de simetria, que será constantemente orientado na mesma direcção. Pode corrigir-se qualquer tendência para desvio desta posição com um aparelho colocado a bordo e controlado do solo. A velocidade aproximada do satélite é da ordem das 10 000 milhas por hora.

Logo na primeira noite, no decurso da sexta passagem do TELSTAR *por cima do Atlântico, uma transmissão de televisão efectuada na estação de Andover (E. U. A.) foi recebida em Pleumeur-Bodou (França) às 23.48 G.M.T., o que representou o primeiro envio de imagens de televisão para o lado oriental do Atlântico por meio de um satélite. Realizaram-se muitas outras transmissões experimentais nos dois sentidos entre as estações de Andover, do lado americano, de Goonhilly Downs (Inglaterra) e Pleumeur-Bodou do lado europeu.*
Em 23 de Julho, franqueou o Atlântico o primeiro programa de televisão directo por meio do satélite TELSTAR. *A organização deste programa foi feita pela Union Européenne de Radiodiffusion* (U.E.R.), *com os membros participantes da Eurovisão do lado de cá, e os membros americanos associados da* U.E.R. *do lado de lá.*
O programa americano foi enviado para a Europa em 23 de Julho às 19.52 G. M. T., quando da 124.ª passagem do satélite; a recepção foi feita pela estação francesa de Pleumeur-Bodou. O programa da Eurovisão com destino aos E. U. A. foi transmitido quando da passagem seguinte entre as 22.50 e 23.20 G. M. T., a partir da estação inglesa de Goonhilly Downs.
Estes dois pragramas eram particularmente complexos, pois eram constituídos por sequências breves: reportagens directas provenientes de todas as regiões dos E. U. A. e da Europa. O programa da Eurovisão necessitou do emprego de 54 câmaras de televisão repartidas pelos nove países participantes. As diversas sequências deste programa eram separadas por aspectos do Centre International de Coordenation Technique (C.I.C.T.) *instalado no Palais de Justice de Bruxelas, que constitui o nó da rede europeia de televisão. O* C.I.C.T. *sofreu um certo número de modificações para este fim.*
Houve que resolver problemas delicados de conversão. Todas as imagens provenientes dos vários países europeus deviam ser convertidas em 525 linhas — 30 imagens por segundo, antes do seu envio para os E. U. A. o que exigiu o emprego de nove convertidores de normas.
Apesar destas dificuldades a que se juntava o facto de que todas as tomadas de vista foram feitas de noite, as primeiras transmissões mundiais de televisão directas tiveram êxito total.
Mas é bom não esquecer que, por enquanto, se trata apenas de experiências indispensáveis, e não do início da entrada em serviço de verdadeiros sistemas de exploração pois ainda há certamente um caminho bastante longo a percorrer antes de se chegar a tal situação.
Assistimos há anos com a televisão a um espectáculo idêntico, tendo decorrido alguns anos, mesmo bastantes, antes que aquela modalidade de comunicações se tornasse um facto, embora ainda hoje com aspecto rudimentar.
Os progressos da técnica são seguramente mais rápidos nos tempos de hoje mas os problemas em si são muito mais complicados tanto técnica como politicamente. Além disso, é necessário ter em conta o facto de que o mundo tem uma necessidade muito mais imperiosa de recorrer às comunicações por satélites do que naquela altura tinha de televisão.
É provável que a exploração comece com os tipos de satélites que hoje somos capazes de construir, mesmo que mais tarde acabemos por considerá-los retrospectivamente tão primitivos como o velho disco analisador da TV.
A ELECTRICIDADE *não podendo ficar alheia a tão importante acontecimento técnico, e não tendo possibilidade de apresentar imediatamente trabalhos portugueses, resolveu recorrer a artigos de categorizados autores estrangeiros para dar satisfação à natural curiosidade dos seus leitores.*

COMUNICAÇÕES MUNDIAIS POR SATÉLITES*

O problema das comunicações à superfície da terra põe à prova, desde há muito, o espírito inventivo do engenheiro das telecomunicações. Como as necessidades em vias de telecomunicações mundiais crescem a um ritmo quase exponencial, é necessário encontrar novos meios para lhes fazer face. O satélite artificial é uma solução que parece muito interessante para melhorar a situação e para responder ao que serão provàvelmente, num futuro provisível, as necessidades das telecomunicações mundiais.

Diversos tipos de satélites têm sido propostos. Podemos agrupá-los em três categorias, principais:

Satélites de reflector passivos
Satélites de memória
Satélites activos de retransmissão instantânea

Satélites de reflector passivos

O satélite americano de telecomunicação ECHO I era um satélite de reflector passivo constituído por um balão de matéria plástica coberta dum fino revestimento metálico. Este engenho inchou, depois de ter sido lançado do foguetão portador e de ter entrado em órbita.

---

* Tradução devidamente autorizada do texto francês do trabalho de JOSEPH A. WEBB da «Lockheed Aircraft Corp.» publicado no número de Março de 1961 do «Journal des Télécommunications» — órgão oficial da União Internacional de Telecomunicações.

ECHO I foi saudado no mundo inteiro, não tanto pelas possibilidades que oferecia às telecomunicações mas principalmente pela forma espectacular como foi colocado em órbita. Para comunicar por intermédio dele, era necessário aguardar a sua aparição num ponto favorável, visível ao mesmo tempo das estações de emissão e de recepção. Comunicações de curta duração podiam então ser estabelecidas antes que o satélite deixasse esse ponto.

Existem várias versões do satélite reflector passivo. Primeiramente um «reflector angular», ou de outras estruturas geométricas com revestimento metálico. Depois uma nuvem de materiais dieléctricos, lançada por um foguetão portador e espalhada sobre uma órbita. Estes materiais poderiam ser igualmente repartidos ao longo de uma trajéctória anular à volta da Terra mais que sob a forma de nuvem.

O principal interesse do satélite reflector passivo reside na sua simplicidade. Todavia as suas possibilidades são estritamente limitadas. Com efeito, a sua altitude relativamente fraca limita a visibilidade e o alcance das comunicações. Não é possível aumentar sensivelmente esta altitude dado que, como no caso do radar, o enfraquecimento varia na razão inversa da quarta potência da distância. Esta dificuldade pode ser vencida dentro de certa medida se se aumentarem as dimensões do reflector. Contudo esta solução torna-se ràpidamente impraticável devido aos problemas postos pela carga útil transportada pelo foguetão de lançamento. Para aumentar a duração das comunicações entre duas estações, pode-se recorrer à nuvem anular de materiais dieléctricos, ou ainda pode colocar-se em órbita um maior número de satélites. Todavia estes processos acarretam igualmente um aumento de complicações e despesas.

Satélites de memória

O satélite de memória regista uma mensagem num ponto dado da sua órbita, e retransmite-a depois num outro ponto. Esta mensagem pode ser gravada em fita, em núcleos magnéticos, em filme, ou por qualquer outro processo de registo apropriado. Basta que o satélite esteja em contacto rádio com uma única estação terrestre de cada vez. O problema da visibilidade para os satélites evolucionando a fraca altitude encontra-se então grandemente simplificado.

O satélite SCORE-ATLAS foi o primeiro com memória. O foguetão Atlas teve que ser colocado em órbita ao mesmo tempo que o satélite, que transportava um gravador de fita magnética e diversos instrumentos anexos.

Para obter comunicações de alcance mundial, é necessário que o satélite de memória seja colocado em órbita polar ou numa órbita suficientemente próxima dos polos para que seja visível do polo quando da sua passagem no ponto mais setentrional da órbita. Vários satélites podem ser colocados sobre uma série de órbitas polares a fim de que um dentre eles pelo menos passe ao menos uma vez, quando do seu período de revolução, ao alcance de comunicação de cada ponto do globo.

É no Equador que os satélites de órbitas polares estarão mais afastados uns dos outros. Por isso, se estão espaçados de forma a cobrir convenientemente as regiões equatoriais, a cobertura a elevadas latitudes será melhor assegurada em consequência do reagrupamento das órbitas na visinhança dos polos.

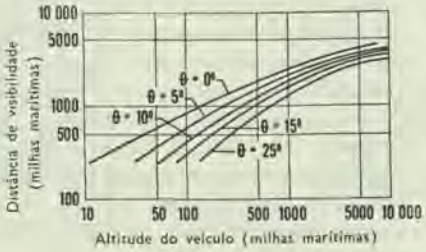

Fig. 1 — Variação da visibilidade no solo em função do ângulo de situação

A fig. 1 representa as variações da distância de visibilidade do solo para satélites evolucionando a diversas altitudes orbitais. Na hipótese em que o ângulo de situação seja 5 graus e a altitude do satélite 320 km, a distância de visibilidade no solo estende-se por 1450 km. Por consequência, para que o equador seja inteiramente coberto, seria necessário que a distância entre as órbitas atingisse 2900 km, ou seja um afastamento de 30 graus de longitude. Por outras palavras, bastariam 6 satélites para cobrir o conjunto do globo.

O exemplo precedente mostra a cobertura radioeléctrica que é possível obter com satélites gravitando a fraca altitude. Se esta altitude é elevada para 1300 km, a distância de visibilidade será dupla, de forma que três satélites bastarão para cobrir a totalidade do globo.

Em geral, quando duma passagem no zenite, a intensidade dos sinais sofre variações muito mais importantes no caso dos satélites de fraca altitude do que nos que evolucionam a mais elevada altitude.

A fig. 2 indica, para diversas altitudes, a variação do nível dos sinais em função do ângulo ao centro da terra (quer dizer um função da distância no solo).

A fig. 3 indica o período de revolução do

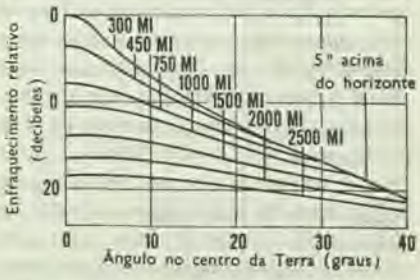

Fig. 2 — Enfraquecimento relativo dos sinais ($1/R^2$)

satélite sobre a sua órbita em função da altitude.

A fim de dispôr de um certo tempo para a transmissão das mensagens, é necessário prever uma sobreposição suficiente das órbitas. As figs. 4 e 5 dão uma ideia do tempo disponível para as comunicações, para satélites evolucionando a diversas altitudes, em função da distância entre a estação terrestre e o plano da órbita. A fig. 4 refere-se às comunicações no plano horizontal enquanto que a fig. 5 postula um ângulo de situação mínimo de 5 graus.

O satélite de memória de órbita polar põe um outro problema, no que se refere às comunicações entre duas estações. Por exemplo, em vista do tempo que é necessário para um satélite franquear a distância entre duas estações, podem ser necessárias doze horas para a transmissão de uma mensagem duma estação terrestre para outra. Pode-se vencer esta dificuldade quer estabelecendo uma cadeia de comunicação inter-satélites, quer instalando uma das estações terrestres na zona polar que pode entrar em contacto com cada satélite em todas as suas passagens.

Uma outra solução consiste em realizar uma das extremidades da ligação sob a forma de uma série de estações terrestres separadas, em

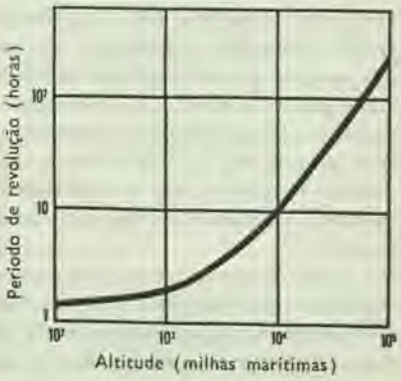

Fig. 3 — Período de revolução de um satélite em função da altitude

longitude, por uma distância suficiente para que uma dentre elas possa entrar em contacto com cada satélite quando da sua passagem. Esta solução exige, igualmente que essas estações disponham de uma rede de intercomunicação distinta, permitindo-lhe funcionar como uma estação única.

Não é necessário que uma estação polar esteja instalada exactamente no polo. De facto, pode escolher-se entre um certo número de regiões árticas para a implantação duma tal estação. Por exemplo, Point Barrow, no Alasca, e Hammerfest, na Noruega, estão situadas a menos de 1900 km do polo Norte. Um satélite que passe por cima do polo a uma altitude de 560 km poderá ser visto destas duas estações a uma altura de 5° acima do horizonte.

a distância de visibilidade. O enfraquecimento em espaço livre põe por sua vez problemas muito menos complicados que no caso dos satélites passivos. No caso dos satélites activos de retransmissão instantânea, é possível adoptar diversas configurações geométricas para as órbitas

— Órbitas para satélites síncronos (período de revolução 24 horas)
— Satélites assíncronos
— Satélites «fixos».

O caso dos satélites de comunicações síncronos, colocados numa órbita equatorial, foi já profundamente estudado. A uma altitude de cerca de 36 000 km, o período de revolução do satélite é 24 horas. Sendo o período de rotação da terra igualmente de 24 horas, o satélite parecerá imóvel no céu por cima de uma região determinada da Terra.

Este é um fenómeno particularmente útil pois que permite usar no solo antenas direccionais fixas. Um tal sistema caracteriza-se igualmente por uma maior facilidade na transmissão da informação e possue muitas outras características das ligações fixas para transmissão de dados.

Para assegurar comunicações mundiais, é necessário um mínimo de três satélites síncronos. A fig. 6 mostra um sistema de três satélites. A fig. 7 representa um sistema de quatro satélites, que permite servir melhor certas regiões situadas em latitudes elevadas.

Se o aumento do número de satélites-s si

cronos sobre uma órbita equatorial pode aumentar a cobertura em certas regiões, ele não permite porém servir as regiões polares. É o que mostra a fig. 8, onde se representaram as variações da latitude máxima de visibilidade em função da altitude do satélite. Esta latitude máxima passa imediatamente ao norte (ou ao sul) do satélite. Em toda a parte além disso, a visibilidade será pior, a perda de visibilidade dependendo do número e da posição dos satélites.

Se a órbita de um satélite síncrono é ligeiramente inclinada sobre o equador, o satélite parecerá oscilar do Norte ao Sul com um período de 24 horas. Calcula-se contudo que não é muito difícil estabilizar a órbita em latitude. É mais delicado manter invariáveis a posição e a velocidade de um satélite

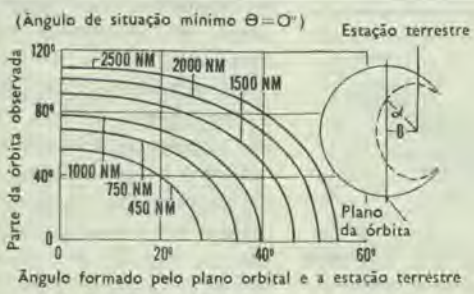

Fig. 4 — Ângulo de observação medido de uma estação terrestre fixa

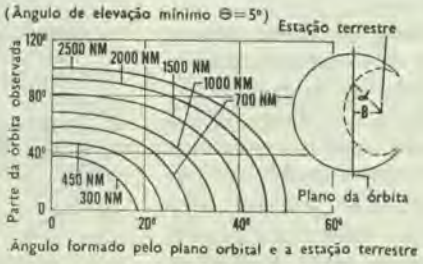

Fig. 5 — Ângulo de observação medido de uma estação terrestre fixa

Se se pensar posteriormente, que é aconselhável adoptar para estes satélites uma órbita um pouco diferente da órbita polar, a estação terrestre deverá estar instalada mais ao norte para conservar o contacto com o satélite em cada uma das passagens. Poder-se-ia igualmente encarar a hipótese de aumentar a altitude do satélite para melhorar a visibilidade.

Satélites activos de retransmissão instantânea

Uma rede de satélites activos de retransmissão instantânea gravitando a altitudes relativamente grandes resolveria de forma quase perfeita a questão das comunicações mundiais. As características principais de uma tal rede são um funcionamento instantâneo e contínuo, e a possibilidade de transmitir um número de vias pràticamente ilimitado.

Um satélite activo de retransmissão instantânea recebe um sinal numa dada frequência e retransmite-o instantaneamente numa frequência ligeiramente modificada. Regra geral, uma só antena serve ao mesmo tempo para a recepção e a retransmissão. O satélite será normalmente colocado a uma altitude relativamente grande, o que aumenta

sobre a sua órbita, de forma que ele não se afaste para nascente ou para poente da sua posição «fixa»: é necessário para isso dispôr de um sistema de regulação que efectui periòdicamente correcções. As medições necessárias serão provàvelmente feitas do solo e as ordens indicando a amplitude e a direcção da impulsão correctora necessária, serão transmitidas ao satélite. É interessante notar que as correcções devem ter por objecto, ao mesmo tempo, a velocidade e a posição do satélite sobre a órbita que lhe foi fixada.

Convém igualmente mencionar um outro tipo de satélite, que é o satélite polar cujo período de revolução é igual a um dia sideral de 23 horas, 56 minutos e 4 segundos: ele girará à volta da Terra no sentido Norte-

Fig. 6 — Sistema de três satélites de órbitas equatoriais

Fig. 7 — Sistema de quatro satélites de órbitas equatoriais

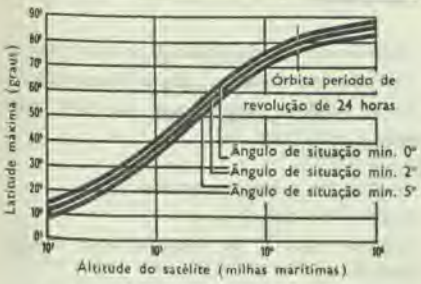

Fig. 8 — Visibilidade de um satélite equatorial em função da altitude

-Leste-Sul-Oeste ou no sentido Sul-Leste-Norte -Oeste. Ainda que ele não se conserve numa posição fixa em relação à Terra, como o satélite equatorial com revolução de 24 horas, passa regularmente, uma vez por dia sideral, por cima de uma zona determinada. Como todos os satélites polares, permite igualmente assegurar uma cobertura mundial.

É necessário um mínimo de seis satélites para obter uma cobertura mundial com um sistema de satélites de telecomunicações polares. Este caso apresenta-se na fig. 5, estando os satélites espaçados de 120° sobre cada uma das órbitas escolhidas.

As órbitas dos satélites de telecomunicações assíncronos podem ser equatoriais, polares ou obliquas. Estes satélites podem ser ou não comandados sobre as suas órbitas mas tudo leva a pensar que nos sistemas mais aperfeiçoados serão comandados. É com efeito a única forma que permite assegurar uma probabilidade de comunicação de 100%.

Questões de visibilidade obrigarão a fazer evolucionar a grande altitude a maior parte dos satélites activos de telecomunicações. Uma antena direccional poderá ser utilizada nestes satélites para compensar o enfraquecimento adicional devido às grandes altitudes se bem que isso obrigue a orientar o satélite sobre a sua órbita.

O terceiro tipo de satélite utilizável para as telecomunicações é o «satélite fixo». Há no sistema Terra-Lua centros de libração que podiam servir de «pontos de amarração» para estes satélites. Cinco centros de libração estão indicados na fig. 10. Três dentre eles S_1, S_2, e S_3 são instaláveis. Pelo contrário, os satélites colocados nos pontos sextis ou troianos (S_4 e S_5) são estáveis se $\varepsilon/\lambda < 1/25$ (sendo ε a distância relativa do baricentro ao corpo mais volumoso e λ a distância relativa do baricentro ao corpo mais pequeno) [1, 2].

Esta relação é numéricamente igual à relação das massas dos dois corpos, que, no caso do sistema Terra-Lua, é de 1/81,45.

Por consequência, os satélites colocados nos centros de libração S_4 e S_5 seriam estáveis. Seria vantajoso escolher esses cenrtos pois que os satélites ai estarão em sincronismo com o mês lunar e serão assimiláveis a satélites de órbita equatorial. Estariam, por outro lado, espaçados de 120°, de modo que a adição dum satélite contralunar em S_3 permitiria obter um sistema completo de comunicação por satélites.

O satélite colocado em S_3 não seria estavel e, para o manter na sua órbita, haveria que utilizar uma determinada quantidade de propergol, o que limitaria a sua duração de vida útil. Pelo contrário, os satélites situados em S_4 e em S_5 podem ser considerados como tendo uma duração de vida pràticamente ilimitada, visto que não seria necessário utilizar carburante para os manter na sua órbita.

A duração de transmissão dos sinais pode tornar-se importante, especialmente no caso de satélites deste tipo, evolucionando a muito grande altidude. Numa ligação por satélite, a duração de transmissão num sentido é igual a $2\,d/c$, em que d é a altitude do satélite e c a velocidade de propagação. No caso de satélites evolucionando a distâncias comparáveis à da Lua, a duração de propagação num sentido (do ponto de partida ao ponto de destino por intermédio do satélite) seria da ordem de 2,6 segundos, donde resultaria uma duração de transmissão de 5 segundos para uma comunicação telefónica completa, o que seria manifestamente maçador.

No caso de satélites com período de revolução de 24 horas, a duração de transmissão total seria da ordem de 0,5 segundos para uma comunicação telefónica completa.

Fig. 9 — Sistema de seis satélites de órbitas polares

Sistema de relés intersatélites

Se um satélite não é visivel ao mesmo tempo de duas estações terrestres, será necessário fazer retransmitir as mensagens por meio de vários satélites. Esta operação é possível graças a estações terrestres intermediárias, que podem retransmitir as mensagens dum satélite a um outro, ou graças a ligações directas entre satélites.

A ligação directa entre satélites supõe que a propagação electromagnética se efectuará inteiramente no exterior da atmosfera terrestre. Nunca se porão portanto problemas de absorção atmosférica.

A fim de tirar o melhor partido da focalização realizada pelas antenas de frequências elevadas, será, sem dúvida alguma, necessário escolher a frequência de propagação acima de 10 GHz, e mesmo na gama de 30 a 100 GHz.

Se bem que a noção de relés inter-satélites mereça ser retida, é conveniente evitar-se dar-lhe muita importância presentemente. É provável que se utilizem primeiramente sistemas de relés satélite-solo-satélite, em vista da simplicidade desses sistemas, sendo a ligação directa satélite-satélite realizada posteriormente, em sistemas mais complexos.

Fig. 10 — Os centros de libração do sistema Terra-Lua

Enfraquecimento

No caso das antenas isótropas, o enfraquecimento em espaço livre α é dado pela expressão

$$\alpha = 37 + 20 \log f + 20 \log d \quad (1)$$ [3, 4]

em que:

f — frequência de funcionamento em MHz

d — comprimento do trajecto de propagação em milhas marítimas (1 milha marítima = 1852 m).

A equação (1) não toma em conta o ganho G da antena que, no caso dum reflector parabólico, é dado por

$$G = 0{,}54 \left[\frac{\pi f D}{C} \right]^2 \quad (2)$$

(1) Ver Space Flight, tomo I — *Environment and Celestial Mechanics*, de KRAFT A. EHRICKS, publicado por D. van Nostrand C.° Inc.

(2) *Selenoid Satellites*, de W. B. KLEMPERER e E. T. BENEDIKT, no Astronautica Acta, vol. IV, 1958.

(3) *Reference Data for Radio Engineers*, 4.ª edição, International Telephone and Telegraph C°.

(4) *Space Communications*, por J. A. WEBB, Astronautical Sciences Review.

em que

0,54 — factor de iluminação admitido
C — velocidade de propagação
D — diâmetro da antena em pés (1 pé = = 30,48 cm).

Expressa em decibels,

$$G\,(\mathrm{dB}) = 20 \log f + 20 \log D - 53 \quad \text{(polegadas)}$$

O ganho da antena pode também exprimir-se em função da abertura do feixe θ (em graus):

$$G = \frac{27\,000}{\theta^2} \qquad (3)$$

As equações (1), (2) e (3) permitem formular as seguintes conclusões:

1 — Se uma antena omnidireccional, de ganho constante, é utilizada sobre um satélite em correlação com uma antena terrestre de diâmetro fixo, o ganho é independente da frequência.
2 — Se se regula o ganho da antena do satélite de forma a cobrir uma certa zona terrestre, a largura do feixe da antena diminuirá na razão inversa da altitude do satélite. Resulta que o ganho será independente da altitude.

Estas duas conclusões são importantes, porque traduzem limitações que são normalmente impostas aos sistemas de comunicação por satélites.

Isto não significa que a frequência de funcionamento e a altitude do satélite não tenha importância. De facto, numerosos estudos foram feitos com o fim de determinar uma frequência óptima para as comunicações espaciais. Os factores que entram em jogo são muito numerosos para que nos seja possível estudá-los aqui em pormenor; limitar-nos-emos a indicar que o nível de ruído mínimo corresponde às frequências compreendidas entre 1000 e 4000 MHz. É a razão principal por que a maior parte dos especialistas são favoráveis à utilização desta banda de frequências para as futuras comunicações espaciais através da atmosfera terrestre.

Os primeiros satélites americanos emitiam em frequências vizinhas de 108 MHz. A sonda espacial lançada pelos E. U. A. em direcção a Venus emitia em 400 MHz aproximadamente. Os primeiros satélites lançados pelos russos emitiam em 20 MHz e 40 MHz mas os seus posteriores satélites e os seus foguetões espaciais foram equipados com emissores funcionando em frequências que atingiam de 100 a 300 MHz. Alguns dos últimos satélites e certos foguetões espaciais lançados pelos E. U. A. emitiam em 960 MHz.

Nos E. U. A. a NASA* decidiu reservar as seguintes bandas de frequência para as futuras comunicações espaciais:

a) 1700 a 1725 MHz
b) 1825 a 1850 MHz
c) 2275 a 2300 MHz

O feixe emitido pela antena do satélite deve ter uma abertura tal que *iluminе* exactamente um disco de dimensões iguais às dimensões aparentes da Terra para as altitudes correspondentes. É assim que para uma altitude da ordem dos 36 000 km, que é a de um satélite com período de revolução de 24 horas, a abertura do feixe deve ser cerca de 18° e, para a distância Lua-Terra da ordem dos 380 000 km, de cerca de 3°.

A equação (3) permite calcular o ganho de antena correspondente. A primeira antena (18°) tem um ganho de 83 (19 dB) e a segunda (2°) um ganho da ordem dos 6300 (aproximadamente 38 dB).

A equação (2) permite calcular fàcilmente as dimensões da antena que fornecerá esses ganhos. Para uma frequência de 2300 MHz os diâmetros de antena necessários são da ordem de 60 cm e de 7,5 cm respectivamente para altitudes de 36 000 km e de 380 000 km.

A fig. 11 representa as variações da potência necessária à saída do emissor do satélite em função da largura da banda, na hipótese de que a largura de feixe da antena do satélite seja justamente suficiente para *iluminar* o contorno aparente da Terra e em que o receptor do solo exige uma relação sinal/ /ruído de 20 dB, quando funcione à temperatura de 300° K. As duas curvas de potências indicadas nesta figura correspondem respectivamente a antenas parabólicas terrestres de 3 m e de 9,6 m de diâmetro.

É conveniente observar que as hipóteses da fig. 11 são muito prudentes. Foi propositadamente que se admitiram assim com o fim de mostrar que, mesmo com um sistema de recepção no solo de qualidade mediocre e uma fraca potência à saída do emissor do satélite, é possível ter uma largura suficiente de banda.

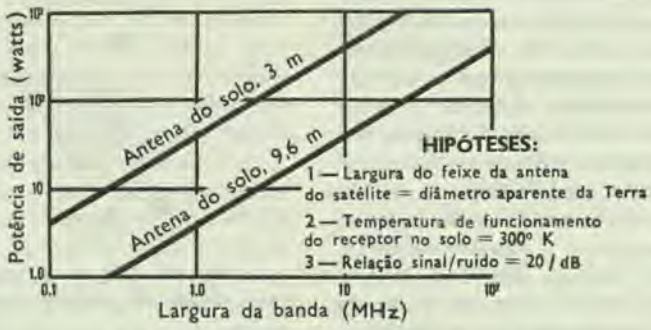

Fig. 11 — Potência de saída do emissor de um satélite em função da largura da banda

Conclusão

Descreveram-se ràpidamente muitos tipos de sistemas de satélites de telecomunicação. Estes satélites repartem-se em três categorias principais:

satélites de reflector passivos
satélites de memória, e
satélites activos de retransmissão instantânea.

Se bem que os satélites de reflector passivos apresentem um certo interesse, é verosímil que serão pouco utilizados, salvo durante o período que preceda a entrada em serviço de sistemas aperfeiçoados. Os satélites de memória têm o seu lugar bem marcado na evolução das coisas se bem que as suas possibilidades de utilização sejam um tanto restritas pelo facto:

a) das dificuldades de pôr em memória os dados
b) das dificuldades de gravação (registo) e de restituição
c) dos tempos de transmissão excessivos.

No caso dos satélites de memória ou no dos sistemas de satélites polares, colocados em órbitas pouco elevadas, é necessário poder cobrir as duas regiões polares.

O satélite activo de retransmissão instantânea dá a solução quase perfeita ao problema das comunicações mundiais. Tem possibilidades pràticamente ilimitadas no que se refere à largura de banda e pode contentar-se com um emissor de potência limitada.

Entre os satélites activos de retransmissão instantânea, têm um interesse especial o satélite equatorial com período de revolução de 24 horas, os satélites sextis ou troianos do sistema Terra-Lua, e os satélites com órbita polar gravitando a grande altitude.

JOSEPH A. WEBB
Lockheed Aircraft Corporation

* National Aeronautics and Space Administration.