

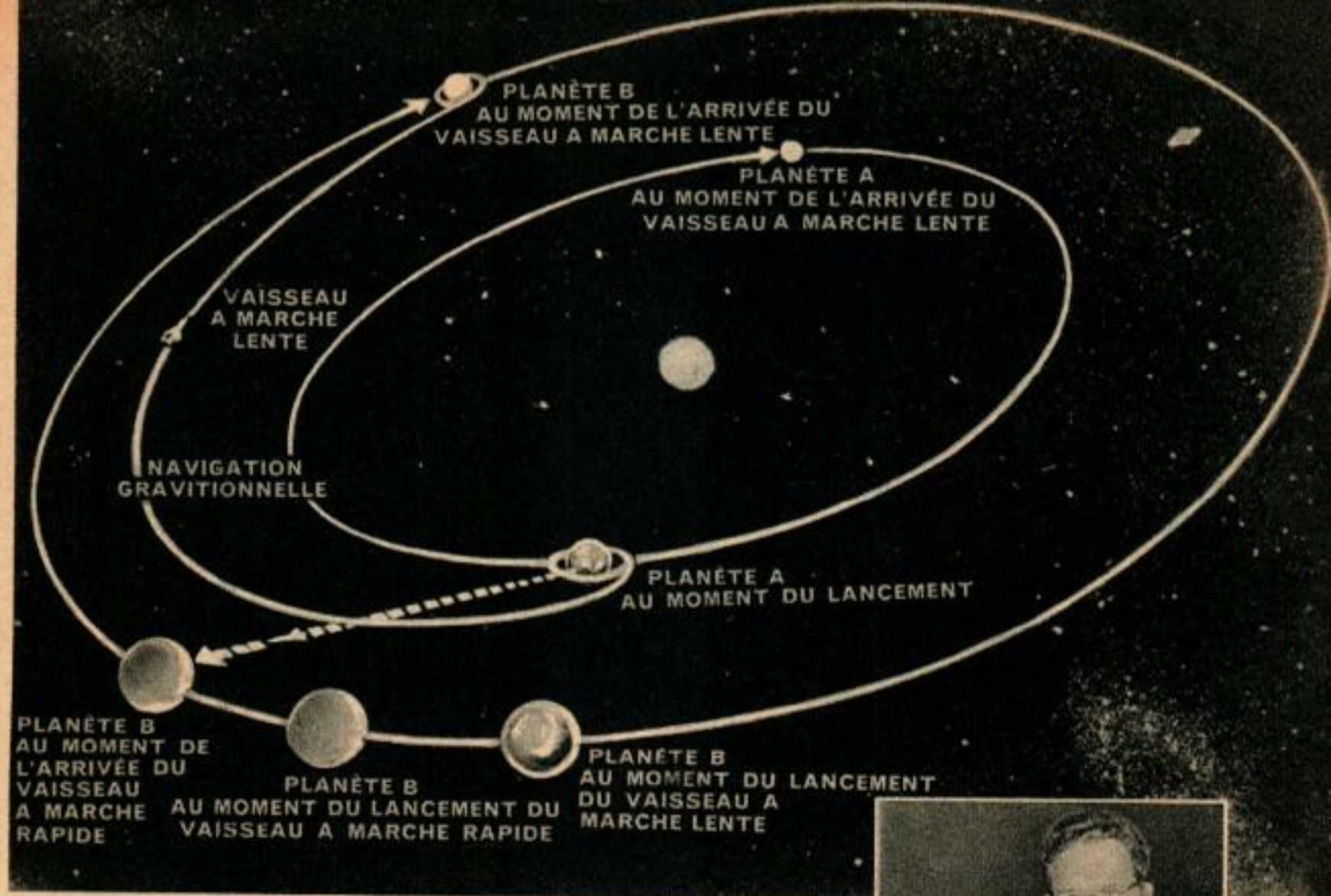


Figure 1 : Dessin montrant la différence entre la navigation interplanétaire lente et la navigation interplanétaire rapide.

COMMENT NOUS DIRIGERONS-NOUS dans l'espace ?

par le docteur Peter A. Castruccio.

En sa qualité d'ingénieur-conseil du téléguidage des projectiles et des communications interplanétaires de la compagnie Westinghouse, l'auteur de cet article a fait une étude très poussée des moyens de navigation que pourront utiliser les vaisseaux interplanétaires.



L'HOMME fera la conquête de l'espace. Il voyagera vers la lune et vers les autres planètes de notre système solaire.

Mais avant de réussir dans ce qui sera la plus spectaculaire entreprise humaine, il lui faudra d'abord résoudre deux grands problèmes. Je pense que nous pouvons raisonnablement estimer que ces deux problèmes seront résolus.

Le premier de ces problèmes est naturellement celui de la construction de moteurs assez puissants pour pousser l'homme dans l'immensité de l'espace et pour le ramener sur terre. Le voyage dans l'espace en lui-même ne demandera que relativement peu de force motrice. La plus grande partie de l'énergie doit être dépensée pour surmonter l'attraction gravitationnelle de la Terre, ainsi que celle de la Lune ou des autres corps célestes que l'homme aura l'audace d'aller explorer. Cette poussée initiale exige tellement de puissance que les moteurs d'aujourd'hui

d'aujourd'hui suffiraient à peine à la tâche. Et il ne resterait plus beaucoup de force pour le véritable voyage dans l'espace.

C'est pour cette raison que nous devons tirer le maximum des forces naturelles qui sont à notre disposition... et, fort heureusement, cette source de puissance est extrêmement importante. Nous pouvons, par exemple, utiliser ces forces par la méthode connue sous le nom de « navigation gravitationnelle ».

Imaginons pour un instant qu'un vaisseau interplanétaire voyage autour du Soleil à la même vitesse que celle de la Terre tournant autour du Soleil. Deux forces agissent sur ce vaisseau : l'attraction du Soleil et la force centrifuge créée par son propre mouvement. Ces deux forces sont exactement égales. L'appareil ne tombe pas sur le Soleil et ne s'écarte pas de celui-ci. Imaginons maintenant que nous ajoutons une faible poussée dans le sens de l'avancement de l'engin.

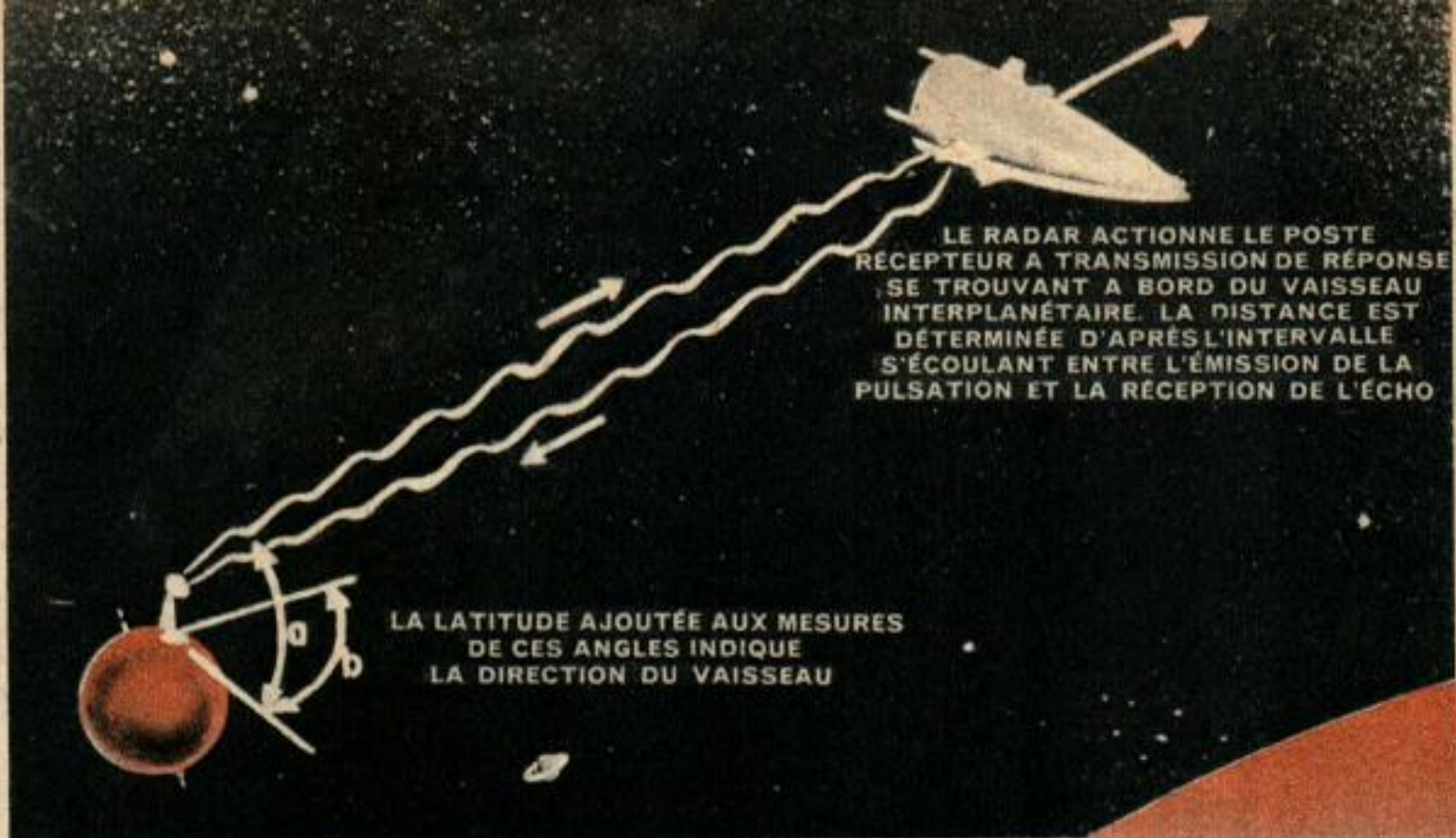


Figure 2 : Le minutage des signaux radar et de leurs échos déterminera l'itinéraire et l'autonomie du vaisseau interplanétaire.

Celui-ci accélère son mouvement. La force centrifuge augmente et devient plus importante que la force d'attraction du soleil. Ceci fait allonger l'orbite de l'appareil, lequel suit maintenant une ellipse ou cir-

cuit ovale à travers l'espace. Le secret de la navigation gravitationnelle consiste simplement à faire passer le point d'éloignement extrême de l'ellipse sur la planète que nous désirons atteindre.

Figure 3 : Le point peut être fait de l'intérieur de l'engin en mesurant les angles de trois étoiles de référence et du Soleil.



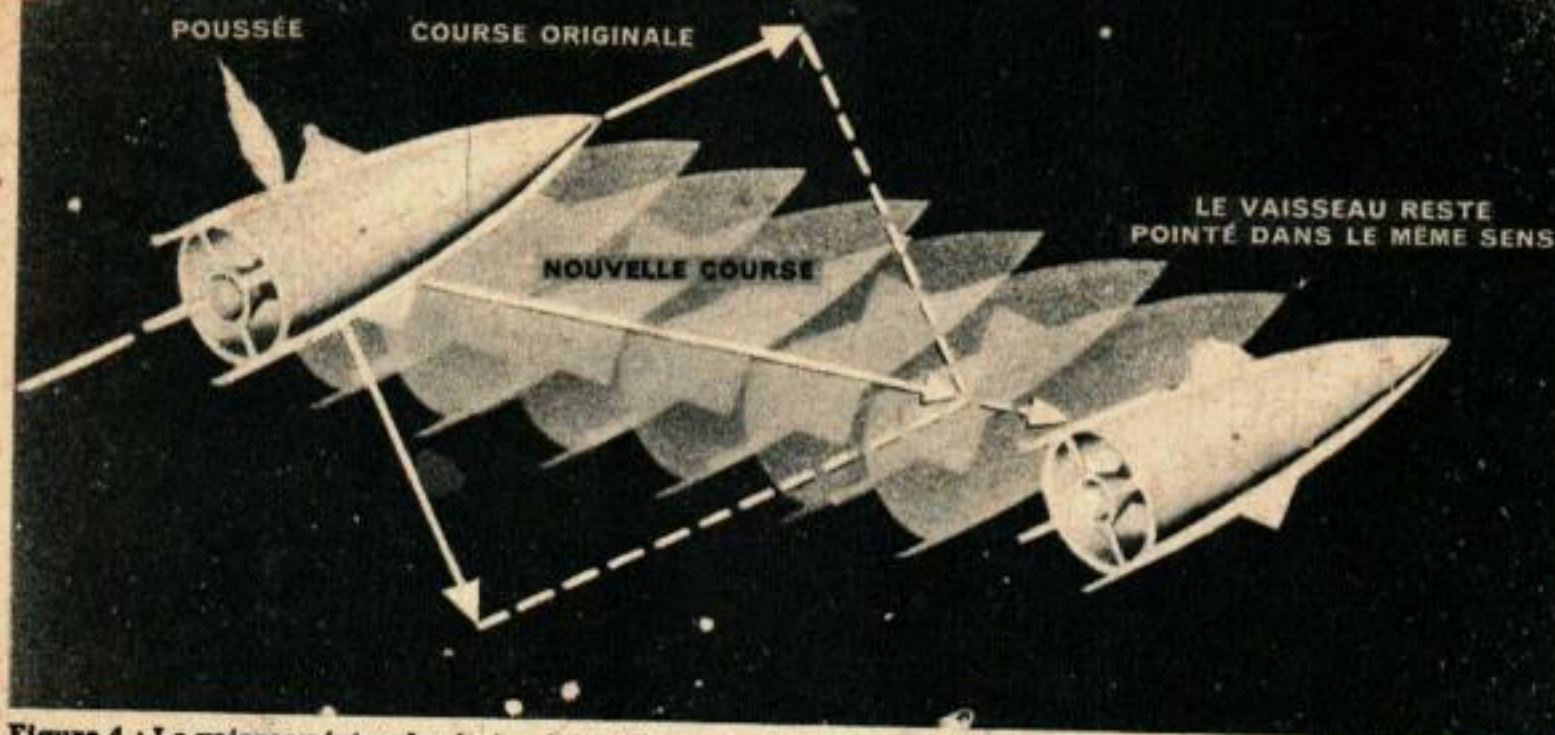


Figure 4 : Le vaisseau interplanétaire doit utiliser des fusées non seulement pour modifier le cours de son voyage comme le montre le dessin ci-dessus, mais encore pour faire varier son altitude.

Il est hors de doute que nous pourrions utiliser, et que nous utiliserons, ce système de navigation par gravité dans un proche avenir. Nous effectuerons le voyage en deux étapes. Le vaisseau échappera tout d'abord à l'attraction terrestre en acquérant une vitesse suffisante (quelque 29 000 km/h) pour se placer sur une orbite terrestre. Lorsqu'il sera ainsi devenu un satellite de la Terre, il se déplacera naturellement autour du Soleil à la même vitesse que celle-ci.

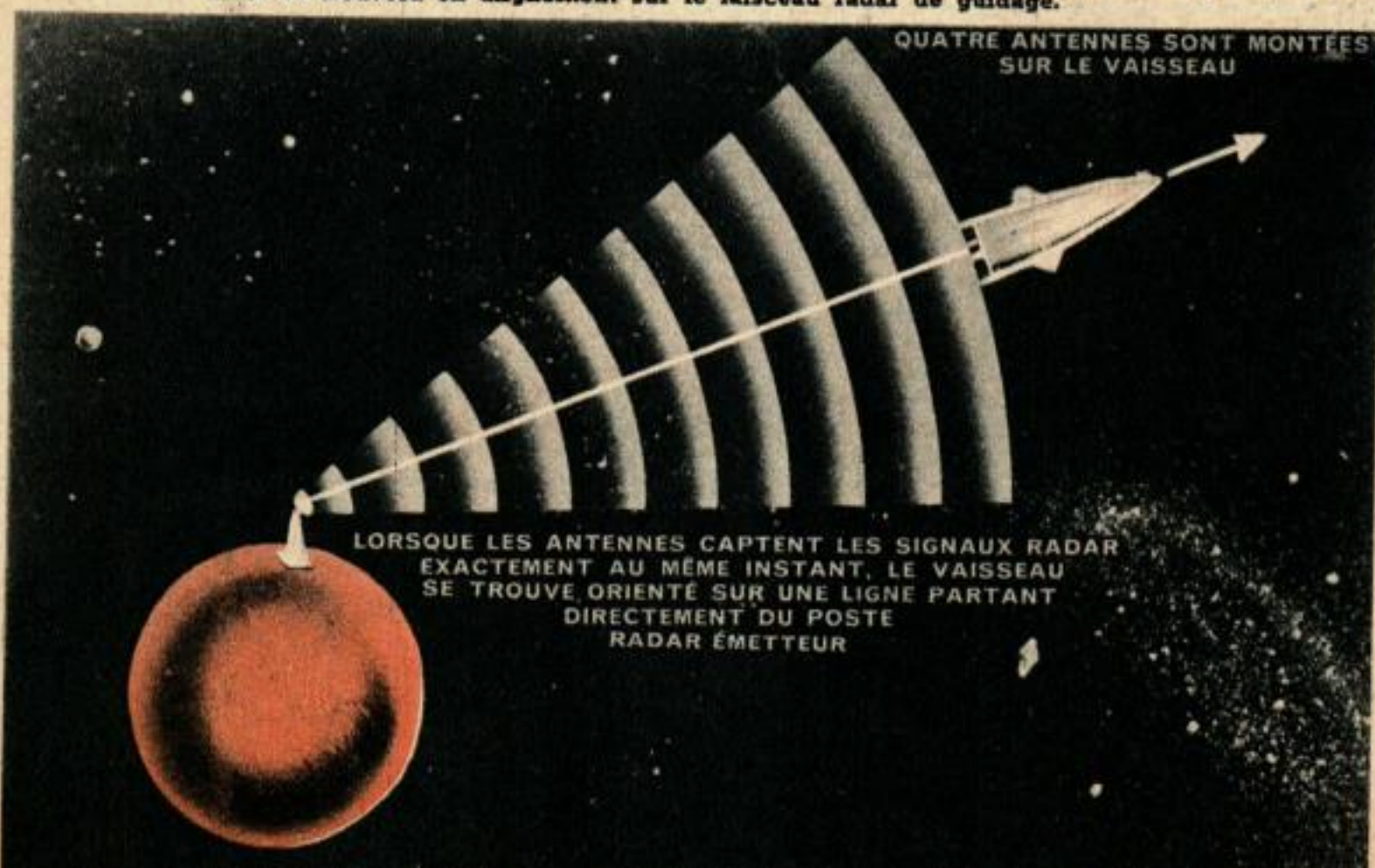
Nous lui donnons ensuite une poussée relativement légère dirigée dans un sens choisi avec précision pour le lancer sur une orbite elliptique autour du Soleil. Si cette poussée a été bien calculée, elle amènera le vaisseau vers l'une des planètes qui tournent également sur des orbites solaires. Nous pourrions de ce fait utiliser la vitesse solaire comme un « tremplin pour l'espace ».

De toute évidence, cette méthode demandera beaucoup de temps. La vitesse de voyage est limitée et nous devons attendre pendant des mois et peut-être même des années pour trouver les planètes à la position voulue pour permettre une navigation de ce genre. Nous nous trouvons un peu dans la même situation que les anciens capitaines de bateaux à voiles qui devaient attendre les marées favorables et dont la vitesse était limitée par la puissance du vent qui soufflait dans la voilure.

Mais, en même temps que les moteurs deviendront plus puissants, la vitesse des voyages dans l'espace augmentera graduellement. La navigation gravitationnelle finira éventuellement par être remplacée par la navigation sous poussée en ligne droite, ainsi que le montre la figure 1.

(Suite page 118)

Figure 5 : Lorsque les quatre antennes d'un vaisseau de l'espace capteront les signaux radar en phase, ce vaisseau se trouvera en alignement sur le faisceau radar de guidage.



l'établi DEXION



Ne plus risquer d'abîmer la table de la cuisine ou de la salle à manger ; aménager votre " coin de travail " de façon pratique et rationnelle... Vous en rêvez !... Ce rêve devient réalité grâce à l'établi DEXION dont les caractéristiques techniques ont fait l'objet d'une étude très minutieuse. L'établi DEXION se monte (ou se démonte) en quelques minutes. Son bâti, constitué en cornières perforées DEXION lui permettrait de supporter une charge de 4 tonnes ! Son

plateau indéformable en hêtre lamellé, lui assure une planéité absolue et une résistance mécanique deux fois supérieure à celle du bois massif. (Cette caractéristique exceptionnelle fait l'objet d'un certificat du Centre Technique du Bois).

Il s'adapte à tous les besoins, peut se compléter à votre gré, se transformer, se transporter, avec la plus grande facilité.

l'établi DEXION

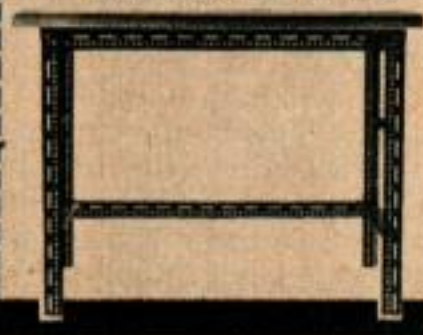
TECA - 6, rue Cauchois - PARIS-18-

14.950 F. pris sur place.

15.500 F. expédié franco de port (France Métropolitaine).

Livraison immédiate contre mandat poste ou chèque.

Documentation 1 sur demande.



Dimensions :
Hauteur : 87,5 cm
Largeur : 50 cm
Longueur : 120 cm

Plateau en hêtre lamellé :
(4,5 cm x 50 cm x 120 cm)

Cornière perforée DEXION
Acier laminé à froid
Peinture grise antirouille
colle au tour

Poids total : 38 Kgs

Comment nous dirigerons-nous dans l'espace ?

(Suite de la page 57)

Voici la séquence des événements telle que je la conçois pour l'avenir immédiat, en commençant par les engins sans équipage humain : satellites sur orbite terrestre, tir de projectiles sur la Lune, voyages circulaires autour de la Lune, atterrissages sur la surface de la Lune, et finalement missions interplanétaires. Par la suite, l'homme voyagera lui-même à peu près suivant la même séquence, les voyages humains pouvant aussi commencer eux-mêmes au cours de l'évolution des voyages sans équipage.

Un « pointage » d'une extrême précision.

Le deuxième des grands problèmes à résoudre (le premier était la mise au point des moteurs) est le problème consistant à guider un engin interplanétaire à destination.

Etant donné que nous aurons dépensé la plus grande partie de l'énergie de l'appareil pour la propulsion, il en restera très peu pour corriger le guidage de celui-ci. De ce fait, le « pointage » initial du vaisseau devra être extrêmement précis. Plus ce guidage sera précis, moins l'appareil consommera de carburant.

La navigation est le point capital.

Prenons quelques instants pour examiner le problème du guidage. Le guidage dépend de la navigation, laquelle est simplement l'art d'aller du point A au point B. A la surface de la terre, les deux points A et B (New York et Chicago par exemple) sont déterminés par deux éléments : la latitude et la longitude. Lorsque vous naviguez sur la terre, vous déterminez simplement la latitude et la longitude de votre véhicule (qu'il s'agisse d'un avion, d'un bateau ou même d'une automobile), et il vous est facile de calculer la direction qu'il vous faut prendre pour atteindre la latitude et la longitude de votre point de destination. Vous pouvez même vous égarer temporairement et arriver quand même à destination parce que A et B ne se déplacent pas l'un par rapport à l'autre.

Il n'en est pas ainsi dans l'espace, où A et B se déplacent tous les deux parce que tous les corps planétaires sont en mouvement les uns par rapport aux autres. De ce fait, votre point de destination ne reste pas immobile. C'est comme si vous étiez en train de vous rendre à Chicago en automobile et si Chicago ne cessait de se déplacer pendant toute la durée de votre voyage.

En plus de cette difficulté d'un point de destination en déplacement, le voyage dans l'espace se déroule sur trois dimensions au lieu de deux (latitude et longitude) comme sur terre. En fait, nous pouvons même dire que le voyage dans l'espace est un voyage à quatre dimensions : trois dimensions dans

l'espace et une dans le temps. La vitesse des planètes étant très élevée (108 000 km/h pour la Terre, 87 000 km/h pour Mars et 127 000 km/h pour Vénus) la plus légère erreur de vitesse et de minutage peut faire échouer complètement le vol. Et si vous manquez votre destination, vous risquez d'errer à jamais dans l'espace.

Deux méthodes de guidage.

Telles sont les données du problème. Voici maintenant deux méthodes que nous pouvons utiliser pour guider un vaisseau, ou fusée, dans l'espace. Nous pouvons lui donner sa vitesse et sa direction précises au départ, comme si nous le tirions avec un fusil. Nous pouvons aussi le lancer avec un degré de précision raisonnable et en corriger la course par la suite pendant le vol. La première méthode est dite « méthode balistique ». Il est à peu près aussi facile d'atteindre Mars balistiquement que de tuer avec une flèche une hirondelle volant à quelque 800 m de distance.

La seconde méthode, dite de « guidage à mi-course », est la plus praticable et aussi la plus sûre parce qu'elle permet de corriger continuellement les erreurs de trajectoire.

Pour utiliser le guidage à mi-course, il nous faut connaître certains faits : la position du vaisseau, la vitesse de celui-ci, sa direction de voyage et la « position future » de sa destination au moment prévu pour l'arrivée.

La dernière de ces données — la position d'une planète à un moment déterminé — est connue avec une grande précision d'après les tables astronomiques.

Un domaine ouvert aux inventeurs.

Deux des données restantes, la position et la vitesse de l'engin, peuvent être déterminées de l'intérieur de celui-ci, ou en observant l'appareil de la Terre et en lui relayant ces informations. (Ceci est un excellent terrain de recherches pour les inventeurs qui pourraient offrir des solutions simples et praticables.) Une solution réalisable est illustrée sur la figure 2. Dans cette méthode, le vaisseau est suivi à la trace par radar à partir de la terre. Chaque impulsion radar émise de la terre actionne sur le vaisseau un appareil récepteur qui « répond » au moyen d'une puissante impulsion radiophonique. L'intervalle de temps qui s'écoule entre la pulsation radar et le retour de son écho peut servir à déterminer la distance entre le vaisseau et la terre.

En utilisant le même système, nous pouvons mesurer la vitesse de l'engin. Vous est-il jamais arrivé d'attendre un train à un passage à niveau et d'écouter son sifflement ? Juste au moment où le train passe devant vous, son sifflement semble diminuer d'intensité. Ceci est connu comme « l'effet de Doppler ». Voici exactement ce qui se passe : le train étant en mouvement, vous « vous éloignez » en fait du sifflet du train et de ses ondes soniques.

UN CADEAU ÉDUCATIF

pour les jeunes !

OFFREZ
À VOS ENFANTS
UNE MERVEILLEUSE
RECREATION...

LE PROJECTEUR CINÉ **MIRAGE**

A tout moment
le monde entier
chez vous,
avec
ses aventures,
ses explorations,
ses comiques, etc.

EN VENTE CHEZ
VOTRE REVENDUEUR
PHOTO-CINÉ ET DANS
LES GRANDS MAGASINS

Complet, en ordre de
marche, avec lampe
et moteur asynchrone
110 - 220 volts.

19.900'

DOCUMENTATION GRATUITE À :
MIRAGE - 45 RUE ST-ROCH - PARIS-1^{er}



LE JOUR, LE SOIR
(EXTERNAT - INTERNAT)

ou par

CORRESPONDANCE
avec TRAVAUX PRATIQUES
CHEZ SOI

Guide des carrières gratuit N° 811 MP

**ECOLE CENTRALE DE TSF
ET D'ELECTRONIQUE**

12 - RUE DE LA LUNE - TEL. CENTR 87
PARIS 2



R.P.E.

De ce fait, les ondes vous parviennent en moindre quantité et c'est ce qui fait que le sifflement semble devenir de moins en moins fort. Le même phénomène se produit pour les ondes radiophoniques. La fréquence diminue lorsque le poste récepteur s'éloigne du poste émetteur et augmente lorsqu'il s'en approche. En mesurant ce changement de fréquence, nous pouvons déterminer la vitesse du vaisseau interplanétaire.

Trois relèvements de vitesse.

En fait, pour obtenir une mesure de vitesse vraiment précise, il nous faut trois « relèvements de point » de vitesse différents effectués avec trois postes de radar différents à la surface de la terre.

Nous pouvons déterminer la direction de l'engin en mesurant des angles de la manière indiquée sur la figure 2. L'un de ces angles est la latitude de l'émetteur lui-même. Les deux autres montrent l'azimut et l'élévation par rapport à la surface de la terre.

De ce fait, le système de balisage par radar pourra fournir trois données : la distance du vaisseau, sa direction et sa vitesse.

Une autre méthode est celle dans laquelle l'équipage du vaisseau détermine lui-même sa position.

Il lui suffit pour cela d'un « cadre de référence ». Cette méthode est illustrée sur la figure 3. Dans ce cas, nous choisissons le Soleil comme base du cadre de référence, et nous visons également trois étoiles. Le navi-

gateur tire une ligne entre chaque étoile et le centre du Soleil. Sa quatrième ligne part de la position du navire au Soleil et celle-ci est déterminée par triangulation en mesurant les angles formés par les trois autres lignes. Tout ce que le navigateur sait, pour le moment, est que le vaisseau se trouve quelque part le long de cette quatrième ligne. Il mesure alors le diamètre apparent du Soleil, ce qui lui permet de déterminer à quelle distance il se trouve de celui-ci et de « faire le point » complet de la position du vaisseau. La seule donnée qui lui manque encore est sa propre vitesse, et il peut obtenir celle-ci en utilisant l'effet de Doppler précédemment cité, lequel provoque le déplacement de certains des rayons lumineux des étoiles.

Les cerveaux électroniques calculent les erreurs.

Nous nous sommes occupés jusqu'ici de la position précise de l'engin dans l'espace, de sa vitesse et du cours de son vol. Maintenant que nous disposons de ces informations, qu'allons-nous en faire? Nous les transmettrons à des machines à calculer électroniques qui rechercheront si des erreurs se sont produites dans « l'orbite » ou itinéraire du vaisseau et, le cas échéant, quelles sont les corrections à effectuer.

Nous transmettons maintenant ces corrections au vaisseau pour qu'il les applique. Mais nous nous trouvons ici en face de nou-

Une Situation d'avenir en étudiant chez soi



— CALQUEUR
— DÉTAILLANT
— DESS. D'EXECUTION
— PROJETEUR
(Tous les C.A.P., B.P. de la Métallurgie et Baccalauréat technique)

DESSIN INDUSTRIEL



DU MONTEUR...
... AU SOUS-INGÉNIEUR
ÉMISSION - RÉCEPTION
RADIO et TÉLÉVISION
(C.A.P. et B.P. de Radioélectricien)

RADIO - ÉLECTRICITÉ



— MÉCANICIEN
— ÉLECTRICIEN
— MOTORISTE
— SPÉCIALISTE DIESEL
(Tous les C.A.P.)

AUTOMOBILE



— MÉCANICIEN
— PILOTE-AVIATEUR
— AGENT TECHNIQUE
(B.E.S.A. et Brevet de Pilote)

AVIATION

BÉTON ARMÉ, BATIMENT, TRAVAUX PUBLICS, C.A.P. et Brevets Industriels

• SERVICE DE PLACEMENT
• PRÉSENTATION aux Diplômes d'État
• TRAVAUX PRATIQUES

Brochures gratuites MP811 sur demande

INSTITUT PROFESSIONNEL POLYTECHNIQUE 14, Cité Bergère - PARIS (9^e)

CORRESPONDANT POUR LA BELGIQUE : M. FERNAND HURIAUX A HEER-SUR-MEUSE, Province de NAMUR

velles difficultés. Nous ne pouvons pas faire tourner le vaisseau, ou la fusée, comme nous le faisons avec un avion, tout simplement parce qu'il n'y a pas d'air sur lequel pourraient agir des plans de commande. Nous ne pouvons modifier la direction de l'appareil qu'en allumant des fusées latérales, et nous ne pouvons modifier sa vitesse qu'en « tirant » des fusées de tête ou de queue. Sur la figure 4, le vaisseau suit son chemin comme indiqué. Une correction doit être faite et une fusée latérale est mise en action. Le nouveau cours suivi par l'appareil est indiqué par la deuxième flèche, et il est déterminé par la puissance de poussée exercée par la fusée latérale.

Un problème est résolu... un autre se présente.

Mais, au cours de cette opération même, une nouvelle difficulté surgit encore. Comment pouvez-vous opérer une poussée latérale précise sur un engin qui peut être déjà en train de se déplacer vers l'arrière, vers le côté, ou même être en train de basculer ou de tourbillonner le long de sa course? Il est évident qu'avant de procéder à une correction quelconque, il vous faut tout d'abord redresser le vaisseau au long de sa ligne de pointage radar.

Ici encore, il est de nombreuses façons de résoudre le problème. Une méthode assez simple consiste à utiliser les impulsions radar elles-mêmes. Lorsque vous trempez votre doigt dans une bassine d'eau, vous produisez des rides circulaires qui s'étendent vers l'extérieur en traversant la surface à deux dimensions. De même, si vous lancez une onde radar dans l'espace à trois dimensions, celle-ci voyage vers l'extérieur en formant une « sphère » s'étendant à l'infini. La figure 5 montre comment nous pouvons profiter de ce phénomène.

Nous montons quatre antennes différentes qui captent les signaux en phase à l'arrière du vaisseau. Lorsque les quatre phases sont égales, celui-ci se trouve orienté sur une ligne droite partant du poste émetteur. Si les phases sont inégales, le vaisseau peut être redressé au moyen de masses en rotation semblables à des volants-moteur installées à l'intérieur de l'appareil.

Le vaisseau est ensuite mis en rotation sur son axe pour amener la fusée latérale voulue à la position convenable. Celle-ci est ensuite mise en action pour la durée de temps nécessaire. Par la suite, d'autres vérifications de la position et de la trajectoire du vaisseau devront être effectuées et d'autres corrections devront être faites, si nécessaire, sur tout le cours du voyage.

Communications téléphoniques à retardement.

L'une des grandes difficultés de ce genre de voyage sera l'effet produit sur les communications par l'énormité des distances. Vous ne pouvez pas décrocher un radio-téléphone, dire « Allô », et vous attendre à

L'INSTRUMENT NOUVEAU ET MODERNE



POUR LE
DESSIN
TECHNIQUE
ET
L'ECRITURE
ARTISTIQUE

Pelikan
Graphos

Porte-plume
réservoir

à
encre de chine

60

plumes différentes
pour
le dessin technique
l'écriture artistique
et au trace-lettres
le dessin à main levée
et
les croquis à la plume

EN VENTE CHEZ LES SPÉCIALISTES DU DESSIN
BROCHURE ENVOYÉE GRAT. SUR DEMANDE



ENCRE DE CHINE

Pelikan

LIVRABLE

EN CARTOUCHES
OU EN FLACONS

★

Agent général :

Établissements NOBLET

178, Rue du Temple, PARIS-3^e - TUR. 25-19

PANNEAUX CONTREPLAQUÉS ET DÉRIVÉS

Panneaux Okoumé.
Panneaux pour l'ébénisterie.
Panneaux lattés.
Panneaux moulurés
" Plyfa-Profil ".
Panneaux Flamnot
ignifugés à cœur.
Panneaux souples, type Aviation.
Panneaux perforés
pour insonorisation et vitrines.
Panneaux Plymax, bois-métal.
Plaques pour fonds de chaises.
Garnitures galbées
pour sièges en tubes.
Silos à grains.

S. A. LUTERMA

4, rue du Port, CLICHY (Seine)
Tél. : PEReire 55-31 + et 70-50 +

DÉPÔTS DE VENTE :

4, rue du Port, CLICHY (Seine)
82 bis, r. de Montreuil, PARIS (XI^e) Tél. DID. 62-11
27, rue J.-B. Delescluse, CROIX (Nord)
Tél. ROUBAIX 73-23-41

une réponse immédiate. Les ondes radio-phoniques voyagent à près de 300 000 km /s, mais, même à cette vitesse, une communication avec un vaisseau de l'espace se trouvant sur une orbite autour de la planète Mars demandera un certain temps pour s'établir. Lorsque par exemple Mars se trouvera à son rapprochement maximum de la Terre, il faudra encore quatre bonnes minutes et demie pour qu'un message émis de la Terre soit capté sur cette planète. De toute évidence, il ne semble guère intéressant d'entreprendre une communication téléphonique dans laquelle la réponse au premier « Allô » parviendra neuf minutes ou même neuf heures plus tard. Il est donc à peu près certain que les messages interplanétaires seront télégraphiques plutôt que vocaux, et qu'une grande importance sera apportée à la condensation des messages en un nombre de mots aussi réduit que possible.

Il est évident que de grands problèmes restent à résoudre si nous ne voulons pas nous contenter de « rêver aux étoiles », mais bien les atteindre en réalité... ou tout au moins arriver jusqu'aux planètes de notre propre système solaire. Mais il est tout aussi évident qu'il existe une réponse à chacun de ces problèmes.

Il n'est à mon avis pas douteux que maintenant que l'homme a réussi à atteindre avec des fusées des vitesses lui permettant d'échapper à l'attraction terrestre, il ne tardera pas à échapper lui-même à sa planète-mère et à explorer son système solaire en utilisant les immuables forces de la nature pour se propulser et pour se guider.

Travaillez vite et mieux !

... à
moindre
effort
avec le



BOSTITCH H 2 B

qui exécute **AUTOMATIQUEMENT** à une cadence record, tous les travaux de clouage et d'agrafage sur tous les matériaux.

EFFORT NUL

Le mécanisme de l'appareil travaille pour vous puisqu'il multiplie la force du coup porté.

RAPIDITÉ

Aucun double martelage, chaque coup amenant l'agrafe suivante.

FACILITÉ

Travaille en des endroits inaccessibles au marteau.

chargement par bandes (120 agrafes)

★ Documentation : **SOFREMBAL-BOSTITCH**
55-57, rue de la Voûte, PARIS (XII^e) - DID: 70-87