

LA NATURE



SIGNALISATION INTERPLANETAIRE

N° 2944. — 1^{er} Janvier 1935.

Paraît le 1^{er} et le 15 de chaque mois.

Prix du Numéro : 4 francs
pour la vente en France.

LA NATURE

REVUE DES
ET DE LEURS
A L'ART ET A



SCIENCES
APPLICATIONS
L'INDUSTRIE

SOIXANTE-TROISIÈME ANNÉE
1935 - PREMIER SEMESTRE

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
PARIS, 120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

== SIGNALISATION INTERPLANÉTAIRE ==

Le désir de savoir si les astres voisins sont habités par des êtres vivants inspira aux hommes l'idée d'entrer en communication avec eux par voie de signalisation. Aussi était-on à l'affût de tout signe pouvant parvenir des astres.

Au début du XVIII^e siècle, Derham, en Angleterre, observa des taches lumineuses sur la partie obscure de

Vénus. L'opinion publique s'inquiéta de ces lumières mystérieuses. Ces apparitions se répétaient tous les demi-siècles environ. En 1759 c'est Meyer qui en fut témoin; en 1806 Harding en Allemagne; au milieu du XIX^e siècle l'astronome muniçois, Gruithuisen. Celui-ci répandit l'idée que ces lumières provenaient d'illuminations allumées par les habitants de Vénus pour fêter, chaque demi-siècle, quelque grand événement. A la fin du XIX^e siècle, Antoniadi

et d'autres astronomes affirmèrent avoir aperçu sur Mars, à plusieurs reprises, des points lumineux de durée variable.

Au seuil de notre siècle, Tesla apporta d'autres hypothèses. Le savant inventeur américain faisait alors des expériences sur la T. S. F. dans un laboratoire situé assez haut au-dessus du niveau de la mer. Il observa des ondes électriques de provenance mystérieuse. Ne pouvant trouver de cause terrestre à ces phénomènes, il supposa que c'étaient des messages des habitants d'autres planètes.

Mais tous ces beaux rêves des révélateurs de signaux mystérieux s'effondrèrent bien vite devant des observations plus précises. Les « Villes Lumières » de l'étoile du berger n'étaient que des aurores boréales, ou australes, encore plus fortes sur Vénus à cause de sa proximité du Soleil et dont on constata le synchronisme avec les aurores terrestres. Campbell trouva la cause naturelle des

« signaux envoyés par les Martiens »; Stoermer et d'autres, l'explication des ondes mystérieuses de la T. S. F.

Nous n'imaginerions guère d'arguments pour contredire ceux qui affirment que des signaux nous étaient envoyés de Mars bien avant que nous sachions observer le ciel et que ces messages sont passés inaperçus de nos ancêtres, encore sans culture. Mais ces hypothèses n'ont pas d'appui scientifique.

A l'heure actuelle, il est peu probable qu'on nous envoie des signaux auxquels nous resterions sourds. L'étude astrophysique des corps du système solaire nous laisse très peu d'espoir d'y trouver des êtres organiques à un haut degré de développement.

Pour l'étude de la signalisation interplanétaire, supposons pourtant ces astres peuplés d'êtres vivants aussi intelligents que nous, disposant d'une technique comparable à la nôtre, et

examinons les possibilités de communication à distance.

L'inexistence éventuelle de destinataires n'amoinerait en rien l'importance de la question. Car nous pensons que le plus grand intérêt de la signalisation interplanétaire réside dans les possibilités qu'elle présente pour une liaison constante, soit entre des cosmonautes et leur patrie, la Terre, soit entre des cosmonautes eux-mêmes dispersés dans l'espace.

La liaison peut se faire directement par des rayons lumineux, solaires, réfléchis, ou artificiels, ainsi que par la T. S. F.

Le premier moyen de communication exige de fortes sources de lumière et, éventuellement aussi, des télescopes assez puissants pour aller à la rencontre des rayons messagers; le second, des appareils émetteurs et récepteurs très puissants.

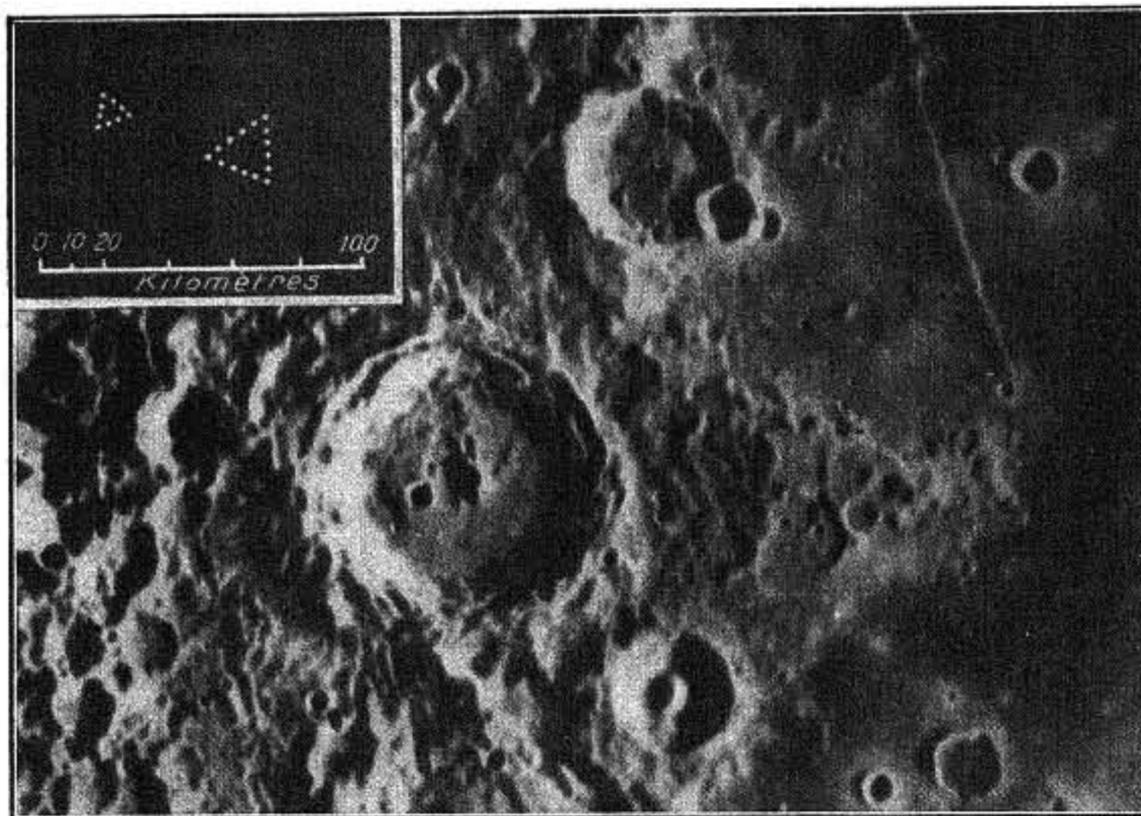


Fig. 1. — Image comparative de la grandeur apparente des détails tels que nous pouvons les apercevoir sur la Lune et (en cartouche) des dimensions qu'il suffirait de donner sur la Terre à des figures géométriques lumineuses, par exemple, pour être bien aperçues dans les mêmes conditions.

I. — SOLUTIONS ENVISAGÉES

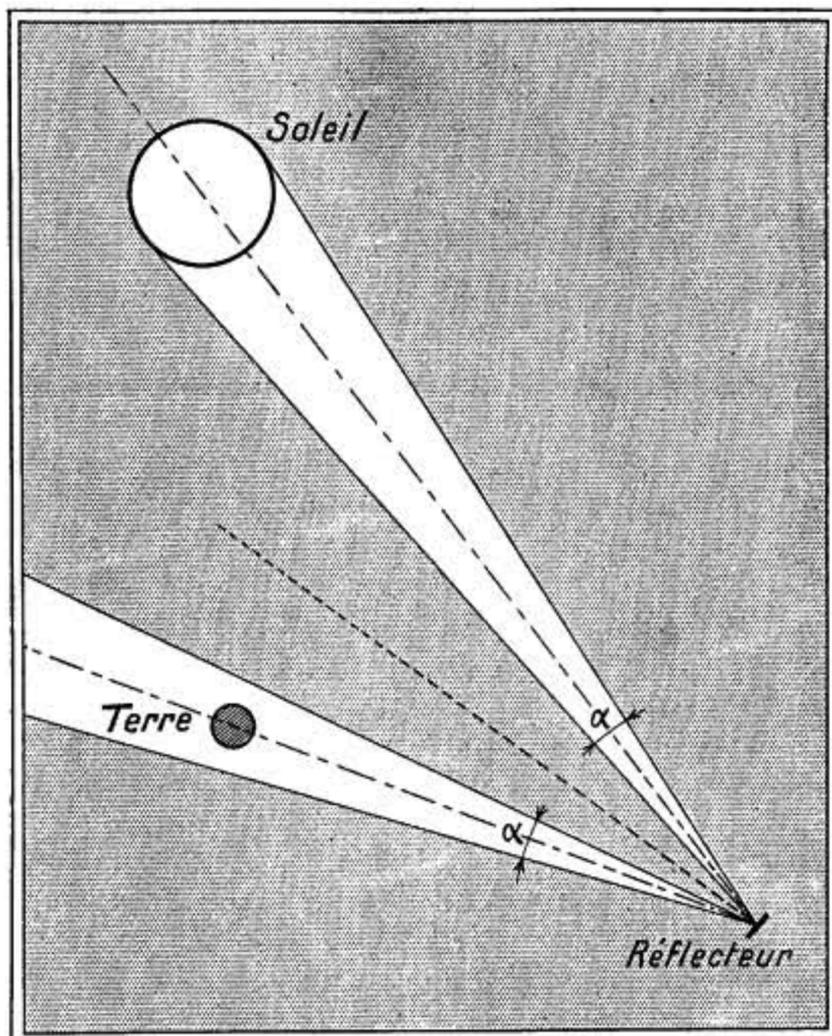
Les hommes ne se sont pas contentés d'attendre passivement les signes de vie provenant d'autres mondes, ils ont également cherché à envoyer eux-mêmes des messages aux habitants présumés des astres avoisinants.

a. **Signalisation lumineuse.** — Fixer un langage universel qui serait compris par un être intelligent n'ayant jamais eu de contact avec la culture terrestre, voilà une des questions primordiales de la signalisation destinée aux habitants d'autres mondes. Le moyen d'expression par figures s'impose. Ces figures doivent encore avoir des particularités telles que les destinataires ne puissent avoir de doute qu'il s'agit d'un phénomène artificiel causé par une volonté intelligente.

Le grand mathématicien Charles-Frédéric Gauss émit vers 1820, le premier, l'idée d'utiliser des tracés de théorèmes géométriques comme messages à nos « frères » dans l'univers. Le théorème de Pythagore conviendrait bien par sa simplicité. Pour la transmission de cette gigantesque figure géométrique, Gauss, croyant à l'existence des Sélénites, proposa le moyen suivant : on la tracerait à l'aide de forêts sombres sur fond de champs de blé.

Outre cette télégraphie « statique », il prévoyait également une télégraphie « dynamique ». Il proposa notamment la transmission de chiffres au moyen de miroirs réfléchissant les rayons solaires par intermittence. Il estimait que si l'on choisissait un moment opportun où les habitants de la Lune observeraient certainement

Fig. 2. — Faisceau lumineux provenant des différents points de la surface solaire et réfléchis par un miroir sur la terre.



notre globe à cause d'un événement astronomique lié à la Terre, un certain nombre de réflecteurs manœuvrés chacun par un homme suffiraient. Il est évident qu'il faudrait en outre choisir un temps très beau.

Gauss croyait fermement à la réalisation de ses idées dans l'avenir.

Vers le milieu du dernier siècle, au début de l'électro-technique, l'astronome viennois C. L. Littrow pensa à utiliser l'électricité pour le tracé lumineux des figures géométriques qui serviraient de signaux. Il proposa de transmettre des figures géométriques équilatérales, en commençant par un triangle et en finissant par un cercle. Les dimensions devraient atteindre des dizaines de kilomètres pour un message aux Sélénites et des centaines de kilomètres pour des signaux destinés aux télescopes des Martiens. Ces projets n'eurent pas de suite.

* * *

Dans le cas où nous aurions la preuve d'être compris, il ne faudrait plus nous borner aux messages mathématiques. Toutes les choses vues peuvent être transmises par figures et même tout le savoir humain se laisse traduire en images.

La transmission des pensées par *points* lumineux ou par T.S.F. est beaucoup plus facile à réaliser du point de vue technique.

Charles Cros, savant et poète à la fois, publia à ce sujet en 1869 une étude intéressante. Il plaida la cause de la signalisation interplanétaire par projecteurs : « L'étrangeté de ce projet n'est qu'apparente, car les éléments en sont absolument scientifiques. »

Cros indiqua la possibilité d'employer différentes couleurs de lumière, la lumière polarisée suivant différents angles, ainsi que des rayons lumineux traversant des vapeurs de différents éléments ; l'analyse spectrale permettrait aux destinataires d'établir le caractère de ces rayons. Afin de souligner l'origine artificielle de ces signaux, il préconisa de les émettre par intermittence et de les répéter souvent. Les mathématiques étant universelles, il serait logique de commencer par l'arithmétique. On peut, par exemple, compter jusqu'à un certain chiffre, puis répéter l'opération dans le même sens ou dans le sens inverse. On peut même établir une loi de numération (pas nécessairement décimale, vu la complication), ainsi que des signaux conventionnels pour les quatre opérations fondamentales et autres.

Certaines suites de chiffres pourraient suggérer les propriétés des figures géométriques. Hans Dominik, par exemple, propose de transmettre les chiffres 3, 4, 5, représentant les longueurs respectives des côtés d'un rectangle. Si les êtres hors-terrestres sont assez intelligents, ils devineront qu'il s'agit du théorème de Pythagore, puisque $3^2 + 4^2 = 5^2$, et nous répondrons par des chiffres 5, 12, 13 représentant le triangle pythagoréen suivant, dont les côtés sont commensurables. Il considère que cette suite de chiffres peut servir de moyen pour établir différents signes conventionnels. Les durées d'intervalles entre les signaux doivent être convenablement proportionnées.

Mais comment transmettre une image à l'aide d'une

suite de chiffres ? C'est un procédé couramment employé en tissage et broderie : le dessin en points.

Cros eut le premier l'idée de l'appliquer à la signalisation interplanétaire. C'est d'ailleurs la même méthode qui est aujourd'hui employée dans la téléphotographie et consiste dans la transmission de l'image point par point.

C. E. Ziolkowski propose ensuite, en 1896, d'appliquer aux mêmes fins les principes de la géométrie analytique. Il eut en outre l'idée de faire varier la durée des éclairs, ce qui permettrait de transmettre même des nombres fractionnaires.

M. Charles Kuepper, préoccupé par la question du contenu des messages, nous a dotés d'un code perfectionné d'échange télégraphique de pensée avec les Martiens. Reste la difficulté de faire comprendre à distance la méthode employée...

Afin de transmettre à Mars en opposition des signaux empruntant de l'énergie lumineuse au Soleil, M. Vinot proposa à la fin du siècle dernier de se servir de la partie non éclairée de la Lune, comme de miroir pour refléter sur Mars un faisceau lumineux très intense.

M. A. Mercier, convaincu de l'existence des Martiens, tâche ensuite (1899) de trouver les ressources nécessaires à la réalisation d'une communication lumineuse avec eux, par la voie d'une souscription. Son « étude scientifique » du problème est pourtant trop plaisante pour être prise au sérieux.

Le P^r Goddard préconise l'emploi de la poudre comme moyen de signalisation cosmique.

Signalons une idée intéressante de signalisation par éclairs produits par l'explosion d'une poudre. Pour que leur intensité ne soit pas affaiblie par les couches denses de l'atmosphère, la poudre serait emmagasinée dans des ballons captifs auxquels le feu serait mis simultanément par la manœuvre d'un contact placé sur terre et déclenchant une étincelle électrique.

Après la grande guerre, l'astronome Pickering, de la Jamaïque, a soulevé le problème de signalisation par réflecteurs.

En 1933, M. Harry Price aurait entrepris la construction du plus puissant projecteur, en vue d'entrer en relation avec les Martiens.

b. Signalisation radio-électrique. — L'idée d'utiliser la T. S. F. pour la signalisation interplanétaire ne tarda pas à surgir après la publication des premiers travaux de Hertz sur les ondes électro-magnétiques. L'astronome américain Todd fut le premier à la suggérer vers la fin du siècle écoulé. Le projet de Tesla de transmettre des signaux aux planètes (1900-1901) n'a pas abouti.

En 1920, Marconi entreprit une expédition en Méditerranée pour recevoir des messages présumés d'autres mondes. Il installa en outre une station réceptrice ultrasensible dans les Andes, pour attendre des messages de Mars, lors de son opposition. Le résultat fut négatif. Marconi ne s'est pourtant pas découragé et, pendant

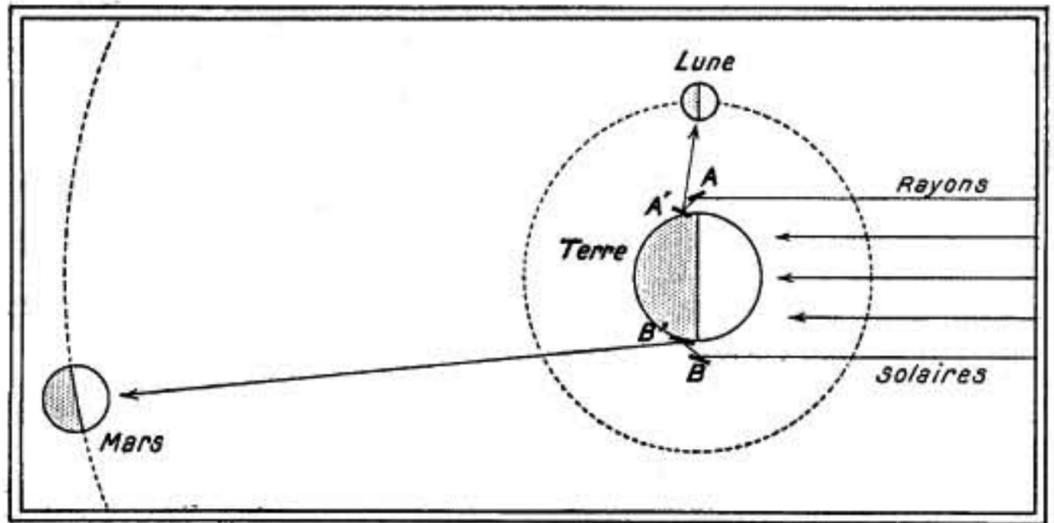


Fig. 3. — Pour qu'un miroir soit vu comme un point lumineux sur la partie non éclairée de la Terre, il doit réfléchir un faisceau envoyé vers lui par un deuxième miroir situé à la limite d'éclaircissement et recevant directement les rayons solaires. Cette combinaison, appliquée à la Lune (dont la distance reste pratiquement la même quelle que soit sa position aux différents points de son orbite), permettrait de lui envoyer un signal dans la disposition AA' grâce à quoi le point lumineux se verrait nettement écarté de la limite d'éclaircissement.

Pour Mars, vers l'opposition, les miroirs seraient presque parallèles BB' à la direction des rayons solaires, et la perspective amènerait le point lumineux à se confondre presque avec la limite d'éclaircissement.

l'opposition de Mars en 1924, la plus favorable de toutes celles des XIX^e et XX^e siècles, un récepteur à 24 lampes installé par la Compagnie Marconi, attendit les signes mystérieux. Mais les Martiens n'ont pas daigné nous honorer d'un télégramme. Marconi n'a pas abandonné le projet d'un poste de T. S. F. qui nous relierait aux planètes.

Mentionnons le D^r M. Robinson (Londres 1926) et l'ingénieur J. Sedler (Amérique) qui essayèrent de faire croire qu'ils étaient en communication par T. S. F. avec Mars.

*
* *

Nous ne pouvons évidemment pas prendre en considération les « expériences » télépathiques, même lorsqu'elles sont faites par des savants qualifiés comme ce fut le cas du P^r Th. Flournoy de l'Université de Genève (1900).

En résumé, bien que l'histoire de la théorie de la signalisation interplanétaire soit déjà assez riche, les bases scientifiques de la technique de transmission des signaux n'ont pas encore été posées.

II. — COMMENT LE PROBLÈME PEUT ÊTRE POSÉ

a. Signalisation lumineuse. — La rétine perçoit les images lumineuses. Elle est formée par une couche de cônes et de bâtonnets nerveux, espacés d'environ 4 μ . Deux points lumineux ne peuvent être distingués que s'ils sont interceptés par deux bâtonnets. Il en résulte pour la distance moyenne du cristallin à la rétine la valeur du pouvoir séparateur de l'œil normal, établie encore par Foucault : une minute.

La partie la plus sensible de l'œil, la *fovea centralis*, est située presque dans son axe optique (5 à 7° au-dessus et vers le milieu).

L'énergie lumineuse incidente est proportionnelle à la surface de la pupille dont la grandeur est réglée par une cloison contractile, l'iris. Celle-ci présente néanmoins une certaine inertie au changement d'ouverture avec l'intensité de la lumière. Le diamètre moyen de la prunelle pour un œil normal dans l'obscurité est de 6,5 mm (diamètre maximum — 8,5 mm).

La vue est celui de nos sens qui possède le plus de sensibilité. Des travaux de H. Buisson, P. Drude et d'autres, il résulte qu'une bougie décimale est visible à 11 km comme étoile de 6^e magnitude. La couche d'air séparant l'œil de la source lumineuse est alors même plus importante que la masse de l'atmosphère au-dessus du sol.

Remarquons que H. D. Curtis, protégeant l'œil de

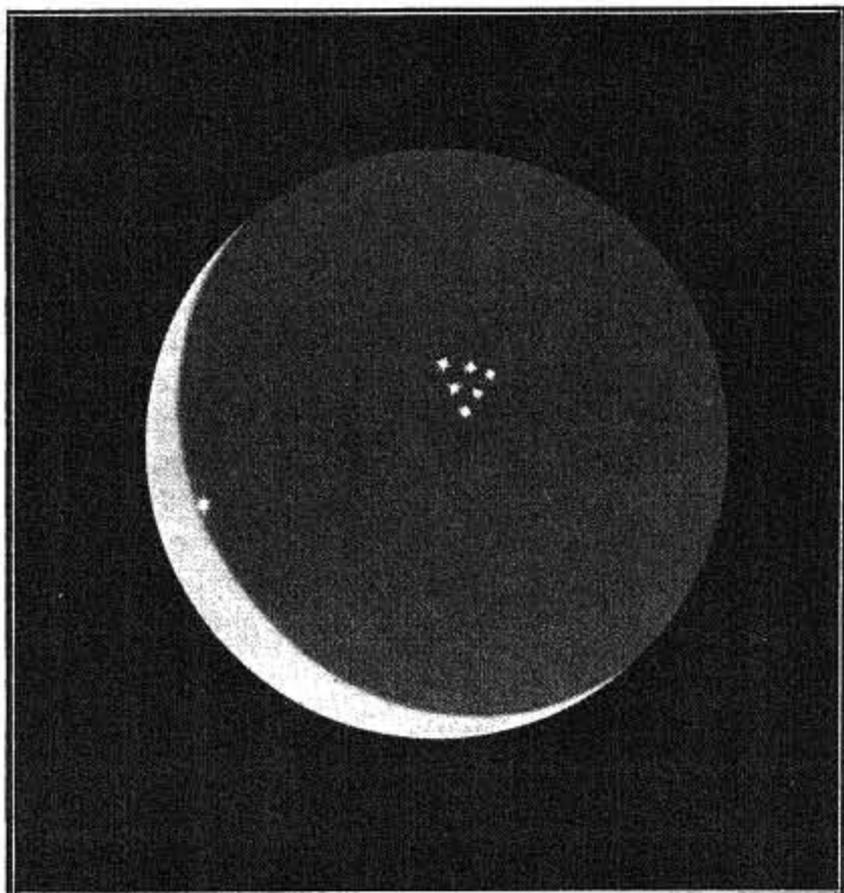


Fig. 4. — Signalisation lumineuse sur le côté non éclairé de la Terre.

Un miroir, grâce à une double réflexion des rayons solaires, se verrait seulement, dans la direction de Mars vers l'opposition, comme un point accolé à la limite de la phase d'éclaircissement. Des signaux électriques auraient au contraire l'avantage de se distribuer au mieux, en n'importe quel point du globe, c'est-à-dire dans les plus favorables conditions de visibilité.

l'éclat du ciel, est arrivé à déceler même les étoiles de magnitude 8,5. Nous adopterons cependant la valeur de Buisson, une étoile de 6^e magnitude pouvant facilement être aperçue par tout sujet.

Ainsi le nombre minimum de bougies décimales nécessaire pour qu'un signal transmis de l'espace puisse être aperçu de tout point sur Terre n'est-il, d'après l'éclaircissement exigé, que de 84 058.

Des miroirs réfléchissant la lumière solaire peuvent servir à la signalisation.

L'éclaircissement solaire à la surface terrestre a, d'après H. N. Russel, si l'on prend en considération l'absorption

de l'atmosphère pour le Soleil au zénith, la valeur de 0,82 bd/cm². Pour qu'un miroir de forme convenable, placé loin de la Terre — dans les limites définies par la suite — et réfléchissant la lumière solaire, fût perceptible de tout point sur notre globe, il suffirait donc que son diamètre atteignît 3 m 71.

Les rayons solaires ne peuvent pas être réfléchis rigoureusement dans une direction voulue. En ce qui concerne le poli du projecteur, il peut atteindre le degré de perfection nécessaire. Mais, tout point du miroir recevant les rayons provenant des différents points de la surface du Soleil, le faisceau de lumière réfléchi a la forme d'un cône, dont l'angle au sommet est égal à celui sous lequel on voit les bords extrêmes du Soleil (fig. 2).

Le miroir étant placé à la distance de la Lune, le rayon de base de ce cône lumineux passant par le centre terrestre, et par suite, la largeur de l'anneau éventuel de lumière dispersée sont tout au plus égaux à 1,28 fois le rayon de notre globe. Le diamètre du miroir, réfléchissant une quantité de lumière perceptible de tout point de ce cercle élargi, doit donc être agrandi dans cette proportion, soit $3\text{ m }71 \times 1,28 = 4\text{ m }75$.

Des télescopes peuvent évidemment rendre de grands services. Rappelons que la lentille du télescope réfracteur de l'observatoire de Yerkes est de 1 m de diamètre et que l'observatoire du Mont-Wilson dispose de deux télescopes, à miroirs de 2 m 54 et 5 m 08 de diamètre (le premier installé en 1908, le deuxième prochainement; constructeur: Ritchey). Si, pour ce dernier instrument, nous adoptons comme rapport de l'énergie lumineuse reçue à celle qu'il transmet le nombre 0,9, l'intensité de l'éclairage perçu est d'environ 700^e fois supérieure à celle que reçoit l'œil nu.

Ainsi un faisceau de rayons solaires de section inférieure à 1 cm² (!), judicieusement réfléchi vers la Terre, pourrait être perçu par ce télescope.

A partir d'une distance de notre globe égale à la hauteur du cône formé par son ombre complète, soit de 1 383 500 km, toute la Terre peut se trouver dans le faisceau de rayons solaires réfléchis par un miroir plan. Cette distance diminue avec l'angle formé par les droites miroir-Terre et Terre-Soleil, et passe par un minimum de 1 358 600 km lorsque celui-ci tend vers zéro.

Nous supposons que la lumière réfléchie est uniformément répartie sur la section du cône perpendiculaire à son axe.

L'hémisphère terrestre recevant le rayonnement de signalisation trouvera l'intensité d'éclairage maximum dans son milieu et l'intensité minima sur ses bords. Il est pourtant évident que l'observateur placé en un point quelconque sur Terre percevra l'éclairage d'intensité maxima dès qu'il dirigera son regard vers le signal émis.

Le calcul montre qu'avec le grand télescope Ritchey, un miroir de 30 cm (!) de diamètre peut être aperçu de la Terre, lorsque la cosmonef signalisant est en opposition avec l'orbite de Mars.

Quand l'angle moyen d'incidence des rayons solaires sur le miroir se rapproche de 90°, le diamètre du miroir qui doit intercepter un certain faisceau de rayons solaires augmente démesurément. Il est alors préférable d'em-

ployer un jeu de deux miroirs qui permettent de viser le but, tout en conservant l'angle cité assez petit.

Si l'axe du miroir était tout simplement dirigé du bord

du cosmonef vers la Terre même avec toute l'exactitude possible, il est peu probable que la Terre se trouverait réellement dans son faisceau. Il serait alors intéressant de

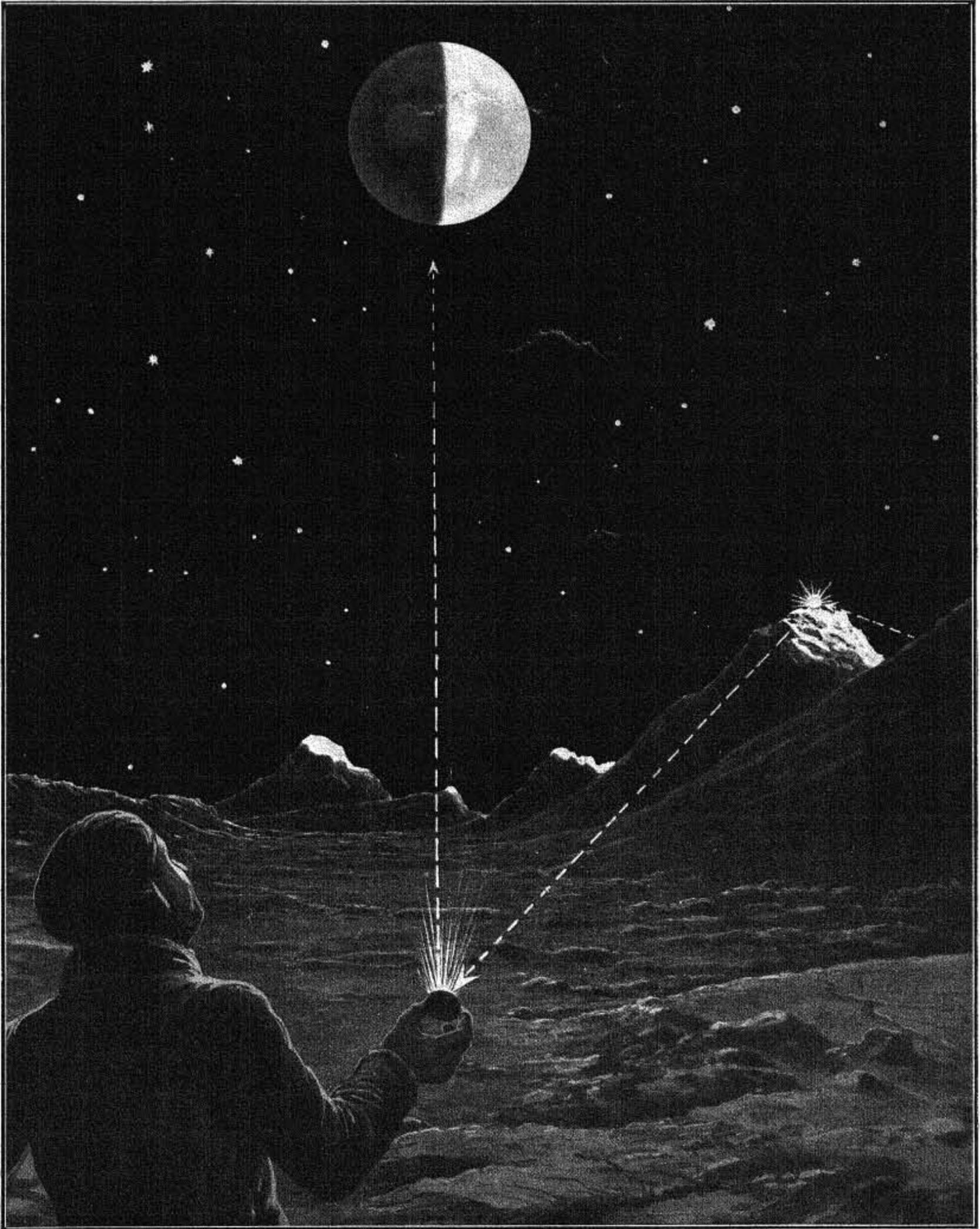


Fig. 5. — Un homme placé dans une région non éclairée de la Lune pourrait, grâce à un jeu de miroirs permettant d'utiliser les rayons du Soleil à l'horizon, envoyer à l'aide d'un simple miroir de poche des éclairs visibles de la Terre.

faire balayer le faisceau lumineux dans tout l'espace du cône où le point de réception doit nécessairement se trouver.

Supposons que le demi-angle au sommet de ce cône soit égal à 1° ; et qu'en outre le balayage se fasse par anneaux concentriques se recouvrant partiellement afin de ne pas manquer le but visé; supposons que le rapport de la largeur de l'anneau non recouvert à la largeur totale de l'anneau soit égal à 0,87. La durée totale du balayage serait alors pour l'orbite de Mars de 0,16 sec. en tout, pour celle de Pluton de 102 sec. (C'est assez long, mais n'oublions pas qu'un message de Pluton ne nous parvient qu'au bout de 5 heures.)

Il faut prendre en considération que l'œil garde l'impression lumineuse pendant $1/16$ de sec. environ après sa cessation.

Dans les régions assez rapprochées de la Terre, on peut, au lieu du système de balayage, se servir d'un miroir convexe fixe qui éclaire plus ou moins uniformément l'étendue d'un cône d'ouverture suffisante pour rencontrer la Terre, sans craindre d'arriver à des dimensions démesurées du réflecteur.

La direction principale de l'axe du miroir devra être maintenue en compensant l'effet des mouvements des corps entrant en jeu (Terre et cosmonef, par exemple).

Les mêmes difficultés que présente l'observation des planètes inférieures se produiront à la réception des signaux transmis d'un cosmonef situé du côté du Soleil.

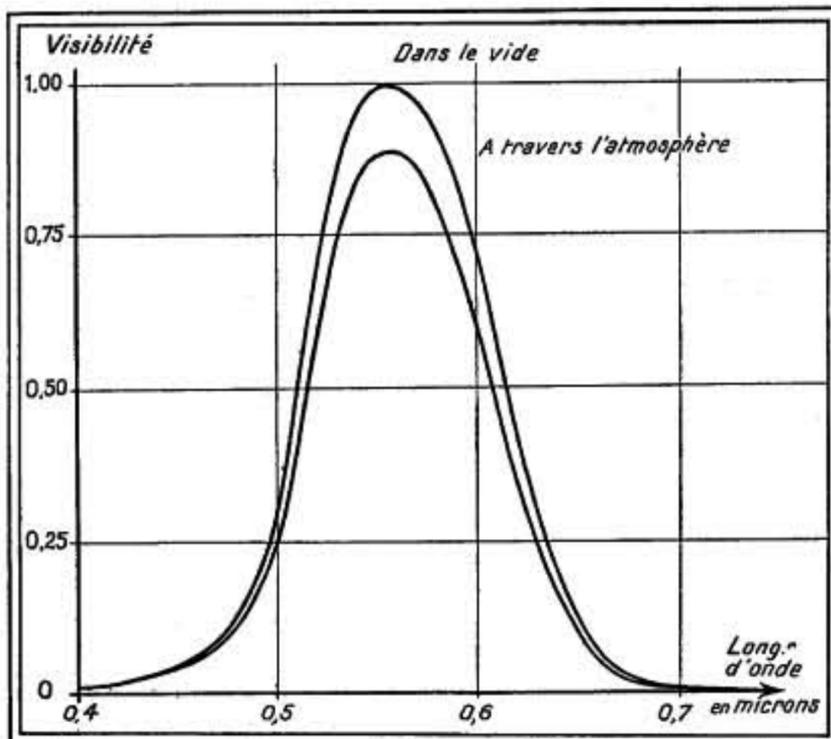
Une convention concernant le temps de l'émission des signaux faciliterait leur interception.

*
**

Avec toutes ces méthodes, on peut songer à combiner la signalisation par couleurs.

Dans ce cas, il faut encore prendre en considération certains facteurs. En général, la même quantité d'énergie

Fig. 6. — Valeurs de la visibilité en fonction de la longueur d'onde pour un œil moyen.



produit sur l'œil des sensations extrêmement différentes, selon la couleur du rayonnement. La figure 6 traduit les valeurs de Coblentz et d'Emerson de la visibilité pour un œil moyen, en fonction de la longueur d'onde (Cf. tableau ci-dessous). Elles concernent les intensités de rayonnement minima perceptibles qui nous intéressent. Pour des intensités plus fortes, la courbe aurait un aspect différent. Ainsi savons-nous qu'un rayonnement bleu paraît à l'œil tantôt plus intense, tantôt moins intense qu'un rayonnement rouge de même intensité absolue, suivant que celle-ci est faible ou forte (phénomène de Purkinje).

Longueur d'onde en micron.	Visibilité moyenne dans le vide en pour 100.	Visibilité moyenne à travers l'atmosphère en pour 100.
0,40	1,0	0,7
0,42	2,4	1,8
0,44	3,3	2,6
0,46	5,6	4,6
0,48	12,5	10,6
0,50	31,6	27,3
0,52	71,0	62,1
0,54	95,4	84,2
0,556	100,0	88,5
0,566	99,8	88,3
0,58	89,8	79,7
0,60	68,7	61,1
0,62	42,7	38,4
0,64	19,4	17,7
0,66	6,45	5,94
0,68	1,78	1,66
0,70	0,40	0,38

Il faut encore tenir compte du fait que l'absorption de la lumière par l'air varie suivant la couleur. Il en résulte que la visibilité moyenne à travers l'atmosphère, la seule qui nous intéresse du point de vue de la signalisation par couleurs, s'exprime par une série de valeurs bien différentes (fig. 6). Nous l'avons établi en nous basant sur les mesures de l'absorption de l'atmosphère effectuées par Abbot, Fowle et Aldrich (fig. 7).

Nous voyons que les couleurs violettes (0,400-0,420 μ), indigo (0,436 μ env.), bleu-vert (0,486 μ env.) d'un côté, et les différents couleurs rouges (à partir de 0,638 μ) de l'autre, sont très dispendieuses pour la signalisation. En plus, les verres rouges absorbent presque 80 pour 100 du flux total et les verts 90 pour 100 environ. Il faut donc abandonner les projets de signalisation par couleurs.

*
**

La méthode de calcul de l'émission des signaux de la Terre vers le cosmonef est la même que celle qui vient d'être exposée.

Un réflecteur plan de 1 m, 19 de diamètre peut ainsi être aperçu à l'œil nu de l'orbite de la Lune. Pour transmettre des signaux aux cosmonefs allant aux planètes,

les réflecteurs devraient pourtant être de grandeurs irréalisables si l'on n'emmenait pas de lunettes astronomiques.

Avec les valeurs adoptées plus haut, la durée de l'émission d'un signal n'est que de 0,12 sec.

Il est évident que les réflecteurs ne peuvent pas être placés en plein jour. Les signaux passeraient ainsi inaperçus vu l'éblouissement causé par la partie éclairée de la Terre.

Au coucher, ou bien au lever du Soleil, on peut cependant à l'aide d'un double réflecteur envoyer des signaux vers les planètes supérieures, de façon que le point lumineux vu du cosmonef soit formé par un point isolé sur le bord non éclairé de la Terre. Le faisceau de signalisation ne peut dans ces conditions faire avec les rayons solaires qu'un angle de quelque 3° , même s'il est transmis d'une des plus hautes montagnes.

Sur Terre, la lumière artificielle est plus commode : une grande partie de la surface terrestre plongée dans la nuit peut alors servir de base de signalisation ; la direction des rayons émis peut être quelconque et l'envoi des signaux peut durer assez longtemps.

L'établissement d'un faisceau lumineux à petite ouverture du cône dans les projecteurs présente de grandes difficultés. Néanmoins les projecteurs géants de l'aviation de quelque 2 milliards de bougies décimales peuvent déjà être aperçus de la Lune à l'œil nu.

Remarquons que dans des lampes spéciales (tungstène à atmosphère gazeuse) on arrive pour des unités de 10 à 30 kw à produire 31 lumens par watt.

Généralement, une partie éclairée de la Terre sera visible du cosmonef. Un point brillant sur la surface de notre planète peut donc être visible comme source individuelle, d'après la valeur citée plus haut du pouvoir séparateur, jusqu'à une distance de 43 854 000 km. Le demi-grand axe de l'orbite lunaire étant plus de cent fois inférieur à cette longueur, l'émission des signaux vers un cosmonef dans son voisinage peut s'effectuer presque toute la nuit. Pour des distances supérieures il faudrait évidemment se servir des lunettes.

L'envoi de signaux au cosmonef peut aussi s'effectuer à l'aide d'un faisceau lumineux produisant un renforcement intermittent de l'éclat de la Terre. Il peut provenir des rayons solaires réfléchis ou d'une source artificielle. Il faudrait recourir alors à des appareils de réception spéciaux pour déceler les petites différences d'intensité de la lumière provenant de notre globe (photomètres par exemple).

Si la base de signalisation se trouvait au bord d'un satellite artificiel, on aurait plus de facilité à se servir des rayons solaires, et la source d'émission individuelle serait plus facilement distinguable.

La signalisation par figures constitue une complication très importante et tellement évidente que toute critique est superflue. (Rappelons que le pouvoir séparateur de l'œil est de 1 minute.)

b. Signalisation radio-électrique. — La supériorité de la signalisation par T.S.F. sur la signalisation lumineuse réside dans le fait qu'elle peut s'effectuer toujours, même par temps couvert.

Il est néanmoins évident qu'on ne peut pas songer à la

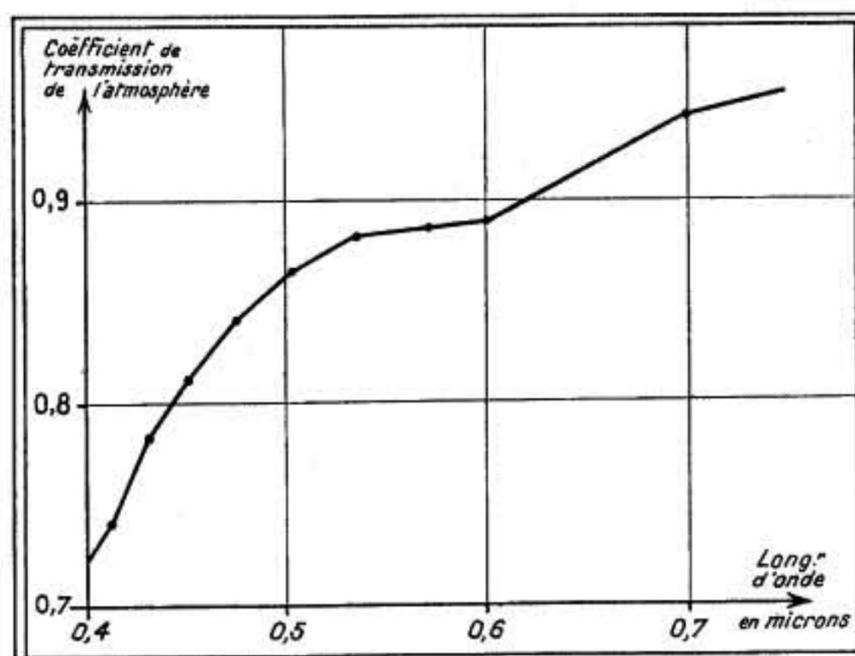


Fig. 7. — Coefficient de transmission de l'atmosphère pour les radiations lumineuses en fonction de la longueur d'onde.

transmission des ondes à des distances interaérales avant d'avoir résolu avec succès le problème des ondes dirigées.

En outre, les couches supérieures de l'atmosphère absorbent et réfléchissent plus ou moins les rayons électro-magnétiques de la T.S.F. Ainsi la couche de Heaviside qui est bonne conductrice de l'électricité constitue-t-elle un écran infranchissable pour les ondes dépassant 500 m. Des travaux de Meisner, il résulte que même les ondes de 150 à 45 m ne sauraient traverser l'atmosphère qu'en fraction tout à fait infime.

Les ondes hertziennes très courtes, de 5 à 0,1 m, ne sont pas réfléchies par les hautes couches stratosphériques. Malheureusement, on ne sait pas pour le moment produire de rayonnements d'ondes courtes assez puissants.

La couche de Heaviside change d'altitude suivant le moment du jour et de la saison. Les aurores boréales diminuent plus ou moins son efficacité. Elle subsiste néanmoins toujours.

Heureusement il existe, d'après le P^r C. Stoermer, des « trous » par lesquels les rayonnements électro-magnétiques peuvent fuir dans l'espace. Mais Stoermer soutient aussi qu'il y aurait encore d'autres couches réfléchissant les rayons électro-magnétiques. Elles seraient formées par des électrons, émis par le Soleil, qui grâce au magnétisme terrestre se seraient rassemblés autour de la Terre et d'autres planètes dans des couches situées à quelque 100 000 km d'altitude. Des ondes messagères qui seraient déjà parvenues à s'échapper par un de ces « trous » risqueraient de se heurter contre de nouveaux obstacles.

**

Somme toute, nos connaissances sur la propagation des signaux radioélectriques à travers l'atmosphère sont encore trop restreintes pour pouvoir envisager dès aujourd'hui ce système de signalisation interplanétaire.

ARY J. STERNFELD.
Prix international d'Astronautique.