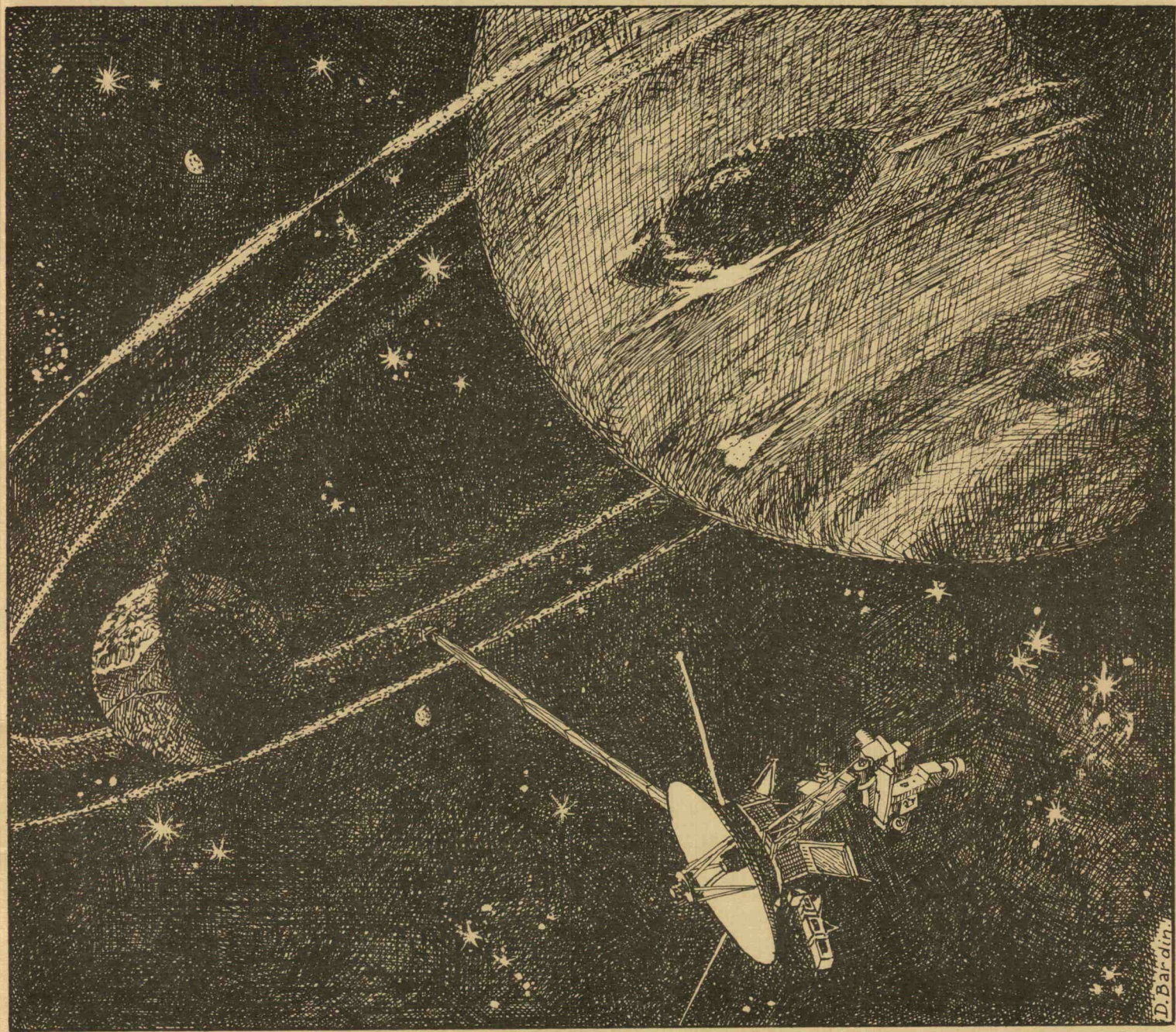


les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes



N° 49 - P R I N T E M P S 1990

ISSN 0758-234 X

LE CLEA - COMITE DE LIAISON ENSEIGNANTS ET ASTRONOMES

Le CLEA, Comité de Liaison Enseignants et Astronomes, est une association déclarée (loi de 1901). Elle réunit des enseignants et des astronomes professionnels qui veulent ensemble promouvoir l'enseignement de l'astronomie à tous les niveaux de l'enseignement public et dans les organismes de culture populaire. En particulier, ils agissent dans le cadre de la formation initiale et continue des enseignants.

Le CLEA intervient par l'organisation de stages et par ses diverses publications.

Le CLEA organise des stages nationaux (universités d'été) et régionaux, éventuellement en liaison avec les Missions Académiques de Formation ou tous organismes de formation des enseignants. Ces stages sont ouverts aux enseignants de l'école primaire, du collège, du lycée et de l'école normale. On s'efforce d'y conjuguer information théorique indispensable et travaux pratiques (observations, travaux sur documents, mise au point de matériels didactiques et bon usage de ces matériels).

Aussi bien dans ses stages que dans ses publications, le CLEA favorise les échanges directs entre enseignants et astronomes hors de toute contrainte hiérarchique.

La liste des publications du CLEA figure en pages 3 et 4 de la couverture.

Bureau du CLEA pour 1990

Présidents d'honneur : Jean-Claude Pecker

Evry Schatzman

Présidente : Lucienne Gouguenheim

Vice-Présidents : Agnès Acker

Alain Dargencourt

Marie-France Duval

Hubert Gié

Jean Ripert

Catherine Vignon

Secrétaire trésorier : Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 SAINT CLOUD
tél (1) 47 71 69 09

Comité de rédaction des Cahiers Clairaut : Daniel Bardin, Lucette Bottinelli, Jacques Dupré, Michèle Gerbaldi, Lucienne Gouguenheim, Jean-Paul Parisot, Georges Paturel, Jean Ripert, Daniel Toussaint, Victor Tryoën, Gilbert Walusinski.

LES CAHIERS CLAIRAUT

N° 49 Printemps 1990

	page
Huit jours d'août 1989 avec Voyager	2
Les Potins de la Voie lactée	16
Le canon solaire de l'ENG de Douai	17
Navette spatiale - Vol orbital et rendez-vous	21
Lectures pour la Marquise	29
Apropopos du TranSoLuTe	35
Le transparent nouveau est arrivé	36
La musique des astres	37
Les Universités d'été du CLEA	40
Taches solaires à l'Ecole d'été du col de Steige	40
Faites scintiller les étoiles	41
Au petit curieux, optique curieuse	42
Auriongon Pymennys 1990	43
Chronique du CLEA	44

EDITORIAL

Ce numéro nous fait revivre plusieurs moments de la dernière Assemblée Générale du CLEA. La présentation par Jean Ripert et Victor Tryoën de nouveaux transparents animés pour rétroprojecteur, illustrant les fuseaux horaires et les saisons; la description que nous a faite Michel Laisne du canon solaire de l'Ecole Normale de Garçons de Douai; l'Ecole d'été du CLEA au col de Steige, avec une splendide photo de taches solaires; un retour par Roland Szostak sur sa carte du ciel, avec maintenant la possibilité de faire scintiller les étoiles; et enfin la conférence d'André Brahic sur le dernier épisode de l'aventure Voyager.

Cette dernière retranscription écrite d'un temps fort de notre rencontre de novembre doit beaucoup à Gilbert Walusinski. Imagine-t-on le travail patient d'écoute des cassettes enregistrées à Orsay, celui de la présentation synthétique d'un exposé qui dura près de deux heures, de la reproduction de documents originaux prêtés quelques heures par André ? Le plus facile n'ayant probablement pas été la planification de rendez-vous avec ce dernier pour la mise au point du texte définitif... Une remarque encore. Vous êtes nombreux à nous dire que vous appréciez la nouvelle présentation des Cahiers: l'énorme travail de dactylographie effectué par Gilbert sur sa machine à écrire moderne y est pour beaucoup. Travail obscur et ingrat, auquel il convenait de rendre hommage. Gilbert dit toujours que c'est la lecture de votre courrier qui lui apporte le plus de satisfactions: alors n'hésitez pas !

La Rédaction des Cahiers voudrait aussi remercier tous ceux qui ont contribué à ce numéro, en particulier Sylvie Dubois, qui a étudié la musique des astres selon Kepler; Jacques Vialle, qui nous parle d'éclipse de Soleil et de la Finlande; Georges Paturel, qui ouvre une rubrique d'optique amusante; Lucette Bottinelli qui alimente ponctuellement - mais que c'est court un trimestre ! - sa rubrique des Potins de la Voie Lactée. Merci enfin aux collègues suisses, et en particulier à Bernard Hauck, qui nous ont autorisés à reproduire un article de C. Nicollier sur les rendez-vous spatiaux.

Pour la Rédaction
L. Gouguenheim

HUIT JOURS D'AOUT 1989 AVEC VOYAGER 2 DU COTE DE NEPTUNE

L'exploration historique du système solaire entreprise en 1977 par la sonde Voyager 2 s'est achevée le 24 août 1989 quand la sonde est passée à environ sept mille kilomètres de Neptune avant de photographier Triton puis de s'éloigner définitivement vers le monde des étoiles. Nous avons été les témoins éblouis d'une grande aventure de l'histoire de l'humanité, une étape aussi importante que fut, en son temps, la découverte de l'Amérique.

On pourra dire que le vingtième siècle aura été celui du début de l'exploration spatiale et si on compare les moyens mis en oeuvre avec ceux dont disposaient Christophe Colomb et ses compagnons sur leurs caravelles, l'exploration par robot interposé aura été autrement confortable...

Avoir eu le plaisir d'être sur place, au Jet Propulsion Laboratory de Pasadena et, avec trois cents astronomes, participer en temps réel à la réception des images et des données recueillies et transmises par Voyager 2 est vraiment un moment inoubliable, un événement chargé d'émotion, le plaisir de la découverte à l'état pur !

Quelques mots sur le décor. Trois cents astronomes venus de tous les pays parmi lesquels dominaient évidemment les Américain, mais venait aussitôt après en importance l'équipe des Français ; quatre ou cinq cents journalistes, plusieurs centaines de personnalités diverses et tous les techniciens et ingénieurs nécessaires au bon fonctionnement de la sonde complétaient l'assistance. Des équipes de télévision ont été fort actives, surtout les japonaises et les américaines alors que, pour la France, seule TF1 était présente et n'est restée que deux jours sur place. Il y eut un moment d'intense émotion lorsque la sonde traversa le plan équatorial de Neptune, le nombre d'impacts de particules sur la sonde augmentait d'instant en instant jusqu'à plus de trois cents impacts par seconde, on se demandait si la sonde y résisterait. On conçoit l'immense soulagement quand on constata qu'elle avait tenu, elle a finalement complètement rempli sa mission.

Il y a eu 27 heures de conférence de presse pour annoncer des résultats et cela n'a pas suffi, on n'a pas pu tout dire. C'est un véritable trésor de données qui a été recueilli, il faudra des années pour les dépouiller. Pensez que quatre personnes ont mis plusieurs années à tirer de neuf images des anneaux de Jupiter une analyse complète. La majorité des données sur Saturne n'est pas encore exploitée. L'essentiel des résultats de l'ensemble de l'expédition sortira au fur et à mesure au cours des prochaines années et au delà de l'an 2000.

Il en résulte dès maintenant un véritable essor d'une science nouvelle, la planétologie, qui requiert l'attention de spécialistes

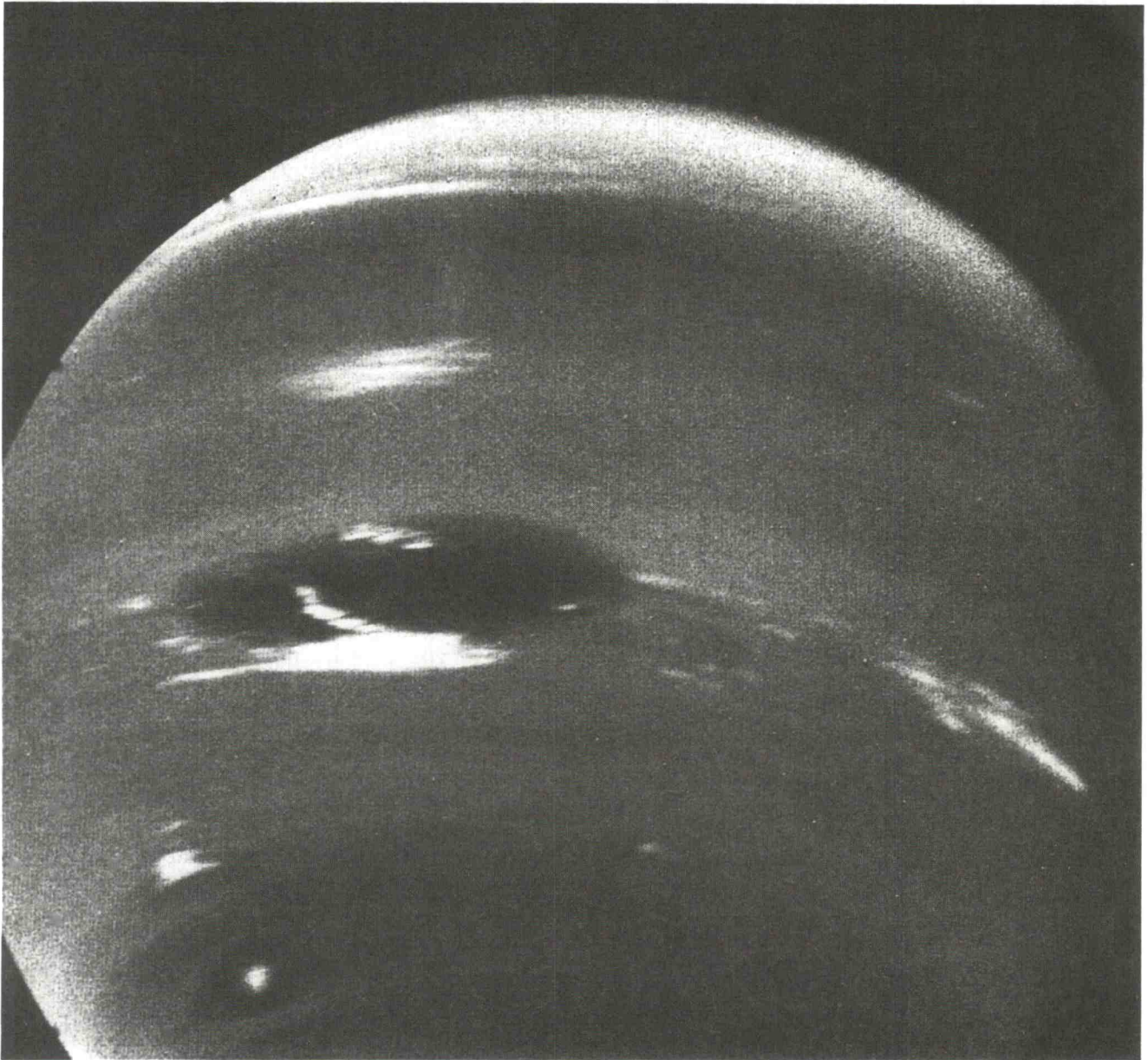


Fig.1 - 21 août 1989 - Neptune

L'image des nuages dans l'atmosphère de Neptune est le premier test de la précision des prévisions météorologiques faites huit jours plus tôt pour choisir les cibles à photographier. Trois des quatre taches sont visibles : la grande tache sombre avec son compagnon blanc à gauche du centre de la photo ; le petit "scooter" brillant est au-dessous à gauche et la seconde tache sombre avec son noyau brillant au-dessous du "scooter".

de disciplines variées, des géologues, des chimistes, des physiciens, des astronomes, des mathématiciens, des minéralogistes, des biologistes, des météorologues, des vulcanologues, etc. Pour l'heure, les données sont recueillies par des robots. On songe cependant à envoyer des hommes sur Mars, opération de prestige pas forcément très rentable du point de vue scientifique ; avec les crédits pour envoyer un homme sur Mars, on pourrait envoyer au moins cent robots partout dans le système solaire. De toute façon, on doit être bien convaincu que la recherche fondamentale est la clef du futur et il ne faudrait pas que d'autres entreprises, pour séduisantes qu'elles soient, la mettent en péril.

N'oublions surtout pas quelle prodigieuse réussite technique représente cette mission Voyager 2. Cette sonde n'avait pas été vraiment prévue pour aller jusqu'à Neptune. Initialement, tout au début, le projet des scientifiques était celui d'un grand tour de toutes les planètes, y compris Pluton. Mais quand il s'est agi de passer à la réalisation - c'était la triste époque Nixon-Pompidou-Brejnev des restrictions de crédit pour la recherche fondamentale - il a fallu se rabattre sur une mission réduite à Jupiter et Saturne. Ensuite, il y a eu la surprise du merveilleux fonctionnement de la sonde, on a pu prolonger son voyage vers Uranus puis vers Neptune. Il y a eu un incident au passage près de Saturne, un axe s'est grippé et l'orientation des instruments portés par la sonde est devenu quasiment incontrôlable. Les techniciens de la NASA ont su découvrir le défaut et trouver des remèdes. Cependant la sonde n'avait pas été conçue pour faire des observations aussi loin du Soleil alors que les conditions imposées deviennent de plus en plus difficiles. Au niveau de Neptune, il y a seulement 5% de la lumière qui était reçue au niveau de Jupiter. Et la sonde va de plus en plus vite; près de Neptune, sa vitesse atteint 27 km/s. Prendre des photos dans ces conditions exige de bouger la plate forme qui porte la caméra en sens inverse du mouvement de la sonde pour maintenir la cible au centre de l'image et assurer un temps de pose suffisant. Il a fallu injecter à l'ordinateur de bord les ordres correspondants. Songez aussi à la faiblesse des signaux envoyés par la sonde, un émetteur de 20 watts à 4,5 milliards de kilomètres, donc plus de quatre heures pour la transmission d'un ordre. C'est pourtant dans de telles conditions qu'on a pu apprendre à la sonde des manoeuvres qu'elle ne savait pas effectuer lors du lancement. On peut dire que non seulement elle a été réparée en cours de route mais encore mieux, perfectionnée.

Le prix de cette merveilleuse aventure ? 850 millions de dollars sur 17 années budgétaires soit 1F par an et par citoyen américain. A peine la moitié du prix d'un sous-marin nucléaire et c'est autrement intéressant quand on pense aux cent mille personnes engagées d'une façon ou d'une autre dans l'entreprise et surtout aux résultats. La science est

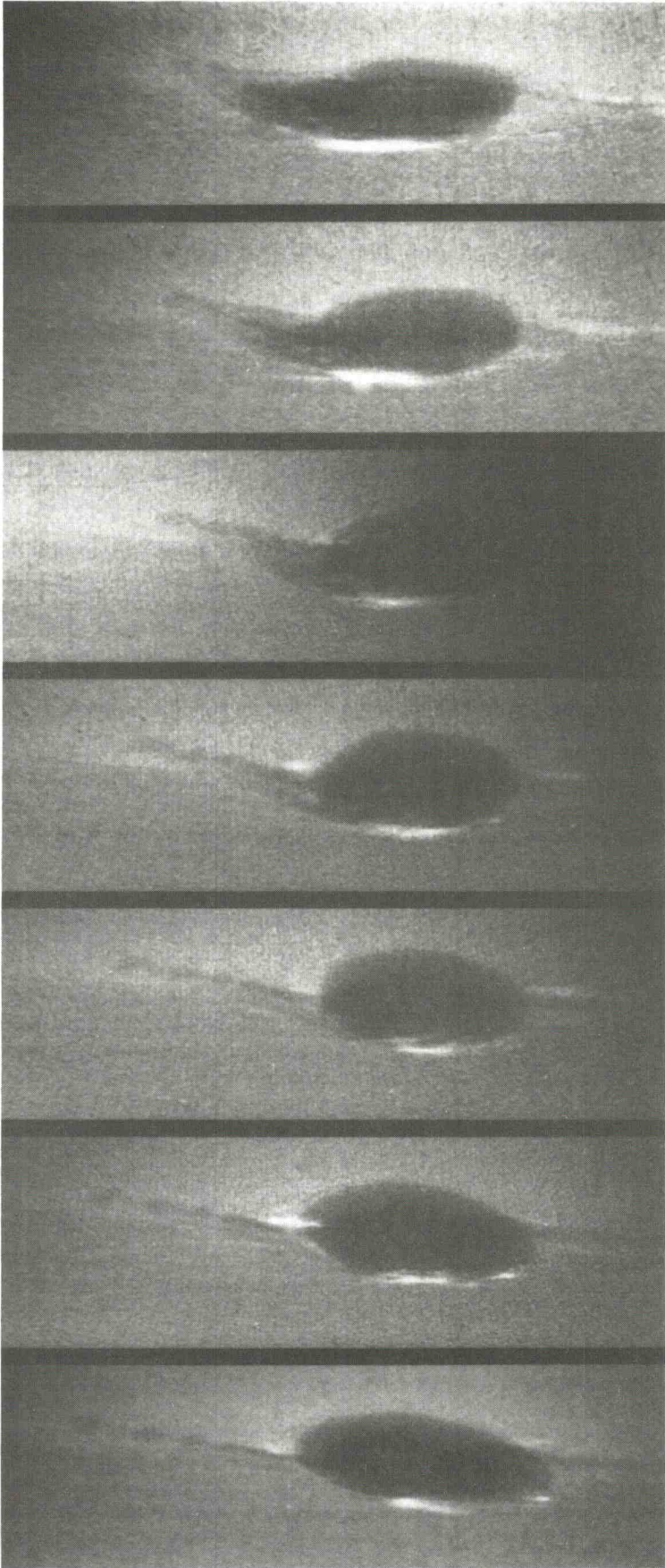


Fig.2 - 21 août 1989 -

Evolution de la grande tache sombre

Ces images montrent l'évolution des nuages autour de la grande tache sombre sur une période de quatre jours et demi. De haut en bas, ces images ont été prises lors de rotations successives de la planète (période d'environ 18 heures).

La grande tache est à une latitude sud d'environ 20° et couvre environ 30° de longitude.

La camera était munie d'un filtre violet et se trouvait à une distance de l'ordre de 17 millions de kilomètres.

Le grand nuage brillant au bord sud de la grande tache est un compagnon plus ou moins permanent de celle-ci. Le mouvement apparent des plus petits nuages à la périphérie de la grande tache suggère une rotation de celle-ci dans le sens opposé des aiguilles d'une montre.

une grande oeuvre collective.

... Et pour un résultat d'autant plus surprenant qu'on ne s'attendait pas à grand chose d'intéressant. Neptune ? Un astre mort, sans doute, si loin du Soleil. Ses anneaux ? Une équipe française prétendait les avoir découverts, on n'y croyait guère. Triton enfin ? Un petit astre sans doute cratérisé et sans grand intérêt.

La surprise a été d'autant plus grande. La planète Neptune est un astre très actif. Les anneaux existent bien et posent de nouveaux problèmes. Quant à Triton, il a bien été le clou du spectacle, son sol et son atmosphère offrent des particularités surprenantes. Bref, Neptune et son voisinage valaient le déplacement !

Et on ne l'a pas raté. La trajectoire calculée a été réalisée à 1 km près à la distance de 4,5 milliards de kilomètres. On avait des inquiétudes sur le comportement de la sonde et de ses instruments lors de la traversée du plan équatorial de Neptune. On craignait que la sonde heurte des fragments ou des poussières plus ou moins importantes associés aux anneaux. Et si on passait plus au large, on risquait de manquer Triton. Le compromis auquel on est parvenu a consisté à passer à 7500 km seulement de la planète au niveau du pôle et à un peu plus de 80 000 km du centre de la planète lors de la traversée du plan équatorial. Grâce à quoi tout s'est très bien passé. A titre de comparaison, Voyager 2 s'était approché d'Uranus à plus de cent mille kilomètres et la plupart des photos de Jupiter, Saturne et Uranus avaient été prises à des distances de l'ordre de 200 000 km à un million de kilomètres.

NEPTUNE

En s'approchant de Neptune, des détails commencèrent à apparaître. Une tache ressemble alors à celle que dessina Galilée lors de ses premières observations de Jupiter. Des photos prises à quelques heures d'intervalle montrent que la tache a tourné. On s'approche encore et des bandes parallèles à l'équateur apparaissent. Trois taches semblent des formations permanentes, la grande tache sombre surnommée la "limace" dans l'hémisphère sud, une tache plus claire et une petite tache blanche baptisée "le scooter".

L'atmosphère de Neptune est agitée de vents d'une extrême violence. La tache sombre qui tourne sur elle-même dans le sens direct, fait un tour du globe en 17 h 52 alors que la période de rotation des bandes n'est que de 16 heures, d'où une vitesse des vents qui doit dépasser 250 mètres par seconde, les vents les plus violents que Voyager 2 ait enregistré à l'exception des zones équatoriales de Saturne. On ne sait pas pour l'instant quelle est la source d'énergie associée à des vents aussi violents. Ou bien il n'y a pas de frottement entre les nuages et alors il n'y a pas de problème. Ou bien il y a un frottement raisonnable et on ne voit pas

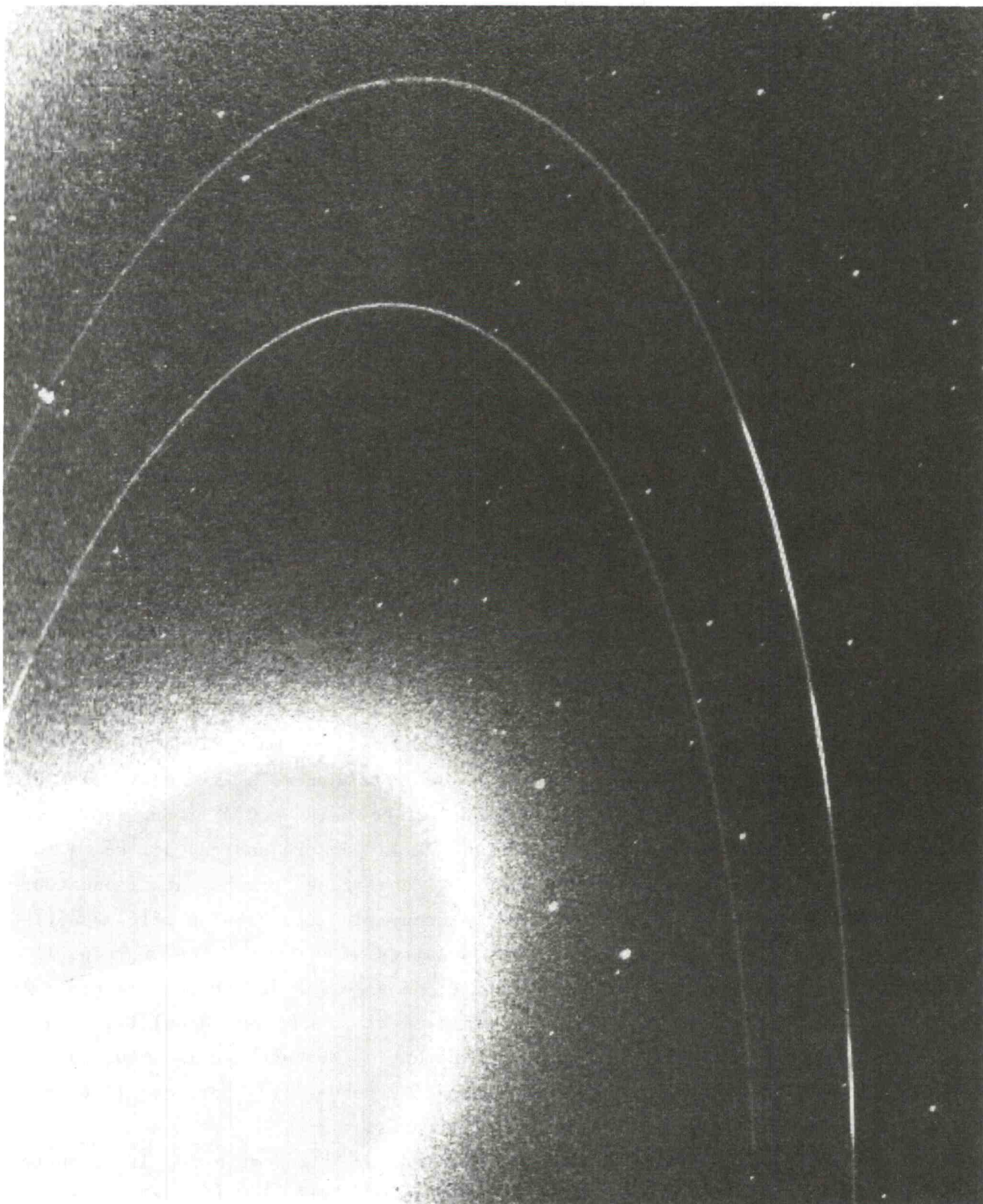


Fig.3 - 26 août 1989 - Les anneaux et les trois arcs

La première image à montrer en détail les anneaux de Neptune avec les trois arcs brillants de l'anneau extérieur. Cette image a été prise alors que Voyager 2 s'éloignait de la planète et voyait les anneaux sous un angle de phase de 135° .

pour l'instant d'où peut provenir l'énergie de la haute atmosphère d'une planète qui reçoit à peine 5% de l'énergie envoyée par le Soleil sur Jupiter. On a aussi observé l'existence d'une source d'énergie interne : Neptune rayonne 2,7 fois plus de chaleur qu'elle n'en reçoit et les astronomes s'interrogent sur ce phénomène.

La raison d'être des bandes parallèles à l'équateur, comme sur Jupiter et sur Saturne, reste, là comme ailleurs, inexpliquée. Une hypothèse consiste à y voir la conséquence de mouvements de convection en profondeur selon une structure de cylindres emboîtés. En coupant de tels cylindres par la surface d'une sphère on retrouverait le tracé des bandes. Selon une autre hypothèse, il ne faudrait voir dans ces bandes que des mouvements superficiels étalés par la rotation différentielle de la planète sur elle-même. Il faudra retourner près des planètes géantes pour mieux comprendre.

L'atmosphère de la planète, composée surtout d'hydrogène et d'hélium contient aussi des nuages de méthane et de l'acétylène, des bandes de cirrus dont l'ombre apparaît sur les couches inférieures donnant l'idée d'une structure à trois dimensions qui n'avait encore été observée nulle part ailleurs. La tache la plus au sud semble bien être un cyclone alors que celle qui est plus au nord semble survolée par des vents violents.

Une des découvertes les plus surprenantes a été celle du champ magnétique de la planète. Non seulement l'axe magnétique de Neptune est incliné de 50° par rapport à l'axe de rotation mais les deux axes ne se coupent pas au centre géométrique du globe mais à 0,4 rayon neptunien de ce centre. Cette structure a compliqué la compréhension de ce qu'on observait : alors qu'on croyait observer une zone proche de l'équateur magnétique neptunien, on était en fait beaucoup plus proche d'un pôle magnétique. En passant à travers les régions polaires magnétiques, on a recueilli des données dans une zone encore inexplorée dans le cas des autres planètes.

Écoutons deux enregistrements sonores d'éclairs dans l'atmosphère terrestre et dans l'atmosphère de Neptune, cela nous donne une petite idée de la richesse des données recueillies et de l'étendue des problèmes d'interprétation qui restent posés.

La magnifique couleur bleue de l'ensemble de la planète est en partie due à la présence de méthane qui absorbe la lumière rouge dans la haute atmosphère. Quel choix heureux d'avoir baptisé cette planète Neptune !

Quant à sa structure interne, on pense à un noyau d'hydrogène et d'hélium mélangé avec de la matière ionisée et entourant un sous-noyau d'éléments encore plus lourds. Mais pour Jupiter et pour Saturne les colossales pressions internes entraînaient la présence d'hydrogène liquide et métallique (c'est à dire conductrice de courant électrique), ce qui ne

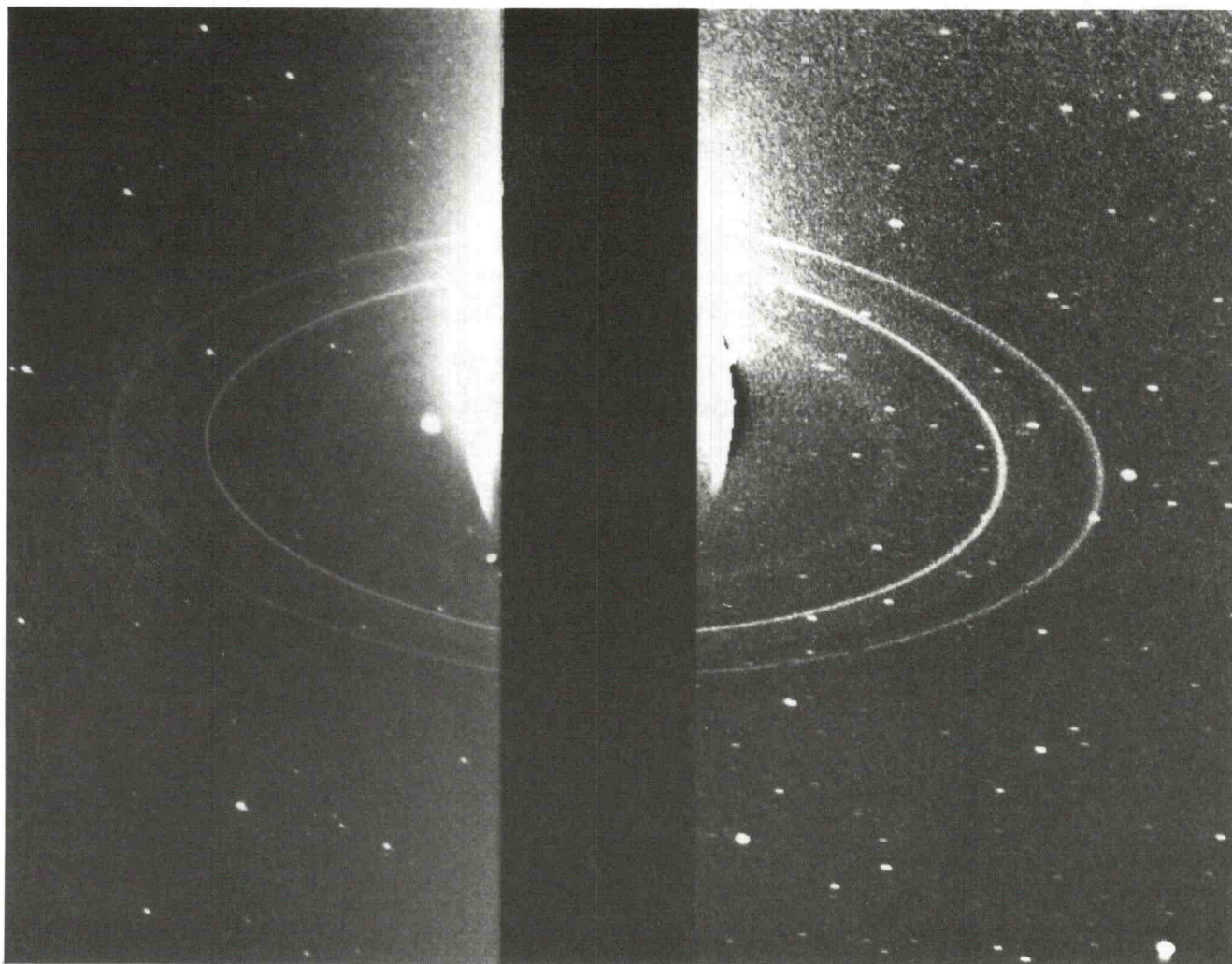


Fig.4 - 27 août 1989 - Le système complet des anneaux

Ces deux photos ont été prises avec filtre clair par la camera grand angle de la sonde à la distance de 280 000 kilomètres. Le temps écoulé entre les deux poses fut de une heure et vingt-sept minutes. Durant ce temps, les arcs brillants de l'anneau extérieur n'étaient malheureusement pas visibles car ils étaient de l'autre côté de la planète.

Les deux anneaux principaux sont respectivement à 53 000 km et 63 000 km de Neptune. Sur ces images on distingue aussi l'anneau intérieur à 42 000 km de la planète ainsi que la bande très pâle qui s'étend à partir de l'anneau à 53 000 km jusqu'à mi-distance entre les deux anneaux brillants.

On distingue bien que les anneaux sont complets et continus.

Les points brillants tout autour sont des étoiles, la lueur centrale, celle de la planète.

peut être le cas dans Uranus et Neptune. La sonde étant passée très près de Neptune, l'analyse fine de sa trajectoire (qui demandera plus d'un an de travail) permettra de connaître les premiers termes du développement limité du potentiel gravitationnel de Neptune et donc d'avoir une idée de la structure interne.

LES SATELLITES

Des esprits audacieux avaient prédit qu'en raison de l'orbite "irrégulière" de Triton (rétrograde) et de Néréide (excentrique), Neptune ne pouvait avoir ni un système régulier de satellites ni des anneaux.

Nouvelle invitation à se méfier des théories audacieuses, la sonde a identifié six nouveaux satellites dont cinq forment un système régulier (orbites circulaires dans le plan équatorial) et il y en a probablement d'autres. Ils ont été provisoirement répertoriés 1989 N1, N2, ... N6 ; il faudra maintenant leur trouver des noms dans les mythologies de la mer. Ces nouveaux satellites sont situés entre 48 000 et 110 000 km de la planète et avec des diamètres allant jusqu'à 450 km comme pour N1 sur lequel on a découvert des montagnes de plus de huit kilomètres de haut...

LES ANNEAUX

Leur découverte est une longue histoire qui vaut d'être rappelée. Le 10 mars 1977, un système d'anneaux étroits était découvert autour d'Uranus au cours de l'occultation d'une étoile par la planète. Deux ans plus tard, le 10 juillet 1979, Voyager 2 photographiait les anneaux de Jupiter. La structure d'anneaux qui avait été durant trois siècles l'étrange particularité de Saturne, devenait plus commune. Il devenait opportun de rechercher si des anneaux existaient autour de Neptune.

La campagne de recherche a commencé le 10 mai 1981. Le 24 mai, alors que certaines équipes ne voyaient rien de particulier, une équipe américaine décelait "quelque chose" (on reconnaîtra plus tard qu'elle avait observé l'occultation de l'étoile considérée par un satellite de Neptune).

En 1983, une grande campagne mobilisait tous les grands télescopes disponibles du bassin du Pacifique. Sans aucun résultat. Si bien qu'il fut généralement admis qu'il n'y avait pas d'anneaux autour de Neptune.

Quand, en 1984, je postulai pour observer une occultation d'étoile par Neptune depuis l'observatoire européen austral, on refusa de m'accorder du temps puisque "il n'y avait pas d'anneaux autour de Neptune" et, à la place, on me donna du temps de télescope pour observer une occultation par Uranus. Il fallut beaucoup de démarches et de discussions pour obtenir finalement à la dernière minute deux télescopes grâce auxquels nous avons pu avec Bruno Sicardy observer l'occultation par Neptune et trouver une interruption de signal d'un côté de la planète et pas de l'autre.

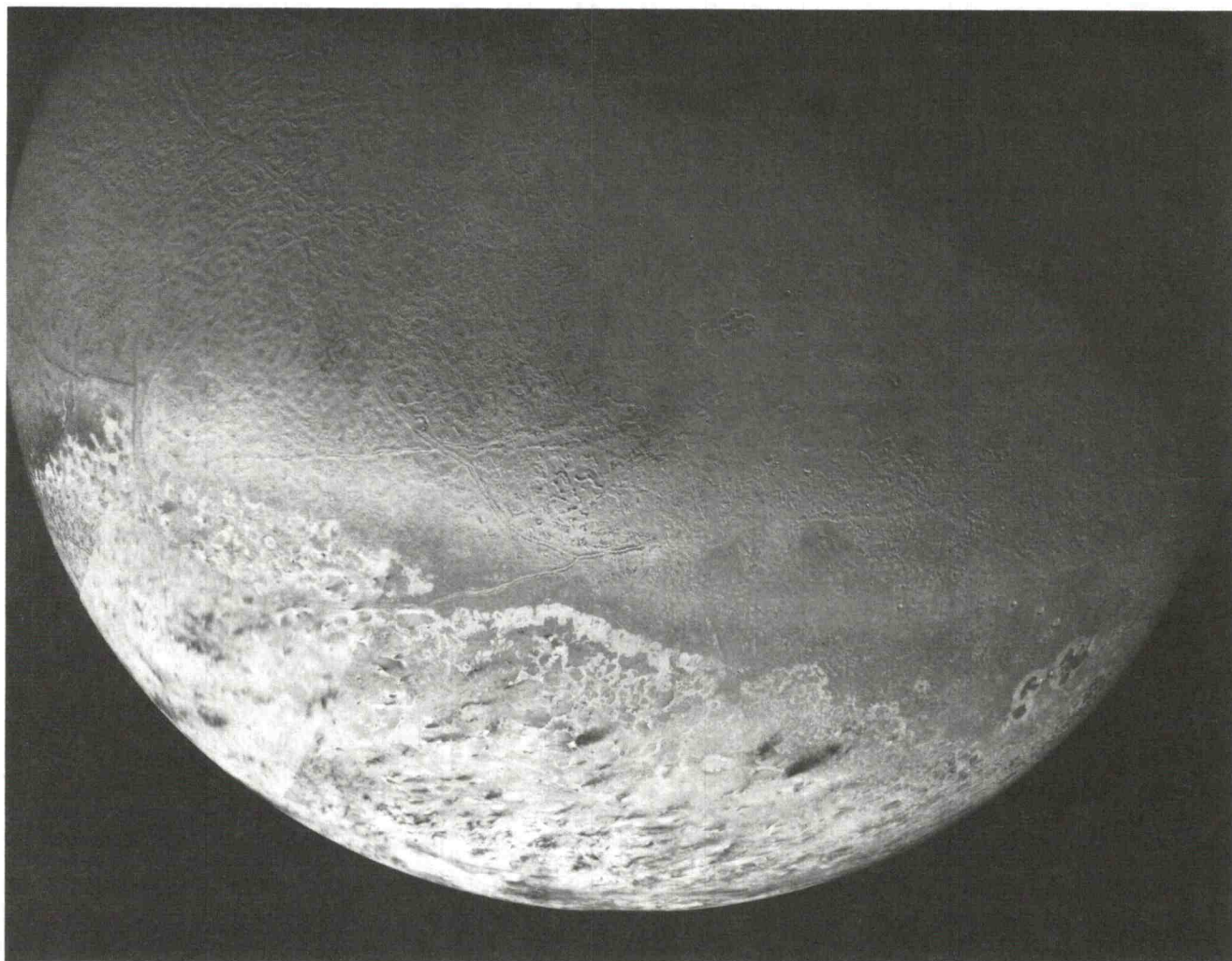


Fig.5 - 29 août 1989 - Triton

Cette image composite à partir de quatorze poses révèle la grande variété des détails découverts à la surface du satellite. En bas de l'image sont visibles les environs de la calotte polaire sud avec ses trainées sombres alignées vers le nord-est. Bien plus sombres que les détails environnants, ils réfléchissent pourtant presque dix fois plus de lumière que la surface de notre Lune.

A l'ouest (à gauche sur la photo), la moitié du disque est la région qualifiée de terrain "cantaloup". On y trouve des petites tranchées aux rives abruptes et de faibles dépressions centrales.

Vers le Sud, ce terrain luit comme s'il était couvert de glace.

Au nord-est (en haut à droite), des plaines et des régions qui rappellent un peu l'aspect des "mers" de notre Lune.

A droite, près du limbe oriental, on distingue aussi trois taches sombres.

Une seule autre équipe, autour du Professeur Hubbard, a observé cette occultation depuis un observatoire situé à 80 km plus au sud dans la Cordillère des Andes. Au moment de l'occultation, l'équipe française enregistra "quelque chose" sur bande magnétique alors que l'étudiant américain chargé de l'opération n'avait enregistré qu'un point toutes les trois secondes sur une bande de papier et était donc "passé à travers" ; la détection est un événement qui ne dure qu'une fraction de seconde. Heureusement, l'enregistrement sur bande magnétique révélait bien quelque chose qui confirmait notre découverte.

De quoi s'agissait-il ? Un objet de 80 km de long sur 15 de large et partiellement transparent, une sorte de cigare ? Ou bien des arcs ou des fragments d'anneaux ? En tout cas un résultat suffisant pour décider les comités d'attribution de temps de télescope des observatoires à nous accorder par la suite tout le temps dont nous avons besoin. Au télescope de Hawaï, on a retrouvé le "quelque chose" et, de 1984 à 89, une centaine d'occultations ont été observées dont six ou sept furent positives. La confirmation de l'existence des anneaux et les vues rapprochées par Voyager 2 étaient donc attendues, on le comprend, avec impatience. Douze jours avant la rencontre, on put modifier la trajectoire de la sonde et reprogrammer ses observations, bel exemple de la complémentarité d'observations depuis la Terre et d'observations depuis la sonde : les premières ont permis de découvrir les anneaux et de programmer les observations de la seconde, les secondes nous ont révélé une image complète du système des anneaux et des arcs de Neptune.

En tout cas, le 11 août 1989, cent quarante trois ans après la découverte de Neptune, Voyager 2 a photographié un système complet d'anneaux. Sur certaines photos, on distingue bien l'ombre de la planète sur les anneaux dont la brillance varie beaucoup selon l'angle de phase et selon la dimension des poussières constitutives de l'anneau. Il reste beaucoup à trouver sur les données recueillies pour comprendre comment une structure aussi fine peut perdurer. Sur une photo "un peu ratée" (parce que l'effet de bougé a été mal compensé), on met en évidence des agglomérations de matière. C'est probablement un indice important pour comprendre le confinement et la dynamique des anneaux et des arcs d'anneaux autour de Neptune.

TRITON

Des photos et des spectres pris de la Terre en 1979 et depuis montraient qu'il y avait des variations de couleur sur ce satellite. On attendait donc de grandes révélations et la nuit durant laquelle Voyager 2 a photographié Triton fut un des grands moments d'émotion durant ce séjour à Pasadena.



Fig.6 - 27 août 1989 - L'hémisphère nord de Triton

Cette image a été prise à 80 000 kilomètres, le Soleil étant juste à l'horizon de la zone photographiée. les détails du relief sont rendus très visibles. La grande région plate, à droite, montre un cratère isolé qui résulte d'un impact sans doute relativement récent.

Beaucoup de falaises peu élevées sont brillantes quand elles sont éclairées par le Soleil couchant.

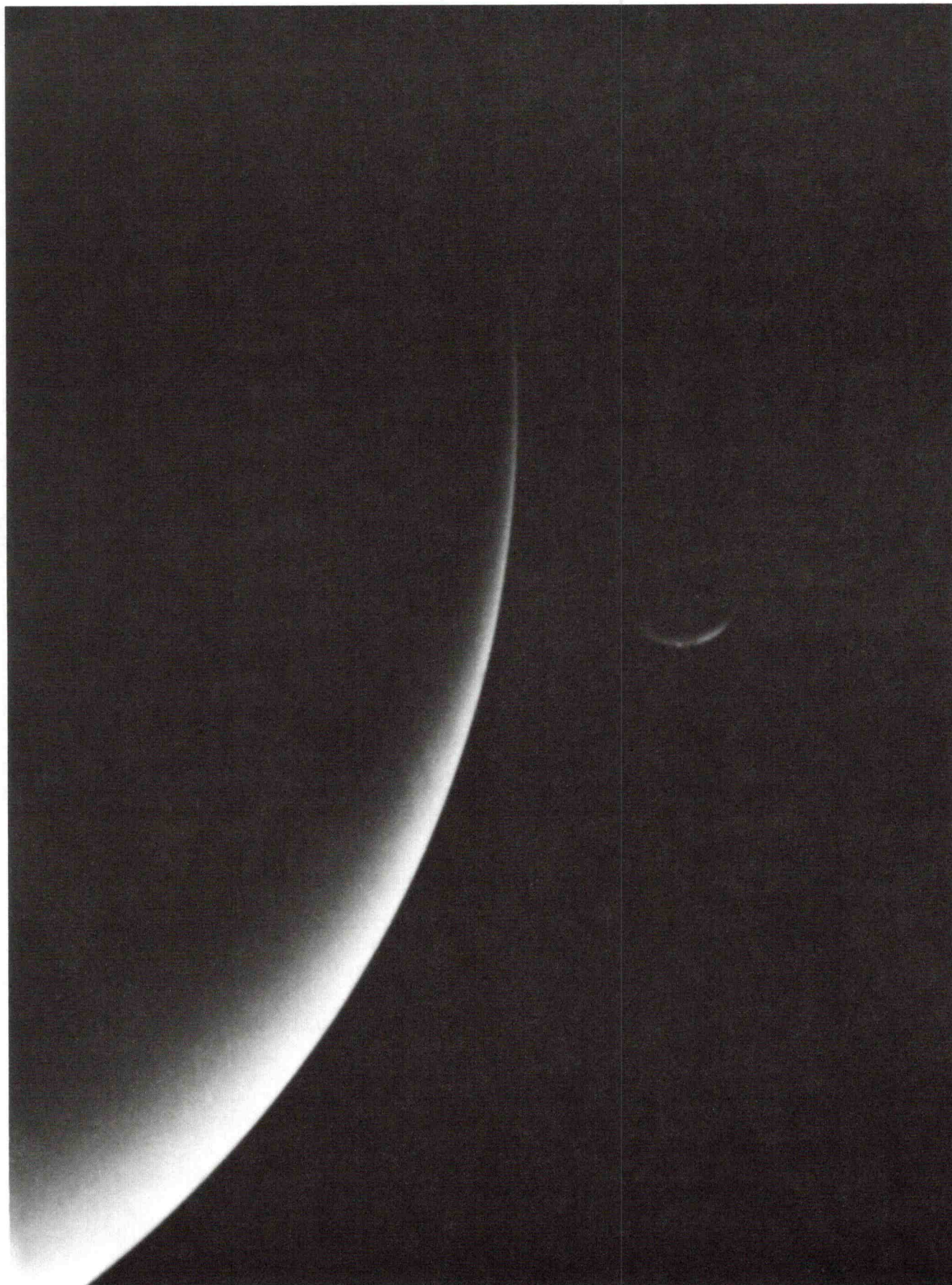


Fig.7 - 29 août 1989 - Adieu planètes !

Cette vue pleine de nostalgie montre les croissants de Neptune et de Triton envahis par la nuit. Voyager plonge à 48° sur le plan de l'écliptique et va s'éloigner définitivement du monde de nos planètes...

On n'a pas été déçu, des révélations étonnantes, une foule de questions qui se posent et donnent du grain à moudre aux géologues, aux planétologues, pour des années. En vrac, quelques unes de ces données: une atmosphère de méthane et surtout d'azote (le troisième astre du système solaire, après la Terre et Titan, à posséder cette particularité) mais à une pression très faible de l'ordre de dix microbars et à 37 K. Des nuages à huit kilomètres du sol. Un sol peu cratérisé sur au moins plus de la moitié de la surface avec des traces d'une sorte d'activité volcanique, des caldéras ; on a découvert une éjection de matière, une sorte de geyser géant, qui s'élève à huit kilomètres d'altitude pour s'étaler en un nuage horizontal dont on voit l'ombre sur la surface du satellite. Autre particularité : une composition du sol d'aspects très différents sur les hémisphères nord et sud. Malgré l'atmosphère et les nuages, le sol apparaît ; par traitement des images, les techniciens américains ont réalisé un film étonnant qui reconstitue ce qu'on verrait d'un avion survolant Triton.

Par sa composition, par son aspect, par ses dimensions, Triton s'apparente à Pluton. Ce qui pose sans doute un problème d'origine commune.

P O U R C O N C L U R E

Une dernière photo prise par Voyager 2 montre la nuit qui envahit Neptune et Triton, la sonde les a dépassés et entreprend sa fuite au delà des confins du système solaire. Ce n'est pas la fin de sa mission, elle aura encore beaucoup à nous apprendre tant qu'elle pourra envoyer des signaux. Pourra-t-elle nous renseigner sur la limite entre le monde planétaire et celui des étoiles ? On devrait pouvoir capter ses signaux jusqu'aux environs de 2015.

En tout cas, depuis son lancement en 1977 et la première récolte en 1979 sur le monde jovien, la réussite de Voyager 2 pendant douze années a été complète...

ANDRE BRAHIC

(rédaction et mise en page Gilbert Walusinski. Notre ami André dit qu'il est beaucoup trop paresseux pour écrire ; il a tout de même pris le temps de corriger ce texte et de choisir les illustrations qui sont toutes d'authentiques documents de la NASA.)

LES POTINS DE LA VOIE LACTEE

ECHOS DE LA SUPERNOVA 1987A

L'explosion de la supernova observée le 24 février 1987 dans le Grand Nuage de Magellan continue à mobiliser les astronomes et particulièrement ceux de l'hémisphère Sud (rappelons que la déclinaison de SN 1987A est -69°). Ainsi par exemple, des images de SN 1987A sont régulièrement réalisées par photographie multicouleur avec le télescope anglo-australien de 3,9 m (AAT), par imagerie CCD avec le télescope de 3,6 m de l'ESO (European Southern Observatory) pour suivre le développement des échos de la lumière émise lors de l'explosion de l'étoile qui a donné naissance à la supernova. Il s'agit là d'un phénomène rarement observé en astronomie; de tels échos n'ont été précédemment détectés que dans deux cas, pour les novae Persei 1901 et Sagittarii 1936 de notre Galaxie.

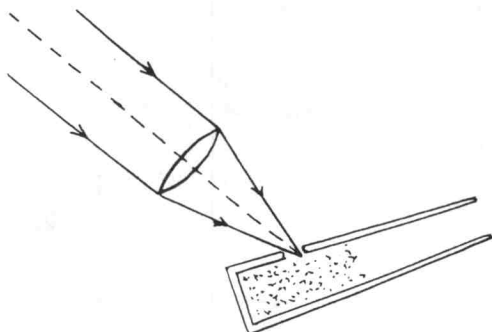
Quelle est l'origine de ces échos de lumière? La lumière émise lors de l'explosion est rayonnée dans toutes les directions et l'observateur perçoit l'évènement quand la lumière a parcouru le chemin direct allant en ligne droite de la source vers lui. Dans le cas de SN 1987A, la distance du Grand Nuage de Magellan est telle que la durée du trajet direct est de 170 000 années. Si la lumière émise dans une autre direction rencontre sur son trajet un "écran réfléchissant" elle pourra être renvoyée vers l'observateur après un trajet indirect plus long dont la durée sera supérieure à 170 000 ans. De tels écrans naturels existent dans le milieu interstellaire et sont constitués par les grains de poussière des nuages interstellaires qui diffusent la lumière reçue. La situation est la plus favorable si les nuages interstellaires sont situés en avant de la source émettrice et en dehors de la ligne de visée vers la supernova.

Les premiers échos de SN 1987A ont été détectés le 7 mars 1988 sous la forme de deux faibles arcs circulaires lumineux centrés sur l'image de la supernova, ayant un rayon de $33''$ et de $58''$ respectivement. Les traitements photographiques en jeu sont très délicats et consistent à faire des soustractions de clichés pris à des dates différentes; on a en particulier utilisé pour cette comparaison des clichés obtenus en 1984, bien avant que la supernova se soit manifestée. Les observations suivies depuis trois ans ont clairement mis en évidence deux anneaux lumineux complets autour de SN 1987A avec un rayon qui augmente au cours du temps à raison de 2 à $3''$ par mois. Il faut noter que cela conduit à une expansion *apparente* des anneaux sur le ciel avec une vitesse de près de 20 fois la vitesse de la lumière. En effet, à la distance de 170 000 a-l (i.e. années de lumière), $1''$ correspond à une longueur de 0,82 a-l; une expansion de $2''$ par mois correspond donc à une distance apparente parcourue de 19,2 a-l par an alors que la vitesse de la lumière est de 1 a-l par an. Mais il s'agit là bien sûr d'une simple apparence sur le ciel. La forme circulaire des échos centrée sur la supernova s'explique par la présence de deux couches planes de poussières interstellaires pratiquement perpendiculaires à la direction SN-observateur; de plus, le rayon de l'anneau observé à une certaine date, fixe la distance de la couche réfléchissante. Ainsi, les deux échos détectés manifestent la présence de deux nappes de poussières continues distinctes, situées à l'avant de la supernova à une distance de 400 et 1000 a-l respectivement. A mesure que le temps passe, nous percevons la lumière réfléchie par des parties de la couche progressivement plus éloignées de la ligne de visée directe et cela correspond à l'expansion observée d'un anneau; de plus, à une date donnée la couche la plus proche de la supernova produit un anneau de rayon plus petit que celui produit par la couche située plus en avant. On comprend que l'analyse détaillée de ces échos (ainsi, leur structure est complexe avec des concentrations isolées; leur brillance superficielle est comparable ce qui indique une quantité de poussière bien plus importante dans la couche la plus proche de nous) est un moyen privilégié pour cartographier en trois dimensions la répartition des nuages de poussière interstellaire dans le Grand Nuage de Magellan.

L.Bottinelli

LE CANON SOLAIRE DE L'ENG DE DOUAI

C'est à l'Université d'été de Sophia-Antipolis, en juillet 1982, que je découvris la "méridienne acoustique" (appellation utilisée par René R.J.Rohr in "Les cadrans solaires, Histoire, Théorie et Pratique", éd Oberlin), instrument conçu pour servir à distance et signaler à des personnes dispersées l'heure exacte de midi par un coup de canon.



Son principe en est simple. A l'arrivée du Soleil dans l'axe de la lentille, le foyer met le feu aux poudres du canon. La lentille, dont l'axe est maintenu dans le plan méridien local, doit journellement être réglée à la

hauteur de culmination du Soleil. Ce cadran bruyant et original n'était pas très rare. Il en existait un à Paris dans les jardins du Palais Royal qui fut restauré en 1975 (cf numéro de septembre 1979 de l'Astronomie).

Il en existait également un à Douai qui permettait l'ajustement de l'horloge du Beffroi à l'heure locale.



MIDI MOINS CINQ!

Le Soleil endossant son uniforme d'artilleur pour faire partir les canons qui veulent bien l'honorer de leur confiance.

(Extrait du cours d'astronomie de Cham 1819-1879)

D'une part, pour répondre au cahier des charges (il faut que le canon puisse tonner le jour dit, même en l'absence de Soleil !), et d'autre part, pour des motifs techniques (difficultés de fabrication d'un mélange détonant et de la maîtrise du bourrage du fût), notre canon s'éloigne de la conception ancienne. (fig 2)

A l'arrivée du Soleil dans l'axe de la lentille, le foyer consume une ficelle. A la rupture de la ficelle, le levier bloquant le percuteur bascule. La percussion de la cartouche provoque la détonation.

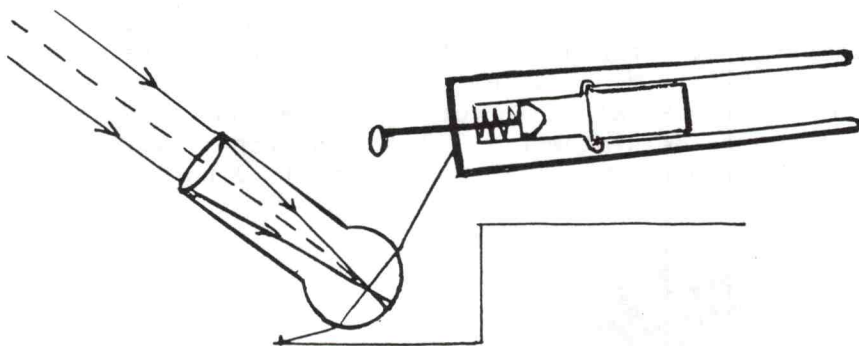


fig 2

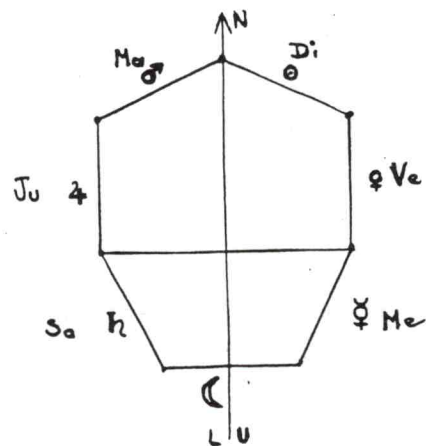
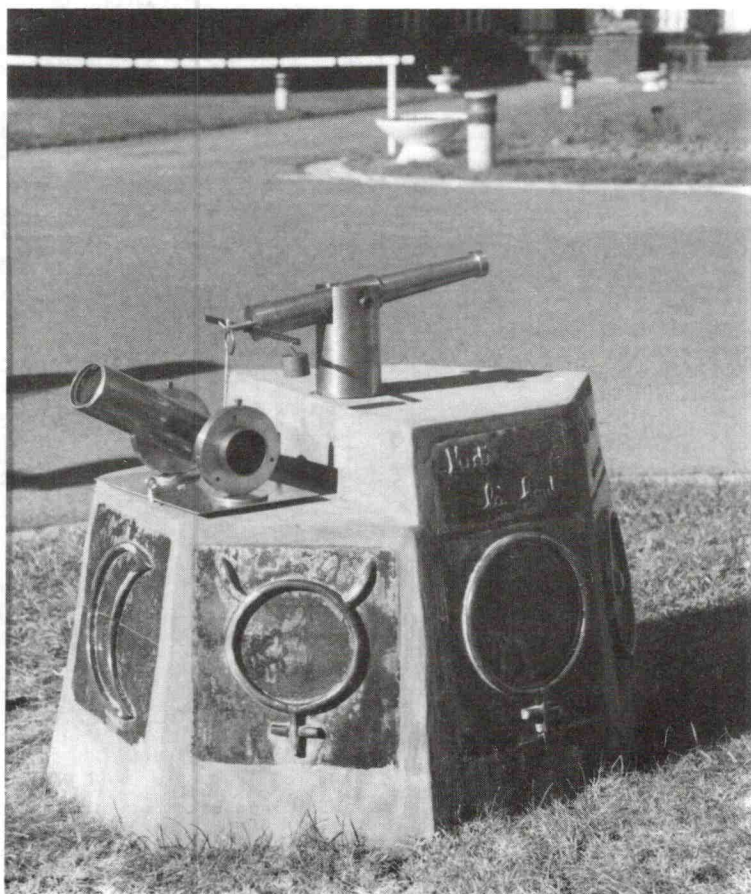


fig 3

Le socle du canon est orné des symboles des sept astres mobiles observables à l'oeil nu. (C'est par anticipation que le Soleil est codé Di : on sait que notre Dimanche, littéralement "jour du seigneur", est dit en anglais Sunday, en allemand Sonntag ... C'est à dire jour du Soleil. Leur positionnement respecte la vision du Monde qui prévalait dans la Rome Antique et jusqu'au Moyen-Age.



Pour la clarté du propos, les heures de la journée ont été numérotées de 1 à 24 comme on le fait de nos jours. Chaque heure du jour était associée à un astre, dans l'ordre évoqué, selon un cycle de sept heures. Si la première heure d'AUJOURD'HUI est associée à Saturne, il en va de même de la huitième, de la quinzième, de la vingt-deuxième; la vingt-troisième sera donc associée à Jupiter, la vingt-quatrième à Mars et la première heure du lendemain sera associée au Soleil.

De même si la première heure de DEMAIN est associée au Soleil, aussi la vingt-deuxième, la vingt-troisième sera donc associée à Vénus, la vingt-quatrième à Mercure et la première heure du lendemain sera associée à la Lune.

Ainsi on observe que : si la première heure d'AUJOURD'HUI est associée à Saturne, la première heure de DEMAIN est associée au Soleil, la première heure d'APRES-DEMAIN sera associée à la Lune, etc.

L'astre associé à la première heure du jour a donné son nom au jour.

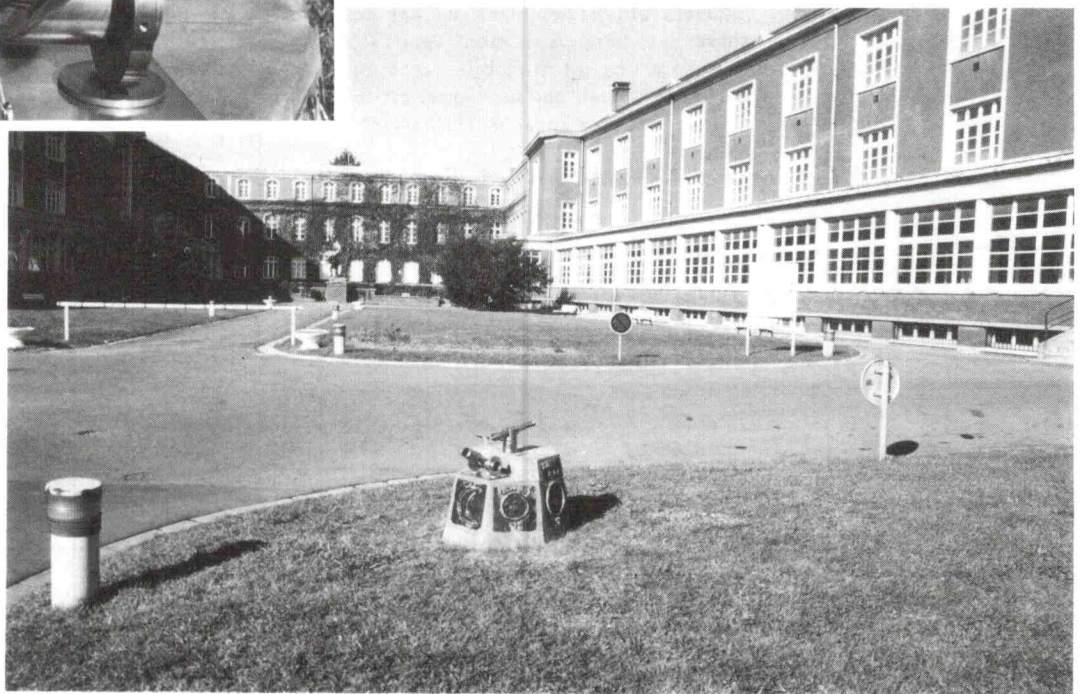
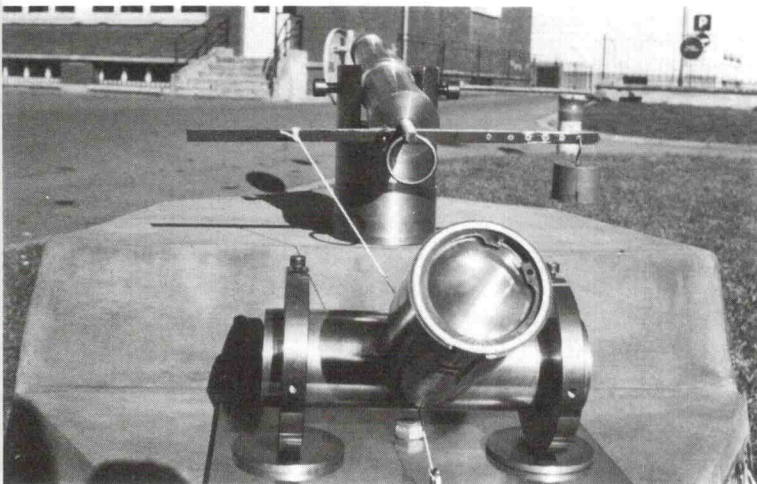
° ° °

La maxime du cadran est empruntée à Paul Valéry :

" MIDI là-haut, Midi sans mouvement
En soi se pense et convient à soi-même... "
Le cimetière marin

La construction du canon solaire de l'ENG est une première étape d'un projet d'implantation de différents types de cadrans. Un projet qui, je l'espère, contribuera à combattre l'image "brumeuse" qu'on se fait de notre région. Les réactions des participants de l'AG du CLEA du 19 novembre à la projection des diapos présentant le canon et son site sont à cet égard encourageantes.

Michel Laisne



NAVETTE SPATIALE - VOL ORBITAL ET RENDEZ-VOUS

Le cours général public 1988-1989 de l'Université de Lausanne a été consacré à L'ESPACE. Claude Nicollier, astronaute à l'Agence Spatiale Européenne, a traité le sujet que nous présentons ici. Nous le remercions, ainsi que Bernard Hauck, vice-recteur de l'Université et fidèle lecteur des Cahiers Clairaut, de nous autoriser à reproduire cette excellente étude. Nos remerciements également aux éditions Payot qui ont publié l'ensemble du cours sous le titre L'ESPACE, un volume dont nous avons rendu compte (CC 48, p.28).

1. Introduction

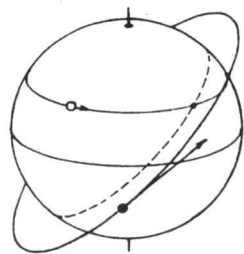
Peu après les premiers vols habités dans l'espace au début des années soixante, on s'est rendu compte rapidement que la maîtrise des rendez-vous dans l'espace constituait une nécessité opérationnelle. Le programme Apollo rendait nécessaire l'exécution de rendez-vous en orbite lunaire entre l'étage de montée du module lunaire et le module de commande. Le Programme Skylab, ainsi que les programmes soviétiques des stations Salyut et Mir, ont tous fait appel aux techniques de rendez-vous pour amener équipages, expériences et autre équipement dans les stations sur orbite terrestre basse. Le vol d'Apollo-Soyuz, en 1975, a nécessité un rendez-vous entre le vaisseau spatial américain et son homologue soviétique. C'est du programme de la navette spatiale américaine dont il sera essentiellement question dans ce cours. La navette, avec sa capacité d'intervention en orbite pour réparation sur place, ou transfert vers la Terre, de satellites en panne, est bien entendu équipée de moyens modernes permettant les rendez-vous sur orbite terrestre basse. Ses installations lui permettent même d'effectuer ces rendez-vous avec une autonomie qui n'existait pas dans les programmes précédents. La capacité de la navette d'accomplir avec succès des rendez-vous en orbite sera pleinement utilisée vers le milieu de la prochaine décennie lorsqu'il s'agira d'accomplir les quelque vingt vols nécessaires à l'assemblage de la station orbitale internationale "Freedom", et d'y amener ensuite régulièrement équipages, charges utiles et équipement de rechange. L'avion spatial européen Hermès aura aussi la capacité d'effectuer des rendez-vous puisque sa tâche principale, après la fin de la période d'essais en vol orbital, sera de desservir la station orbitale européenne MTF (Man-Tended Free Flyer) ainsi que, dans un deuxième temps, la station "Freedom".

1.1. Objectifs et contenu du cours

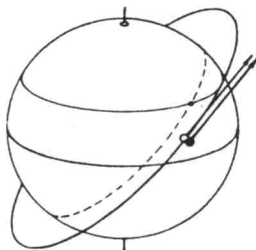
Le but de ce cours est de faire comprendre au lecteur les fondements sur lesquels sont basées les stratégies de rendez-vous sur orbite terrestre basse avec la navette spatiale. Les lois du mouvement orbital seront tout d'abord présentées de manière simplifiée, et une brève explication des moyens de navigation, de guidage et de pilotage de la navette spatiale sera donnée. La dernière partie du cours sera consacrée à une explication du profil standard utilisé pour les rendez-vous au moyen de la navette. Certains aspects opérationnels relatifs au pilotage de la navette en orbite seront aussi mis en évidence.

2. Le problème du rendez-vous orbital

Le problème du rendez-vous orbital peut être présenté de la manière suivante (fig 1). Il s'agit de passer d'un état initial à un état final en regard des positions et vecteurs vitesse du chasseur et de la cible. Dans le cas qui nous intéresse, le chasseur est la navette, initialement sur le pas de tir au site de lancement de la NASA à Cap Canaveral, en Floride. La cible est un satellite, sur orbite circulaire basse (disons 300 kilomètres d'altitude) avec lequel la navette va effectuer le rendez-vous. Les vitesses initiales sont d'environ 400 mètres par seconde



ETAT INITIAL



ETAT FINAL

fig.1

vers l'est pour la navette sur le pas de tir (à cause de la rotation de la Terre), et 7,5 km/s pour le satellite. L'état final est caractérisé par une position et une vitesse communes pour le chasseur et la cible. Dans notre cas, nous n'allons considérer que des rendez-vous avec des cibles passives, c'est à dire sans capacité de manoeuvre orbitale. Il est bon de préciser cependant que, souvent, l'attitude de la cible est contrôlée, soit automatiquement, soit au moyen de commandes issues d'un centre de contrôle au sol ou du chasseur. Bien qu'un rendez-vous avec une cible qui n'est pas équipée d'un système de contrôle d'attitude ne présente pas de problème particulier, la tâche de maintenance ou de réparation sur place s'en trouve compliquée.

2.1. Premières constatations

En considérant la fig 1, on voit immédiatement qu'une des conditions pour l'accomplissement "économique" (du point de vue du carburant utilisé) du rendez-vous par la navette est de faire partir cette dernière dans le plan de l'orbite du satellite, au moment où le site de lancement se trouve dans ce plan. Cette condition est satisfaite deux fois par jour, à condition que l'inclinaison de l'orbite du satellite, par rapport à l'équateur terrestre, soit supérieure à la latitude du lieu de lancement. Cette condition est satisfaite une fois par jour seulement dans le cas d'une inclinaison d'orbite égale à la latitude du lieu de lancement, et jamais si le satellite est sur une orbite d'inclinaison inférieure à cette latitude. On comprend bien maintenant la raison de la courte durée de la "fenêtre de lancement" de la navette pour les vols avec rendez-vous. Si la condition précitée est satisfaite, le problème du rendez-vous devient un problème d'orbite relative Chasseur/cible dans le plan de l'orbite de la cible.

3. Lois du mouvement orbital

Les lois du mouvement orbital, permettant de décrire les trajectoires du chasseur et de la cible, peuvent être exprimées sous la forme des lois de Kepler (début du XVII^{ème} siècle). Elles sont résumées sur la fig 2. Elles s'appliquent au problème à deux corps. La première loi exprime que la forme de l'orbite d'un corps par rapport à l'autre est elliptique. De plus, "l'autre" corps est au foyer de l'orbite du premier. Dans notre cas, le premier corps est la navette ou un satellite, l'autre la Terre. La deuxième loi est la loi des aires : le rayon vecteur joignant les deux corps balaie des aires égales en des temps égaux. Sur la figure, les deux aires représentées étant égales, les arcs orbitaux correspondants sont parcourus en des temps égaux, ce qui signifie, dans notre cas, que la vitesse orbitale est plus élevée au périégée qu'à l'apogée de l'orbite de la navette ou du satellite. La loi des aires est une expression de la conservation du moment cinétique du système. La troisième loi, enfin, exprime que le carré du temps de révolution est proportionnel au cube du grand axe de l'orbite ($2a$). Aux orbites de grande dimension correspondent de longues périodes de révolution. Sur une orbite circulaire à 300 km de la Terre, la navette met 1h30 pour en faire le tour. A 36 000 km de la Terre, un satellite en orbite géostationnaire fait le tour de notre globe en près de 24 heures. Dans le cas de la Lune, à 385 000 km de la Terre, la période de révolution est voisine du mois. Deux conséquences importantes des lois de Kepler sont exprimées sur la fig 3: pour une série d'orbites circulaires, la vitesse orbitale varie comme l'inverse de la racine carrée de la distance au centre attractif. De plus, à chaque révolution, l'éloignement horizontal relatif, pour deux orbites circulaires adjacentes, est approximativement égal à dix fois l'écart vertical entre les deux orbites. Par exemple, si la navette se trouve initialement à 10 m en dessous d'un satellite et sur la même verticale, (positions 1 sur la fig 3), après une révolution (1h30), elle en sera éloignée vers l'avant d'une centaine de

LOIS DE KEPLER (2 CORPS)

- TRAJECTOIRE ELLIPTIQUE
- LOI DES AIRES (CONSERVATION DU MOMENT CINETIQUE)
- $T^2 \sim a^3$

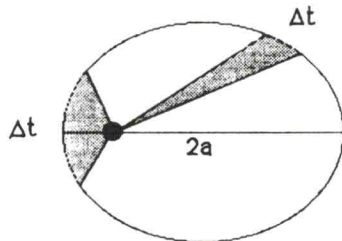
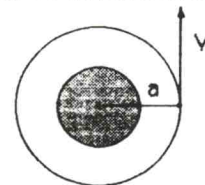


fig.2

- VARIATION DE LA VITESSE ORBITALE AVEC L'ELOIGNEMENT DU CENTRE ATTRACTIF:

$$v \sim \frac{1}{\sqrt{a}}$$



- ELOIGNEMENT HORIZONTAL RELATIF, POUR DEUX ORBITES CIRCULAIRES ADJACENTES, PAR ORbite:

$$\Delta x = 3 \pi \Delta a$$

$$\Delta x \approx 10 \Delta a$$

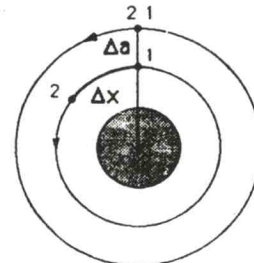


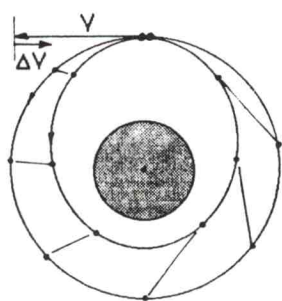
fig.3

mètres (positions 2 sur la fig 3). Si la navette est initialement 10 m en dessus, elle se retrouvera près de 100 m en arrière une orbite plus tard. Ce résultat est important. Il montre qu'il est essentiel de bien choisir sa position d'attente au voisinage d'un satellite à l'issue d'un rendez-vous. Le mieux est de se placer dans le plan de son orbite, et à sa hauteur. Une position hors du plan conduira à un écart latéral cyclique de période égale à la période orbitale. Tout écart en hauteur résultera en un éloignement vers l'avant ou vers l'arrière, éloignement qu'il faudra combattre par des translations coûteuses en carburant.

3.1. Mouvement relatif chasseur/cible à la suite d'une impulsion rétrograde ou posigrade

Voici une autre conséquence importante des lois de Kepler. Considérons les conditions initiales de la fig 4. La navette et le satellite, à l'issue d'un rendez-vous, sont au même endroit de l'espace, sur une orbite circulaire avec une vitesse V . Une impulsion ΔV rétrograde (dans la direction opposée au vecteur V) est impartie à la navette, avec ΔV très inférieur à V . La trajectoire de la navette qui en résulte, relativement à un référentiel horizontal/vertical lié au satellite, est représentée sur la même figure. Il s'agit de bien comprendre qu'à la suite de cette impulsion, la navette, ayant perdu de la vitesse par rapport à la vitesse circulaire initiale, va se trouver sur une orbite elliptique ayant son périhélie à l'opposé de l'endroit où l'impulsion a été donnée. Initialement, la navette va s'éloigner vers l'arrière du satellite. Rapidement, cependant, elle va perdre de la hauteur puisqu'elle vient de quitter l'apogée de sa nouvelle orbite, se dirigeant vers son périhélie. Cette diminution de hauteur s'accompagne d'une augmentation de vitesse (2ème loi de Kepler), à tel point que la navette va dépasser le satellite par-dessous? Passer au périhélie de son orbite environ 45 min après l'impulsion, et se retrouver à la même hauteur, mais devant le satellite une orbite complète après l'impulsion.

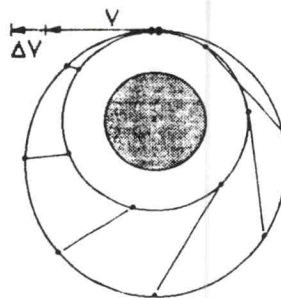
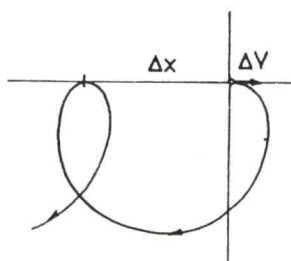
On peut montrer que pour une impulsion rétrograde de 1 ft/s (environ 30 cm/s), la navette se retrouve, après une orbite, pas moins de 5 km devant le satellite ! Si aucune manoeuvre n'est effectuée par la navette, elle va continuer à s'éloigner indéfiniment du satellite, sur une trajectoire relative faite de boucles culminant à la hauteur de l'orbite initiale (ou de l'orbite du satellite). Chaque boucle, correspondant à une orbite, produit un accroissement de la distance navette-satellite de 5 km environ.



$$\Delta V = 1 \text{ ft/sec}$$

$$\Delta x \approx 17400 \text{ ft} \approx 5000 \text{ m}$$

MOUVEMENT RELATIF:



$$\Delta V = 1 \text{ ft/sec}$$

$$\Delta x \approx 17400 \text{ ft} \approx 5000 \text{ m}$$

MOUVEMENT RELATIF:

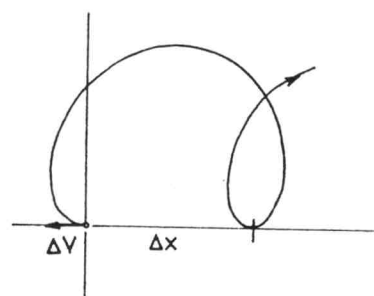


fig.4

fig.5

La fig.5 illustre la conséquence d'une impulsion posigrade (dans la direction du vecteur vitesse) de la navette à partir des mêmes conditions initiales que précédemment. Cette fois-ci, après un bref éloignement vers l'avant, la navette monte en dessus du satellite, en direction de l'apogée de sa nouvelle orbite. Sa vitesse en est diminuée, à tel point qu'elle passe au-dessus et vers l'arrière du satellite, pour terminer sa première orbite après l'impulsion derrière le satellite. Là encore, une impulsion de 1ft/s (environ 30 cm/s) cause un éloignement relatif navette-satellite de 5 km environ après une orbite. Ces résultats sont d'une importance considérable pour les stratégies de rendez-vous et de "vol en formation" en orbite. Ils montrent qu'il faut se garder d'utiliser simplement son intuition pour exécuter des manoeuvres à proximité d'un satellite. En effet, on voit qu'une impulsion de faible amplitude vers l'avant nous amène à grande distance derrière le satellite après une orbite, et une impulsion vers l'arrière nous fait gagner du terrain et nous conduit à l'avant du satellite. De façon similaire, lorsqu'on s'approche d'un satellite le long de son vecteur vitesse (à l'avant ou à l'arrière de celui-ci), un coup de frein va, en moyenne nous faire avancer plus vite, et un coup d'accélérateur va, en moyenne réduire notre vitesse d'approche, ou même nous faire reculer par rapport au satellite !

3.2. Transfert de Hohmann

La fig.6 illustre le concept du transfert de Hohmann. Il s'agit du passage d'une orbite circulaire à l'autre par l'intermédiaire d'une orbite de transfert elliptique tangente à l'orbite de départ et à l'orbite d'arrivée. Considérons le cas du passage d'une orbite circulaire basse à une orbite circulaire plus élevée. L'injection sur l'orbite de transfert est accomplie par une impulsion purement posigrade, maximisant le changement d'énergie cinétique pour un changement de vitesse donné. Une fois arrivé à la hauteur de l'orbite finale, à l'apogée de l'orbite de transfert, une nouvelle impulsion posigrade permet la circularisation de l'orbite. Le transfert de Hohmann permet de passer d'une orbite circulaire à l'autre avec le minimum de dépense d'énergie, donc de carburant.

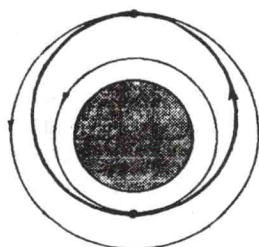


fig.6

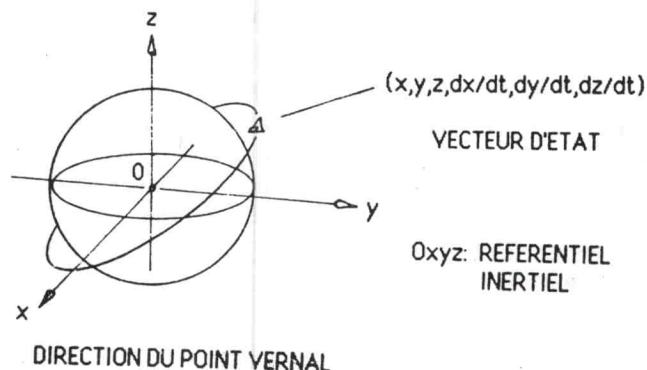


fig.7

4. Systèmes de navigation, de guidage et de pilotage de la navette en orbite

Ces systèmes permettent à la navette d'avoir connaissance de sa propre position dans l'espace, de calculer les impulsions nécessaires pour aller d'un point à l'autre dans l'espace, et de mettre en action ses moyens (manuels ou automatiques) de contrôle d'attitude et de trajectoire.

4.1. Navigation Formellement, le problème de la navigation est la réponse à la question "où suis-je ?". Le référentiel utilisé pour décrire la position de la navette est un référentiel inertiel dont l'origine est au centre de la Terre O, l'axe x est dans le plan de l'équateur terrestre, en direction du point vernal, l'axe z est confondu avec l'axe de rotation de la Terre, en direction du nord, et l'axe y est aussi dans le plan de l'équateur terrestre, avec Oxyz formant un trièdre orthogonal direct (fig. 7).

Les ordinateurs à bord de la navette calculent en permanence le "vecteur d'état" de celle-ci, c'est à dire le vecteur à six dimensions $(x, y, z, dx/dt, dy/dt, dz/dt)$, sur la base de conditions initiales et de la résolution numérique des équations du mouvement orbital, en tenant compte du potentiel gravifique terrestre, mais aussi des accélérations dues à l'action des propulseurs servant au contrôle de l'attitude et aux translations. Le vecteur d'état ainsi propagé dans le temps est bien entendu entaché d'une erreur croissante, si bien qu'un recalage périodique, sur la base de mesures radar effectuées depuis le sol, est nécessaire. Il est question, dans le futur, d'utiliser le système de navigation par satellites GPS (Global Positioning System) pour le recalage.

4.2. Guidage Le problème du guidage est le problème de la manoeuvre à effectuer ou de l'impulsion à donner pour aller d'un point de l'espace à un autre (fig.8). Typiquement, la direction et l'amplitude de l'impulsion nécessaire pour passer d'une orbite à une autre est un problème de guidage. Les ordinateurs de bord peuvent être chargés d'un logiciel de guidage qui permet une solution autonome du problème. Bien sûr, dans le cas d'un rendez-vous, le problème du guidage n'a de sens que s'il est posé sur la base de la connaissance précise de la position de la cible par rapport au chasseur. Il est donc indispensable de disposer d'un bon vecteur d'état de la cible par rapport à la navette avant d'engager les ordinateurs de bord sur le problème du guidage.

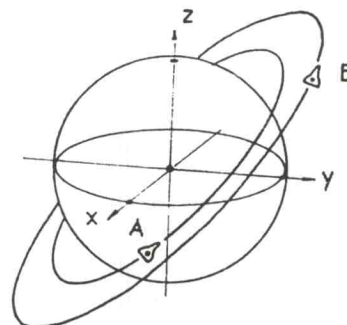


Fig. 8
Guidage - Comment aller de A à B?

4.3. Pilotage Le pilotage est la mise en oeuvre des moyens de contrôle de l'attitude et de la trajectoire. Pour la phase orbitale, ces moyens sont constitués par un ensemble de propulseurs permettant les rotations et les translations de la navette.

4.4. Montée de la navette en orbite Avant de décrire les moyens de navigation, de guidage et de pilotage de la navette en phase orbitale, la phase de montée sera brièvement passée en revue. La configuration de la navette au départ est comme présentée sur la fig.9. L'assemblage est constitué de l'avion spécial ou orbiteur, le coeur du système, comprenant la cabine de pilotage et l'équipage, la soute contenant la charge utile, la presque totalité des systèmes de bord, et flanqué à l'arrière de trois propulseurs

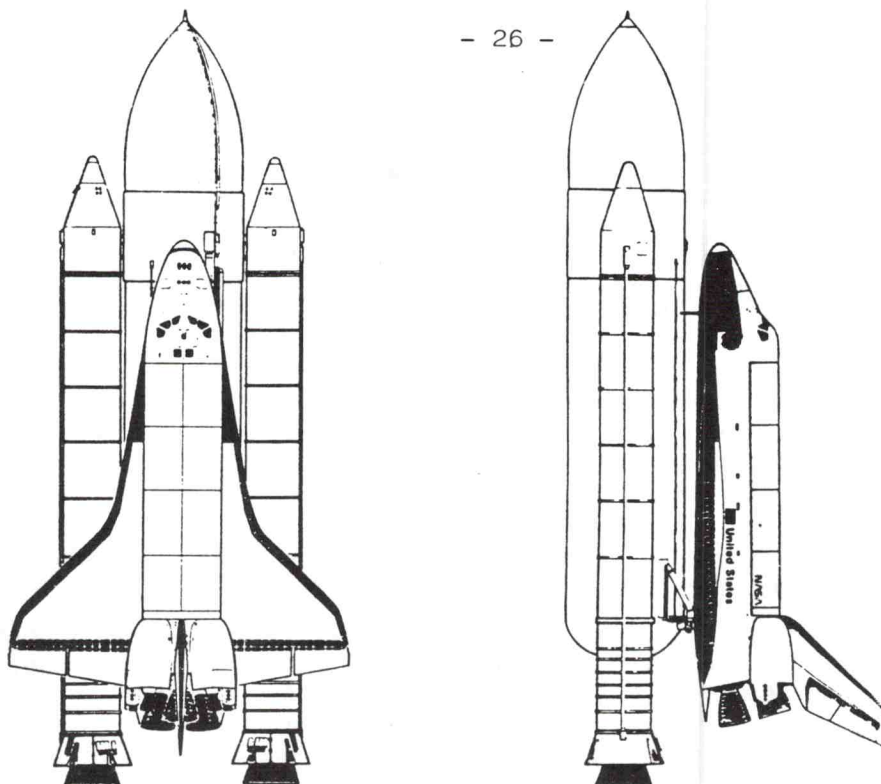


Fig 9
Configuration de la navette au départ.

à hydrogène liquide. Ces propulseurs ne sont utilisés que pour la phase de montée en orbite. L'orbiteur est fixé à un grand réservoir extérieur contenant l'hydrogène et l'oxygène liquides servant à alimenter les propulseurs principaux pendant la montée en orbite. Deux propulseurs d'appoint, à combustible solide, se trouvent de part et d'autre du réservoir extérieur. Ils fournissent la plus grande partie de la poussée pendant les deux premières minutes de la montée, après quoi ils sont largués et récupérés par la suite dans l'océan. Un profil typique de montée en orbite est illustré sur la fig.10. SRB SEP (Solid Rocket Booster Separation) est le point de largage des propulseurs d'appoint après la fin de combustion. MECO (Main Engines Cutoff) est le point de coupure des propulseurs principaux, quelque 8:30min après le départ, et à une vitesse légèrement inférieure à la vitesse orbitale. ET SEP (External Tank Separation) est le point de largage du réservoir extérieur 18 sec après MECO. Après le largage, le réservoir suit un arc orbital et tombe dans l'Océan Indien 45 minutes environ après le départ. La suite de la mise en orbite de la navette s'effectue à l'aide de deux impulsions posigrades, désignées OMS-1 et OMS-2, utilisant les propulseurs de manoeuvres en orbite OMS (Orbital Manoeuvring System).

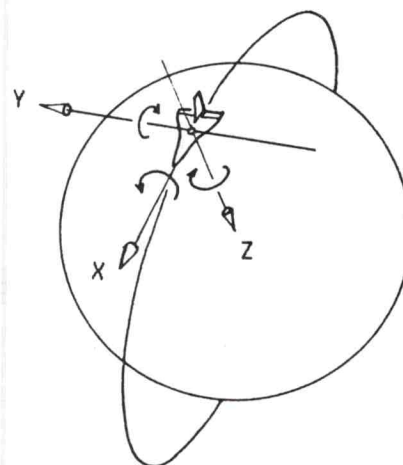
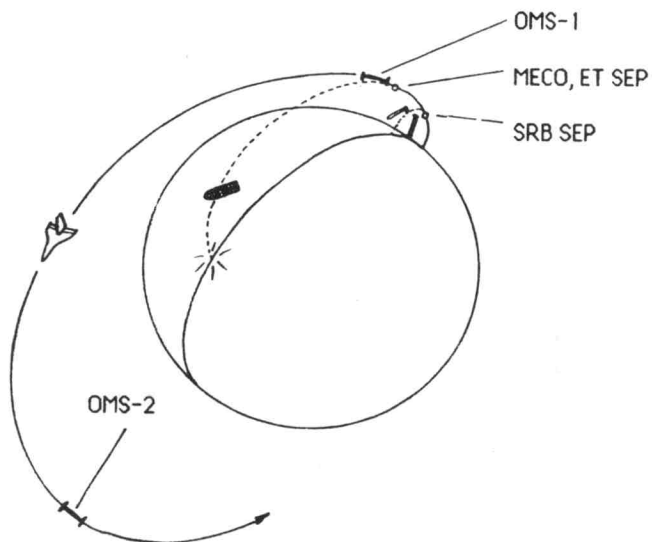


Fig. 11
Degrés de liberté pendant la phase orbitale.

4.5. Degrés de liberté durant la phase orbitale

Revenons à la phase orbitale (fig.11). Le centre de gravité de la navette suit une trajectoire conforme aux lois de Kepler. Par rapport à ce centre, la navette possède six degrés de liberté de mouvement : trois de translation, et trois de rotation. Quelle que soit son attitude en orbite, on peut la faire translater selon son axe X (avant-arrière), son axe Y (droite-gauche) ou son axe Z (bas-haut). De même on peut la faire tourner autour de l'axe X (roulis), l'axe Y (tangage), ou l'axe Z (lacet).

4.6. Moyens de bord permettant la navigation, le guidage et le pilotage

Ces moyens sont nombreux et complexes et il est hors de question de les traiter en détail ici. Le cerveau du système de navigation, guidage et pilotage est constitué par cinq ordinateurs de bord et leurs éléments périphériques. Pendant la phase orbitale, deux ordinateurs seulement sont chargés du logiciel de guidage, navigation et pilotage. Par contre, pour les phases de montée en orbite et de descente, plus critiques, les ordinateurs sont configurés de façon à assurer une quadruple redondance pour les tâches de navigation, guidage et pilotage. Ce sont les ordinateurs de bord chargés du logiciel correspondant qui sont responsables de la propagation des vecteurs d'état de la navette et de la cible. La connaissance en tout temps de ces deux vecteurs permet à la navette (et par conséquent à l'équipage) de toujours savoir dans quelle direction et à quelle distance se trouve la cible. Les ordinateurs de bord assurent un grand nombre d'autres tâches : calcul des solutions de guidage pour les rendez-vous et autres manoeuvres en orbite, autopilote digital, pointage automatique, sélection des moyens de contrôle de l'attitude, management de la redondance, surveillance des fonctions critiques, annonce à l'équipage de valeurs hors limites pour divers paramètres, etc...

Les rotations et translations de la navette sont assurées par trois types de propulseurs : les propulseurs OMS (Orbital Manoeuvring System), situés à l'arrière du véhicule et déjà cités dans le paragraphe sur la montée en orbite. Ils servent aux manoeuvres de translations orbitales nécessitant une impulsion de plus de 2 à 3 m/s. Les propulseurs RCS (Reaction Control System), au nombre de 38, répartis à l'avant et à l'arrière du fuselage de l'orbiteur, sont utilisés pour les rotations ou changements d'attitude, et pour les translations de faible amplitude. Enfin, les propulseurs "Vernier RCS", au nombre de six et de très faible poussée (12 kilogrammes-force seulement, pour un véhicule de 100 tonnes), sont utilisés essentiellement pour le maintien d'une attitude précise. Les propulseurs OMS et RCS sont alimentés par un carburant et oxydant hypergoliques, c'est à dire dont l'allumage est spontané lorsqu'ils sont en contact l'un avec l'autre.

Différents capteurs et détecteurs sont mis en oeuvre pour l'alignement des plate-formes des centrales inertiellles (voir ci-dessous) et aussi pour repérer la position de la cible dans l'espace lors d'un rendez-vous. Il s'agit de deux capteurs stellaires, l'un orienté suivant l'axe Z (vers le haut), l'autre suivant l'axe Y (vers la gauche) et d'un collimateur optique dans le cockpit. Un radar de rendez-vous est également utilisé pour mesurer la position de la cible lorsque sa portée est de moins de 30 km.

Trois centrales inertiellles redondantes sont utilisées comme référence d'attitude, et pour mesurer les changements de vitesse vectorielle lorsque les propulseurs OMS et RCS sont actifs. Les plate-formes gyrostabilisées sur lesquelles se trouvent les accéléromètres sont alignées de façon précise avant le départ. Une fois par jour environ, elles sont re-alignées en comparant les données fournies par les capteurs stellaires avec le contenu d'une "carte du ciel" contenue dans la mémoire des ordinateurs de bord.

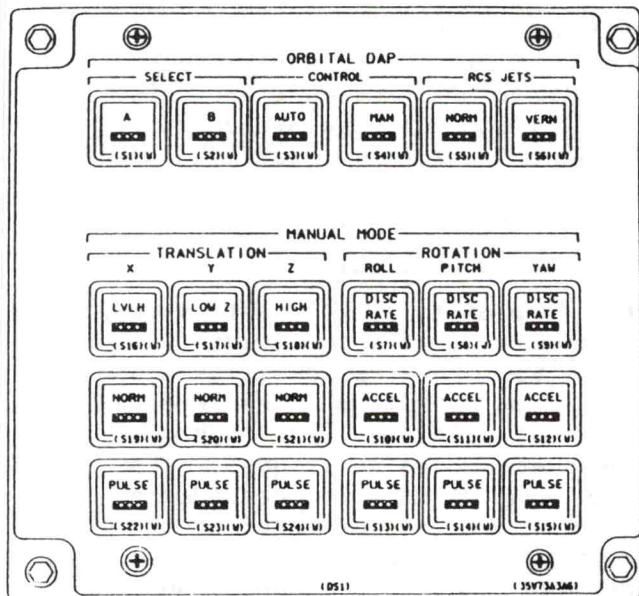


Fig. 12
Autopilote digital.

2011/ / UNIV PTG XX X DDD/HH MM SS
CUR MNVR COMPL XX XX XX DDD/HH MM SS
1 START TIME XX/XX XX XX

CUR FUT

MNVR OPTION 4 START MNVR 18 X X
5 R XX.XX TRK 19 X X
6 P XXX.XX ROT 20 X X
7 Y XXX.XX CNCL 21 X

TRK/ROT OPTIONS ATT MON
8 TGT ID XX 22 MON AXIS X XX
ERR TOT 23X
ERR DAP 24X

9 RA XXX.XXX
10 DEC XX.XXX
11 LAT XX.XXX
12 LON XX.XXX
13 ALT XX.XX

ROLL PITCH YAW
CUR XXX.XX XXX.XX XXX.XX
REQD XXX.XX XXX.XX XXX.XX
ERR ±XXX.XX ±XXX.XX ±XXX.XX
RATE ±XX.XXX ±XXX.XX ±XXX.XX

14 BODY VECT X

15 P XX.XX
16 Y XXX.XX
17 OM XXX.XX

LDG SITE UPDATE
25 PRI XX XXXXX
26 SEC XX XXXXX
27 ALT XX XXXXX

(XX)

Fig.13 Pointage automatique 1.Sélection d'attitude inertielle - 2.Options de pointage - 3.Sélection d'un vecteur lié à la navette - 4.Exécution de la manoeuvre 5.Attitude actuelle, désirée et erreur d'attitude

Les moyens de pilotage manuel, enfin, sont constitués par des "manches à balai" classiques pour les rotations, ainsi que des leviers de commande à trois degrés de liberté pour les translations. Le pilotage en manuel peut se faire de l'une des places avant, ou de l'arrière du cockpit, face à l'arrière de la navette pour la phase orbitale.

4.7. L'autopilotage digital Il s'agit là d'un autopilote de logiciel, applicable aux rotations et translations, et qui permet à l'équipage, par l'intermédiaire d'un tableau de commande (fig.12), d'une page de "display" d'un terminal d'ordinateur de bord (fig.13), du clavier alphanumérique correspondant, et de commandes manuelles, de piloter la navette en rotation et translation. Si le mode automatique (AUTO) est choisi sur le tableau de commande, la page du "display" désignée "UNIV PTG" est alors active.

On peut ainsi rentrer dans les ordinateurs de bord trois angles définissant une attitude inertielle à maintenir. On peut aussi définir une cible terrestre (longitude, latitude, altitude) ou céleste (ascension droite déclinaison, ou alors un satellite dont le vecteur d'état est connu en tout temps par la navette, définir ensuite un vecteur lié à la navette, et demander à l'autopilote de maintenir constamment ce vecteur vers la cible. La page "UNIV PTG" présente à l'équipage, en permanence, l'attitude désirée, l'attitude actuelle, et l'erreur entre les deux. La fig.14 illustre ce qui se passe si on demande à l'autopilote digital de maintenir l'attitude inertielle de la navette dans son mouvement orbital autour de la Terre. La fig.15 illustre d'autres possibilités d'utilisation de l'autopilote: pointage d'un vecteur lié à la navette vers un satellite, pointage permanent du centre de la Terre avec l'axe +X (vers l'avant), pointage d'un point de la surface terrestre avec le même axe, et enfin pointage d'un satellite géostationnaire, toujours avec l'axe +X. Toutes ces capacités de l'autopilote sont indispensables pour l'accomplissement d'un rendez-vous.

(à suivre)

Claude Nicollier

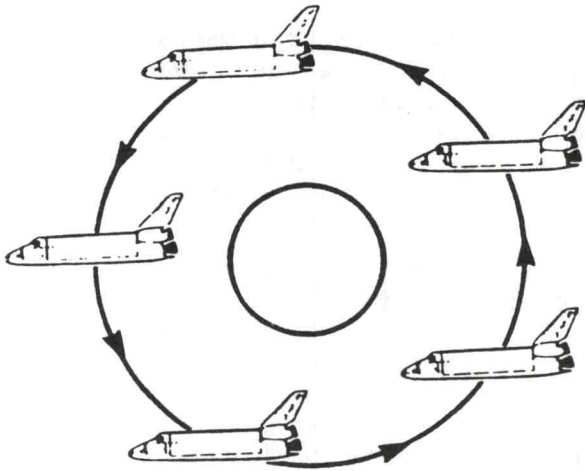


Fig.14
Maintien d'une attitude inertielle,
ou pointage d'un point de la
sphère céleste (étoile, Soleil).

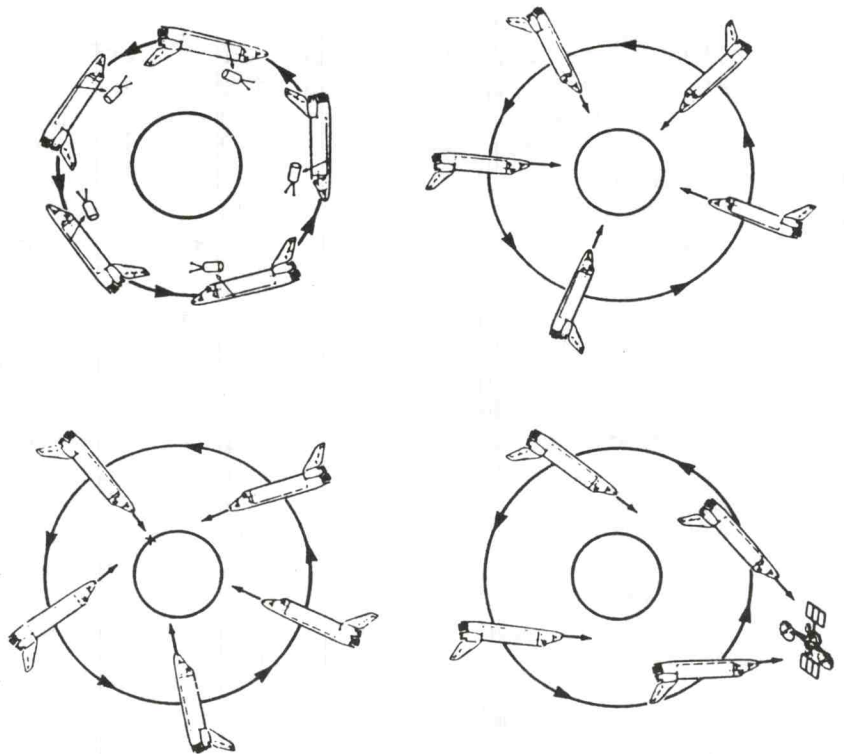


Fig. 15
Autres possibilités d'usage de l'autopilote.

LECTURES POUR LA MARQUISE ET POUR SES AMIS

L'EXPANSION DE L'UNIVERS

par Evry Schatzman ; collection "Questions de Science";
100 p. ; éd Hachette 1989 (89 F).

Dans cette nouvelle collection de livres de vulgarisation où se retrouvent les meilleurs auteurs (François Gros sur le gène, Victor Weisskopf sur les quanta), Evry Schatzman nous donne un remarquable tableau du problème fondamental de l'astronomie d'aujourd'hui. La préface de Dominique Lecourt, directeur de la collection, rappelle les grandes lignes de l'astronomie classique pour situer ce qui suit.

Et qui s'ordonne en trois parties. En premier, les faits cosmologiques et la théorie de l'expansion qui les coordonne ; exposé sans formules d'une parfaite clarté ; Schatzman signale d'ailleurs l'existence d'autres modèles dont il indique les faiblesses. La deuxième partie est sans doute la plus captivante, "Questions ouvertes", car tout progrès, telle la théorie de l'expansion de l'Univers, apporte autant de questions nouvelles qu'elle résout de problèmes. Sont ainsi passés en revue : l'isotropie du rayonnement fossile, la composition chimique de l'Univers, le modèle inflationnaire, l'unification des forces de la nature, les brisures de symétrie, du cosmos à la vie, la distribution et la formation des galaxies, l'âge de l'Univers.

La troisième partie devrait être lue et relue par tous les collègues. Elle rappelle l'importance des progrès dans l'instrumentation pour les progrès dans la recherche fondamentale. On le sait bien, mais la réflexion de Schatzman débouche sur la place de cette recherche fondamentale dans la vie sociale et politique. La réflexion s'élargit même sur

l'unité de l'Univers. Quant aux interférences entre recherche fondamentale et recherche appliquée, Schatzman les a plus longuement analysées dans son livre précédent La Science menacée. Il y revient pourtant en insistant sur le rôle que devrait jouer l'enseignement des sciences s'il était moins dogmatique. Il rappelle le rôle pas toujours heureux des médias plus avides de sensationnel que d'information sérieuse et des auteurs qui voient un peu vite dans la théorie de l'expansion un retour de dieu.

Comme tous les livres de Schatzman, celui-ci pousse le lecteur à la réflexion. Je ne saurai mieux dire tout l'intérêt que j'y ai pris qu'en citant sa conclusion :

"Espérons que les Eglises, ayant tiré les leçons de l'affaire Galilée puis de celle de Darwin, auront compris que la foi, en définitive, a plus à redouter qu'à espérer lorsqu'elle se mêle de science. Quant aux scientifiques, si certains peuvent être pour des raisons personnelles portés à la mystique, dans leur grande majorité, ils savent faire le partage. On peut enfin souhaiter, ce qui est peut-être aujourd'hui le plus difficile, que les chercheurs sachent résister au puissant appel des médias lorsqu'ils leur demandent d'entrer dans un jeu de mystification où la science a tout à perdre et qui témoigne, par ailleurs, d'un profond mépris à l'égard des citoyens en hypothéquant le plus précieux de leur bien, la liberté de penser.

Les citoyens ont certes le droit de rêver, c'est même à mes yeux l'un des attrait majeurs de l'astrophysique que de relancer sans cesse le rêve sur des voies escarpées ; mais ils ont aussi le droit de savoir, et de savoir d'abord où finit le savoir et où commence le rêve !"

A L'OMBRE D'UN MONUMENT DU VINGTIEME SIECLE

A partir des archives d'Albert Einstein qui, selon la volonté du savant, sont la propriété de l'Université hébraïque de Jerusalem, une équipe de chercheurs américains, à Boston, a entrepris d'éditer la totalité des écrits d'Einstein dans leur langue originale (l'allemand pour la plupart). Cela représentera plus de trente volumes de cinq cents pages chacun.

Ce monument sera le texte de référence sur un grand moment de la pensée humaine. Donc pas forcément très accessible pour les étudiants. C'est pourquoi une équipe de chercheurs français animée par Françoise Balibar a eu la bonne idée, avec l'accord de l'équipe de Boston, de préparer une édition en français d'oeuvres choisies d'Albert Einstein. Les deux tomes 1 et 4 d'un ensemble qui en comptera six viennent de paraître. A l'ombre du monument de Boston, c'est un remarquable exemple de ce qu'il faut éditer pour que l'enseignement des sciences soit pleinement culturel.

Les textes du tome 1, Quanta, sont présentés par Françoise Balibar, Olivier Darrigol et Bruno Jech. Ils sont classés chronologiquement depuis "Les fondements cinétiques de la thermodynamique" (1903) jusqu'au texte de 1953 "Réflexions élémentaires concernant l'interprétation des fondements de la mécanique quantique". Vous lisez bien "élémentaires", vous avez le droit de penser qu'elles ne le sont pas. En tout cas, les introductions et les notes éclairent les textes et font revivre les grands débats de la physique du vingtième siècle à partir des idées et des scrupules d'Einstein.

Le tome 6, Correspondances françaises, est présenté par Michel Brezenski. Il apporte un autre éclairage sur l'oeuvre et la personnalité du savant. Les lettres sont classées par ordre alphabétique des correspondants. On retiendra en particulier les échanges avec Paul Langevin qui, en 1923, invita Einstein à Paris alors que l'Académie des sciences refusait toute relation avec des savants allemands. On retiendra aussi quelques unes des lettres échangées avec le mathématicien Elie Cartan (l'ensemble complet de cet échange avait déjà paru en 1979 sous le titre "Lettres sur le parallélisme absolu"). Et encore des lettres à Marie Curie dont Einstein disait "Elle est, de tous les êtres célèbres, le seul que la gloire n'ait

pas corrompu."

Ces deux volumes sont déjà une richesse. Quatre volumes doivent suivre : 2. Relativité restreinte ; 3. Relativité générale, cosmologie et théories unitaires ; 5. Science, Ethique, Philosophie ; 6. Ecrits politiques. Ce tome 1, 272 p. (280 F) ; ce tome 4, 352 p. (290 F) ; éd Seuil CNRS 1989.

LA PHYSIQUE DU HASARD

de Blaise Pascal à Niels Bohr, par Ch. Ruhla ; préface d'Alain Aspect. Collection "liaisons scientifiques" ; 270 p. éd Hachette CNRS 1989 (185F)

Dans cette collection d'ouvrages destinés à la formation continue des enseignants et qui, pour nous en particulier, a le mérite de compter le livre de Lucienne Gouguenheim Méthodes de l'Astrophysique parmi quatre autres titres sur la structure de la matière et sur l'optique, voici un nouveau livre très remarquable que nous serons nombreux à savourer.

L'Auteur, qui a une longue expérience en formation continue des enseignants, nous pose la question dérangement par excellence : "Le Hasard n'est-il que l'expression de notre ignorance, ou bien est-il une caractéristique profonde des phénomènes naturels ?" Le livre est placé sous le signe de Démocrite : "Tout ce qui existe dans l'Univers est le fruit du Hasard et de la Nécessité".

Le développement en courts chapitres va du rappel des lois du hasard aux expériences les plus actuelles sur les photons inséparables (le paradoxe EPR) en passant par "Les écarts de Monsieur Gauss", la théorie cinétique des gaz, la physique statistique de Boltzman, le chaos déterministe de Poincaré et la mécanique quantique de Bohr. Sans développements mathématiques superflus mais avec une grande variété de procédés didactiques imaginés par l'Auteur. Le résultat : un modèle de livre d'enseignement.

L'HORIZON DES PARTICULES

Complexité et élémentarité dans l'univers quantique par Jean-Pierre Baton et Gilles Cohen-Tannoudji ; collection "essais", éd Gallimard 1989 , 250 p. (150 F)

Un nouvel essai de présentation de la physique des quanta pour un large public de non-spécialistes et sans le moindre appareil mathématique. En ouverture, une présentation générale, "Les trois infinis": l'infiniment grand avec les liens entre la physique des particules et la cosmologie, l'infiniment petit avec la physique des particules proprement dite, enfin l'infiniment complexe. Avec cette remarque encourageante pour le lecteur "la descente incessante vers des structures toujours plus élémentaires fait apparaître à chaque étape une complexité inattendue."

L'interaction électromagnétique est privilégiée puisqu'elle intervient au niveau des particules mais se manifeste aussi au niveau macroscopique. C'est donc l'outil intellectuel pour explorer le niveau des particules.

Les trois chapitres sur les interactions forte et faible et sur l'unification électrofaible ont paru difficiles au non-spécialiste que je suis. J'ai par contre beaucoup goûté la conclusion qui reprend des idées du philosophe Goussier : "La connaissance scientifique commence par les expériences et s'ancre dans l'évidence de notre horizon naturel de réalité". Jusqu'au jour où une nouvelle découverte vient déranger ces évidences et rendre nécessaire l'appel à un horizon profond même si un événement de l'horizon profond n'est connu expérimentalement que par ses traces phénoménales dans l'horizon apparent. Il faut cependant convenir que l'horizon profond de complexité de la physique quantique n'est pas d'un accès facile.

L'ORGANISATION DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES

par Nicole Hulin-Jung, préface de Robert Fox ; édition du Comité des Travaux historiques et scientifiques, 336 pages (200 F).

Dans la collection des "Mémoires de la section d'histoire des sciences et des techniques", cette étude de Nicole Hulin-Jung porte le sous-titre "La voie ouverte par le Second Empire". Pour ceux d'entre nous qui ont connu la période dite de l'égalité scientifique dans les programmes des lycées, les débats sur l'organisation de l'enseignement secondaire sont assez familiers. Il est d'autant plus intéressant de connaître aussi les débats plus anciens.

La fondation des lycées (réservés aux garçons) date de 1802. Par leur recrutement et leur orientation ils ont peu de traits communs avec les lycées de 1990. Cependant, des caractères d'origine les ont marqués durablement. Considérés comme devant former les futurs cadres de la nation, on y a privilégié les moyens de communication et cela fut encore renforcé par la réforme Cousin de 1840 dans laquelle les sciences viennent après les lettres, le latin et le grec étant les enseignements les plus importants. Pour les partisans de l'enseignement des sciences, il leur fallait convaincre leurs partenaires que cet enseignement était utile et assurer qu'il ne pouvait être dangereux pour les croyances et l'ordre établi. Le chimiste J-B.Dumas : "L'étude des sciences conduirait au matérialisme ? Pourquoi? Cela tiendrait à l'essence même des sciences ? La preuve en serait-elle acquise par la manière de penser des savants les plus illustres ?". Par contre il est couramment admis que l'enseignement classique avec latin assure la distinction (même si les filles peuvent se passer de ce polissage, quant au commun peuple, qu'aurait-il à en faire ?)

Le problème est celui dit de la bifurcation. A partir de quel niveau peut-on organiser des sections spécialisées c'est à dire avec enseignement scientifique important. Nous savons que la solution idéale n'a toujours pas été trouvée.

L'étude de Nicole Hulin-Jung comporte aussi une partie passionnante sur la formation des enseignants avec un historique des agrégations scientifiques. On apprend ainsi que de 1869 à 1885, elles comportaient une épreuve sur une question de méthode et d'histoire ; exemple du sujet proposé en 1869 aux physiciens : "Histoire des principales découvertes faites sur le spectre solaire. Indiquer les principales méthodes pour y arriver." Un chapitre est aussi consacré à l'histoire de l'Ecole Normale Supérieure. Ce trop bref aperçu ne donne qu'une petite idée de la richesse des informations contenues dans ce livre qui représente le long travail de recherche d'une thèse.

ASTRONOMIE CCD

Construction et utilisation des caméras CCD en astronomie amateur par Christian Buil ; 308 p.; éd Société d'Astronomie Populaire, 1 av Camille Flammarion 31500 Toulouse (225 F + 20 F d'envoi pour la France)

L'Auteur est ingénieur opticien au Centre National d'Etudes Spatiales de Toulouse et ce livre sur les récepteurs électroniques à transfert de charge est le premier conçu pour les astronomes amateurs.

ALLIAGE

Culture - Science - Technique. Une revue trimestrielle où se confrontent et se conjuguent imagination et réflexion, recherche et création.

Le comité de parrainage impressionne puisqu'on y trouve ensemble Giordano Bruno et Arago par exemple avec Alphonse Allais. On est mieux renseigné sur les buts de cette nouvelle revue en trouvant le nom de son directeur Jean-Marc Lévy-Leblond qui, dans son éditorial "Les hémisphères de Magdebourg" écrit "La sphère humaine aujourd'hui est ainsi faite. Ses deux faces, celle de la domination et celle de la connaissance, se sont rapprochées et le vide entre elles est devenu si parfait que plus rien ne peut les séparer."

Au sommaire de ce premier numéro, un texte inédit de Michel Hulin, "Les leçons de la déconvenue" et un dossier sur "Science et télévision".

A PROPOS D'ASTROLOGIE

L'édition, dans la collection "Que sais-je ?", sous le numéro 2481, d'un volume intitulé L'Astrologie par Suzel Fuzeau-Braesch pose diverses questions qu'il faut bien distinguer les unes des autres. Et pour bien les comprendre, rappelons que dans cette même collection "Que sais-je ?", sous le numéro 508, Paul Couderc, astronome à l'Observatoire de Paris, avait publié en 1951 un livre portant le même titre qui est remplacé, pour la vente, par le livre nommé ci-dessus en premier. Si bien qu'au client qui demande au libraire L'Astrologie dans la collection "Que sais-je ?", c'est le numéro 2481 qui lui est proposé.

Je crois utile de rappeler également que si chacun de nous comme moi-même peut déplorer la publication de livres qu'il juge mauvais ou médiocres, d'ouvrages qui lui paraissent indécents ou même blasphématoires, nous restons tous fermement attachés à la liberté d'expression, indispensable complément à la liberté de pensée qui est un des fondements de la vie des sociétés démocratiques.

Vous avez compris que ces rappels étaient indispensables car je voudrais mettre en garde nos lecteurs contre le mauvais livre de Madame Suzel Fuzeau-Braesch et dénoncer le procédé des Presses Universitaires de France qui aboutit à une sorte d'escroquerie morale vis à vis de ses clients.

Précisons le fait : sous le même titre et dans la même collection (seule différence sur la couverture le numéro de la collection et le nom de l'auteur), les deux livres présentent sur l'astrologie des thèses diamétralement opposées. Pour Couderc, "le bilan de l'astrologie scientifique est égal à zéro" ; "On peut considérer l'astrologie avec les autres superstitions comme un caractère primitif, comme un reste de barbarie que l'évolution de notre espèce et la civilisation n'ont pas encore réussi à éliminer." Pour Suzel Fuzeau-Braesch, "l'astrologie est un fait de civilisation ; comme tel, elle a droit a priori à un certain respect, celui que l'on accorde à un très ancien et traditionnel savoir perpétué à travers les âges par l'être humain." Quant aux scientifiques qui ne partagent pas son avis, cette dame affirme "qu'ils n'ont pas fait l'effort d'étudier l'astrologie sérieusement comme nous nous sommes efforcé de le faire".

C'est pourtant ce qu'avait justement réalisé Paul Couderc dans l'ouvrage mis au rencart par l'éditeur et omis dans la bibliographie du nouveau "Que sais-je ?" n°2481. Après un rappel très complet des faits astronomiques couramment invoqués par les astrologues, Couderc présentait les diverses doctrines astrologiques avant d'en discuter la valeur. Il aboutissait à la valeur zéro du point de vue scientifique et à une valeur négative du point de vue moral, jugeant qu'il est pernicieux de faire passer pour valable ce qui est seulement le fruit de suppositions absurdes ou en tout cas non fondées. Il dénonçait en particulier les pratiques commerciales contraires à la loi utilisant les superstitions astrologiques pour gruger le public et, ce qui est encore plus grave, cultiver en lui des idées fausses.

Le développement de Suzel Fuzeau-Braesch est tout autre. Il s'étend dans les trois quarts du livre sur l'histoire de l'astrologie, la discussion de "l'astrologie face à la science" étant réduite d'autant. Quatre pages seulement sur les relations entre l'astronomie et l'astrologie en s'appuyant sur des thèses d'astrologues et en taisant l'avis pratiquement unanime des astronomes sur la valeur nulle de l'astrologie. Par contre, notre auteur réserve trois pages de polémique accumulant les arguments

fallacieux ou hors du sujet contre ce qu'elle appelle "le rationalisme militant", des pages qui tiennent du règlement de compte et ne sont certainement pas à leur place dans un livre de cette collection.

Le livre de Suzel Fuzeau-Braesch me paraît donc mauvais et pernicieux, mauvais parce qu'il présente de façon incomplète et injuste le dossier pour ou contre l'astrologie, pernicieux parce qu'il donne, grâce au renom de la collection dans laquelle il s'insère, une considération, voire une honorabilité, que l'astrologie ne mérite pas.

Je pose d'autre part une question totalement distincte de la précédente, celle de la pratique éditoriale qui consiste à remplacer un ouvrage du catalogue par un ouvrage portant exactement le même titre mais d'un contenu différent. Les PUF sont coutumiers du procédé. J'en connais deux exemples : le remplacement de "Les nombres premiers" d'Emile Borel par "Les nombres premiers" de Jean Itard en conservant le même numéro 571 de la collection "Que sais-je?" (mais avec des contenus très différents bien qu'ils n'aient été en rien contradictoires) ; autre exemple, le remplacement de "La Relativité" de Paul Couderc (dont la dernière réédition en 1981 avait été revue et mise à jour par Francis Perrin) par "La Relativité" de Stamatia Mavridès en conservant le même numéro 37. Dans ces deux exemples, le nouvel ouvrage était de qualité comme celui qu'il remplaçait. Le procédé éditorial consiste cependant à rejeter aux oubliettes l'ouvrage antérieur. Il témoigne, de la part de l'éditeur d'une grande désinvolture (ce mot dit pour être aimable) vis à vis des Auteurs et des lecteurs. Ce n'est pas en tout cas ce qu'on pouvait attendre d'une entreprise comme les Presses Universitaires de France et d'une collection comme les "Que sais-je ?", riche de plus de deux mille titres dont certains ont fait date comme justement celui de Paul Couderc sur la Relativité et celui sur l'astrologie.

Et le procédé devient vraiment scandaleux quand il revient à remplacer un livre qui mettait en garde le public face aux charlatans d'une profession où ils foisonnent par un livre qui manque à la plus élémentaire rigueur.

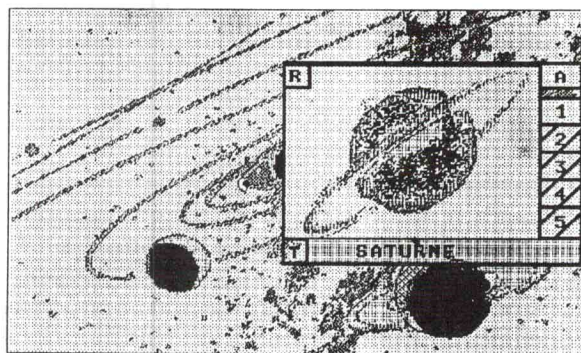
Gilbert Walusinski



COPERNIC



EINSTEIN



Vous avez peut être assisté, le dimanche 19 novembre 1989, à la présentation de nos logiciels.

Si vous désirez un complément d'informations, ou si vous avez des idées ou des besoins concernant des applications spécifiques (expositions, animations, stages...), contactez-nous!

Editions GLAJEAN

2-24 av. Henri Barbusse

93013 BOBIGNY CEDEX

Tel: 16.1. 48.49.09.99

Précisez votre demande:

- ☐ Découverte et Apprentissage (jeu éducatif)
- ☐ Logiciel pour exposition
- ☐ version sonorisée (musique, parole..)

à propos du TranSoLuTe

Puisque la transparence est à l'ordre du jour, allons-y. Les motivations des réalisateurs de ce transparent, ne semblent pastransparentes.

Nous n'avons pas eu beaucoup de remarques, et pourtant tout système schématisé est critiquable. Je voudrais aujourd'hui commenter deux points.

1/ "à chaque révolution il y a éclipse". Pour éviter de compliquer le montage, nous avons choisi de laisser l'ombre de la Terre fixe. Pour ceux qui sont vraiment gênés, il suffit de supprimer l'ombre de la Terre (gratter avec un couteau en évitant de rayer) et de refaire cette ombre sur un rabat que l'on placera à convenance.

2/ "les rayons du Soleil ne sont pas parallèles". Dans ce cas je ne vois pas ce qui est reproché. Si c'est le fait qu'ils sont trop convergents, c'est vrai, mais dans ce cas il faudrait également critiquer le rapport des diamètres de la Terre et de la Lune, leur distance, ainsi que le diamètre de la Lune par rapport au diamètre de l'ombre de la Terre, mais nous n'avons pas pu faire autrement à notre grand regret.

Nous avons fait des faisceaux très convergents pour que tout puisse tenir sur la feuille (ce n'est qu'une maquette).

En fait, je crois que l'on aimerait bien voir un faisceau parallèle. C'est vrai que sur Terre nous avons l'habitude de dire que les rayons du Soleil sont parallèles. Il est vrai qu'il est difficile de "voir" ou de mesurer la différence (angle de $1/2^\circ$) compte tenu de la faible longueur des ombres sur Terre et de la pénombre. Mais nous ne sommes pas sur Terre, nous sommes dans l'espace. L'angle de $1/2^\circ$ a une signification. La preuve, l'ombre de la Lune sur la Terre lors d'une éclipse de Soleil (ou plus justement occultation de Soleil) a quelques dizaines de kilomètres de diamètre et non 3500 km si le faisceau était parallèle.

Jean RIPERT

LE TRANSPARENT NOUVEAU EST ARRIVE

Après le Trans SoLuTe, dont le succès nous oblige à faire un nouveau tirage, voilà un ensemble pour rétroprojecteur sur les FUSEAUX HORAIRES et un autre sur les SAISONS-DUREE DES JOURS ET DES NUITS.

Ces transparents n'ont qu'une prétention : apporter à l'enseignant des outils supplémentaires pour l'aider à faire passer le message. Evidemment ils ne peuvent pas tout expliquer et ils ont les défauts de toute maquette ou toute représentation schématisée. Mais comme ils sont mobiles, ils permettent de montrer le mouvement.

FUSEAUX HORAIRES : Cet ensemble est constitué de deux transparents mobiles qui se montent très facilement. Le premier permet d'aborder toutes les questions sur les fuseaux horaires : décalage horaire entre deux lieux, détermination de l'heure en un lieu connaissant l'heure en un autre lieu, détermination de l'heure d'arrivée après un voyage dont on connaît la durée.

Le second présente concrètement le problème du changement de date. L'ensemble est accompagné d'une notice détaillée d'utilisation avec des exemples. Il devrait être apprécié dans les classes du primaire, de 6° et de 2° en géographie, dans les clubs d'astronomie et dans les centres de formation des enseignants.

SAISONS-DUREE DES JOURS ET DES NUITS : ce transparent voudrait être un complément à l'expérience que nous avons tous faite en déplaçant une sphère (la Terre) autour d'une source lumineuse (le Soleil) pour montrer l'inégalité des jours et des nuits au cours de l'année, avec tous les problèmes matériels que cela comporte.

Il est constitué d'une partie mobile permettant de simuler le mouvement de révolution de la Terre au cours de l'année, et des rabats montrant l'éclairement de la Terre aux équinoxes et aux solstices. Une notice d'utilisation, avec commentaires accompagne ce transparent. Il peut être utilisé dans les niveaux cités pour le précédent, mais également en 4° en physique.

Ces transparents seront disponibles courant janvier, vous pouvez donc dès à présent les commander.

Nous avons fait un effort pour présenter ces transparents avec des zones colorées (transparent couleur ou photocopie couleur). Le CLEA vous propose l'ensemble FUSEAUX HORAIRES pour 40 F et l'ensemble SAISONS-DUREE DES JOURS pour 50 F (comparez avec les prix de ce qui est proposé par les maisons spécialisées).

Faites connaître ces transparents autour de vous (écoles primaires, collègues géographes, etc...), faites les acheter par vos établissements.

Faites également remarquer aux collègues qui ont l'indélicatesse de les copier, que ce n'est pas de cette façon qu'ils épauleront le CLEA dont le but est d'aider les enseignants. Les bénéfices seront investis dans de nouveaux projets.

MERCI de votre aide de publicitaires.

V. TRYOEN et J. RIPERT

LA MUSIQUE DES ASTRES

Les astronomes ont toujours cherché à découvrir, derrière les phénomènes apparents complexes, une construction intelligible, simple et harmonieuse pour en rendre compte. Le mot harmonie étant prononcé, quoi de plus naturel alors que de penser à la musique, et d'essayer de relier les lois de la consonnance à celles qui gouvernent les astres.

Dès l'antiquité, les Grecs et les Chinois, ont établi la correspondance entre les rapports de longueurs de corde et les intervalles musicaux, et se sont aperçus que les rapports liés aux sons consonnants sont des rationnels "simples" : une corde de longueur L mise en vibration émet un son ; si on raccourcit cette corde de moitié, elle émet un son une octave au-dessus du précédent ; si on la raccourcit aux $2/3$, on obtient un intervalle d'une quinte ; et aux $3/4$, une quarte. Ces intervalles dits "consonnants" forment la base de la gamme que les musiciens connaissent sous le nom de "gamme de Pythagore".

Pythagore et ses disciples ont été les premiers (au sixième siècle avant notre ère) à nous faire part d'une vision du monde unifiée. Leur philosophie réunit la religion, la science, les mathématiques, la musique, la cosmologie. La synthèse s'opère par les nombres ; ils sont sacrés, purs, éternels et ennoblissent les disciplines qui en font leur base. La ligne qui relie la musique aux nombres est l'axe du système pythagoricien et aboutit à "L'Harmonie des Sphères" : dans l'univers pythagoricien, la Terre est une sphère autour de laquelle le Soleil, la Lune et les planètes tournent en cercles concentriques, fixés chacun à une sphère ou une roue. Ces mouvements produisent une musique. Chaque planète émet une note, qui dépend des rapports des orbites successives, comme la note de la lyre dépend de la longueur de la corde. Et l'ensemble des planètes "joue" sur la gamme de Pythagore.

Les siècles ont passé et ce songe musical s'est un peu dissipé. Mais si les astronomes des siècles suivants ont moins joué sur la lyre des planètes, la recherche d'une harmonie est restée comme en témoignent les titres de nombreux ouvrages.

Parmi ceux-ci, L'Harmonie du Monde de Johann Kepler. Ce titre peut sembler ironique au vu des circonstances dans lesquelles Kepler l'a écrit : sa mère, accusée de sorcellerie, subissait poursuites, procès et emprisonnements, auxquels il essayait de la soustraire ; lui-même subissait des persécutions religieuses, sa femme mourut après une maladie mentale, plusieurs de ses enfants succombèrent à des épidémies et la guerre de trente ans faisait rage !

Mais Kepler cherche le secret de l'ordre cosmique et nous livre son long et patient travail pour y parvenir. L'ouvrage traite d'abord du concept d'harmonie en mathématiques puis de ses applications à la musique, l'astrologie et l'astronomie. Sa définition de l'harmonie est proche de celle de Pythagore : c'est l'équilibre des proportions géométriques reflétées partout, l'ordre universel s'appuyant sur les nombres.

Contrairement à Pythagore, Kepler se place dans un système héliocentrique et grâce aux observations de Tycho Brahe, il possède un nombre suffisant de données pour constater que la suite des distances relatives des planètes n'obéit pas à la loi harmonique de Pythagore. L'idée est pourtant trop séduisante pour l'abandonner. Il tente alors d'appliquer les proportions harmoniques aux périodes de révolution des planètes, mais sans succès : "Nous concluons que Dieu le Créateur n'a pas voulu introduire

Fig 1

TABLE A DES VITESSES (ANGULAIRES) DES PLANÈTES DANS L'APHÉLIE ET LE PÉRIHÉLIE :

Intervalle divergent	Intervalle convergent				
		Saturne	$\frac{1'46''}{2'15''} = \frac{a}{b}$	$\frac{1'48''}{2'15''} = \frac{4}{5}$	tierce majeure
$\frac{a}{d} = \frac{1}{3}$	$\frac{b}{c} = \frac{1}{2}$				
		Jupiter	$\frac{4'30''}{5'30''} = \frac{c}{d}$	$\frac{4'35''}{5'30''} = \frac{5}{6}$	tierce mineure
$\frac{c}{f} = \frac{1}{8}$	$\frac{d}{e} = \frac{5}{24}$				
		Mars	$\frac{26'14''}{38'1''} = \frac{e}{f}$	$\frac{25'29''}{38'1''} = \frac{2}{3}$	quinte
$\frac{e}{h} = \frac{5}{12}$	$\frac{f}{g} = \frac{2}{3}$				
		Terre	$\frac{57'3''}{61'18''} = \frac{g}{h}$	$\frac{57'28''}{61'18''} = \frac{15}{16}$	demi-ton
$\frac{g}{k} = \frac{3}{5}$	$\frac{h}{i} = \frac{5}{8}$				
		Vénus	$\frac{94'50''}{97'37''} = \frac{i}{k}$	$\frac{94'50''}{98'47''} = \frac{24}{25}$	dièze
$\frac{i}{m} = \frac{1}{4}$	$\frac{k}{l} = \frac{3}{5}$				
		Mercure	$\frac{164'0''}{384'0''} = \frac{l}{m}$	$\frac{164'0''}{394'0''} = \frac{5}{12}$	octave + tierce mineure

(les vitesses sont en secondes de degré par jour)

Fig 2: La mélodie du chœur planétaire.



d'après A.Koyré: La Révolution Astronomique. Hermann. 1961
et A.Koestler: Les somnambules. Calmann-Lévy. 1960

de proportions harmoniques dans les durées des années planétaires." Il essaye ensuite les dimensions et les volumes, puis les plus grandes et les plus petites distances au Soleil, puis les vitesses extrêmes de chaque planète, puis les variations du temps nécessaire à une planète pour parcourir une longueur donnée de son orbite. Toujours sans résultat.

Enfin il examine les variations des vitesses angulaires des planètes dans un repère centré sur le Soleil, sans tenir compte des distances... "Au premier coup d'oeil, le Soleil de l'Harmonie éclata dans toute sa clarté à travers les nuages."

Le tableau (fig 1) nous montre cette clarté :

1) Pour chaque planète, le rapport de la vitesse la plus petite à la vitesse la plus grande (respectivement à l'aphélie et au périhélie) correspond à un rapport consonnant. La dissonance est en général moindre d'un demi-ton, sauf pour la Terre et pour Vénus dont les excentricités orbitales sont très petites.

2) Les planètes dans leur ensemble produisent également un concert harmonieux ; Kepler calcule aussi le rapport entre les vitesses les plus éloignées (intervalle divergent) et le rapport entre les vitesses les plus proches (intervalle convergent) de deux planètes voisines. Le tableau montre une consonnance presque parfaite dans tous les cas, sauf entre Mars et Jupiter.

Kepler associe donc à chaque planète un intervalle musical. Mais ces intervalles ne tombent pas dans la même octave. Pour déterminer les octaves auxquelles appartiennent les sons les plus hauts et les plus bas de chaque planète, Kepler prend pour base l'octave de Saturne, divise la plus grande et la plus petite vitesse par 2^n , n étant tel que le quotient soit moins du double des vitesses de Saturne.

Exemple : pour la Terre

Vitesse à l'aphélie (57'3") divisée par $2^5 = 1'47''$

C'est voisin de la vitesse à l'aphélie de Saturne. Si l'on admet que la note de Saturne est un sol, alors la Terre émettra aussi un sol mais placé 5 octaves plus haut.

Ces calculs font apparaître une relation entre le rang de l'octave attribuée à chaque planète et sa place dans le système solaire: les planètes vont d'autant plus vite qu'elles sont plus proches du Soleil. Ce travail va conduire Kepler à ce que la postérité a gardé sous le nom de 3^{ème} loi : pour chaque planète, le rapport a^3/T^2 est le même (a est demi grand axe de son orbite et T la période de révolution autour du Soleil). Cette 3^{ème} loi est devenue un des piliers de la cosmologie moderne. Comme les deux premières, elle est presque dissimulée dans l'oeuvre de Kepler. Mais c'est cette obsession extravagante d'un monde agencé selon les harmonies musicales qui l'a fait naître.

Terminons avec le lyrisme de Kepler : "Les mouvements célestes ne sont qu'un chant continu à plusieurs voix (perçues par l'intellect, non par l'oreille). Il n'est plus surprenant que l'homme, à l'imitation de son Créateur, ait enfin découvert l'art du chant figuré qui était inconnu des anciens. L'homme a voulu reproduire la continuité du temps cosmique en une heure brève, au moyen d'une habile symphonie à plusieurs voix, pour avoir un échantillon des délices que prend le Créateur dans ses oeuvres, et prendre part à sa joie en faisant de la musique à l'imitation de Dieu."

Sylvie Dubois
(Montargis)

LES UNIVERSITES-ECOLES D'ETE DU CLEA

Il était beaucoup question d'Universités-Ecoles d'été du CLEA dans le numéro 48 des Cahiers. L'équipe de Marseille relatait l'Université d'été de 1989, au col Bayard, l'équipe de Strasbourg et l'équipe d'Orsay annonçaient celles de 1990. Preuve, s'il en est besoin, de la vitalité du CLEA !

Les trois équipes organisatrices ont des implantations géographiques différentes - Marseille, Orsay et Strasbourg - mais s'échangent largement leurs animateurs. Elles fonctionnent de façon autonome, tout en ayant en commun l'état d'esprit et les objectifs bien connus du CLEA: promouvoir l'enseignement de l'Astronomie en favorisant l'approche expérimentale et interdisciplinaire, dans un climat convivial et non hiérarchique.

Cependant, la rédaction de l'ensemble de ces textes pourrait laisser croire, à tort, que sur les trois équipes, deux seulement se réclameraient du CLEA. L'origine de ce malentendu possible est de nature ... financière ! En effet, Agnès Acker a su profiter des possibilités offertes par sa région et n'émarge pas au budget du CLEA. Les deux autres équipes se sont entendues pour fonctionner en alternance et ne pas recourir simultanément aux mêmes sources de financement. L'équipe d'Orsay s'étant habituée à encadrer un nombre plus élevé de stagiaires, nous pensons, à terme, organiser une alternance entre elle et les deux autres équipes. Cette alternance n'a pu se faire tout de suite, compte tenu des délais d'organisation.

En attendant, nous souhaitons que le ciel soit clément et étoilé cet été au col de Steige comme au col Bayard !

Pour la Rédaction des Cahiers Clairaut
Lucienne Gouguenheim

TACHES SOLAIRES à L'ECOLE D'ETE DU COL DE STEIGE



Photographie de taches solaires faite le 04 - 07-1988 vers 10h 30 mn au col de Steige par projection sur papier blanc.

Telescope Celestron 8 (200 mm de $\varnothing$ et 2000 mm de focale, f/d 10) équipé d'un oculaire Kelner de 40 mm de focale.

Planche de projection à 65 cm de l'oculaire. Appareil photographique équipé d'un objectif de 50 mm ouvert à f/8 pose de 1/125ème sur film Kodak plus de 125 ISO.

FAITES SCINTILLER LES ETOILES !

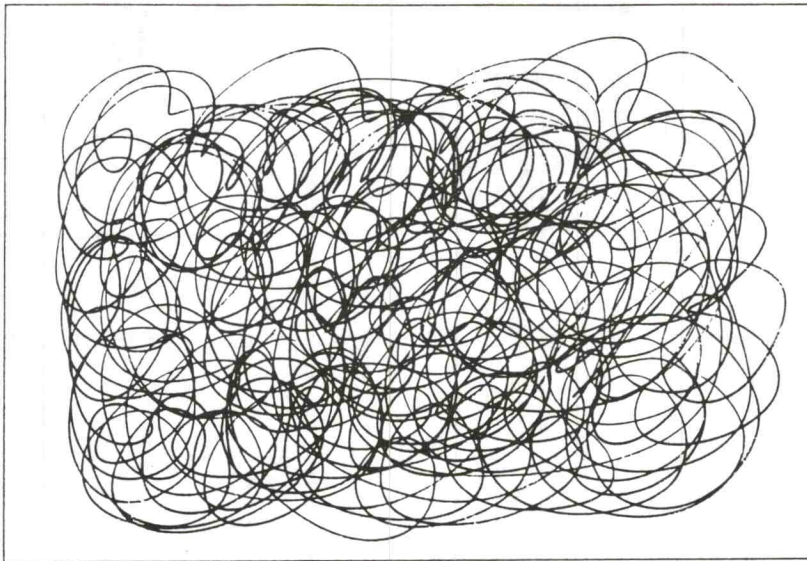
Lors de l'assemblée générale du CLEA, à Orsay, je vous ai montré la carte céleste au rétroprojecteur et j'espère que, vous et vos élèves, avez plaisir à regarder les étoiles sur l'écran. Quand je suis rentré chez moi, j'ai pensé à améliorer la présentation et j'ai trouvé en plus une possibilité de faire scintiller les étoiles à l'écran. Permettez-moi de vous proposer d'essayer cela. Vous pouvez vraiment produire une belle atmosphère dans la salle de classe, c'est joli et très simple à pratiquer.

Prenez une feuille transparente pour le rétroprojecteur. Dessinez des lignes sur cette feuille ; vous pouvez griffonner ou écrire n'importe quoi. Il faut seulement que la densité du dessin soit propre et à peu près homogène. La figure ci-dessous montre un dessin que j'ai utilisé avec un bon succès. Mettez cette feuille sur la carte céleste quand vous présentez les étoiles au rétroprojecteur. Ces lignes couvrent donc un certain pourcentage des étoiles. Si vous agitez doucement cette feuille sur la carte céleste, la couverture des étoiles changera statistiquement; cela produit l'impression des scintillations.

Si vous ne réussissez pas à produire des scintillations, contrôlez la condition suivante : il faut utiliser des lignes qui soient un peu plus larges que les diamètres des trous dans la carte céleste. Il est évidemment nécessaire qu'une ligne puisse couvrir un trou. Vous vérifiez donc que les lignes que vous avez tracées ne sont pas trop fines.

Je vous souhaite un bon succès et beaucoup de plaisir.
Bonne chance !

Roland Szostak
Institut für Didaktik der Physik
Westfälische Wilhelms-Universität Münster

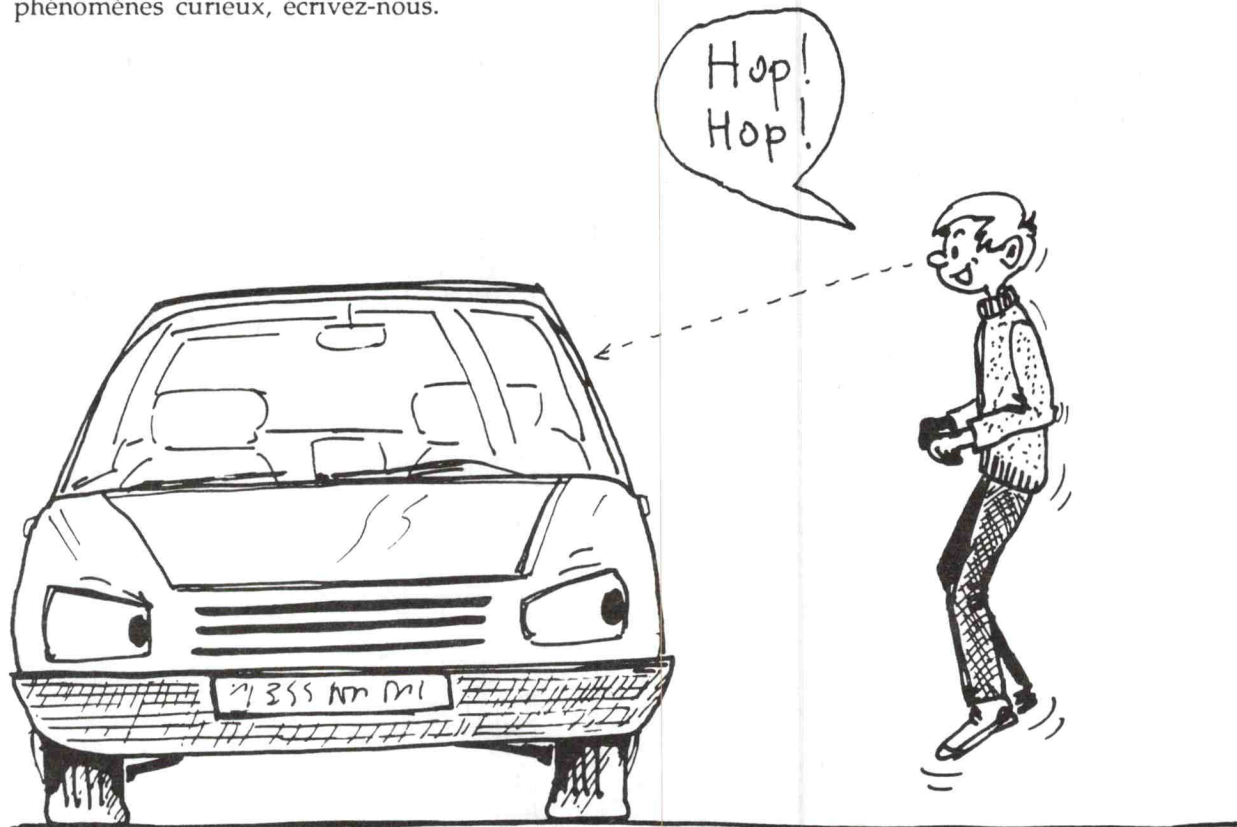


Dessin des lignes sur la feuille transparente pour simuler les scintillations
(format, environ 20cm/30cm)

Rubrique : Au petit curieux - Optique curieuse

Sautez en regardant votre image dans la vitre bombée d'une voiture. Votre image vous semblera immobile. Pourquoi ?

Si vous savez expliquer ce curieux phénomène et/ou si vous avez découvert vous-mêmes quelques phénomènes curieux, écrivez-nous.



L'auteur se plait à imaginer les lecteurs des C.C. faisant résonner la capitale de cris étranges.



AURINGON PYMENNYS 1990 * ECLIPSE TOTALE DE SOLEIL 1990

Nos amis finlandais nous ont fait parvenir divers dépliants et brochures concernant l'éclipse totale de Soleil du 22 juillet 1989. Les conditions seront assez peu favorables car le Soleil ne sera pas très élevé sur l'horizon lors du maximum (vers 1h53 UT soit 4h53 heure locale). En outre, les perspectives météo ne sont guère réjouissantes: l'été finlandais fait alterner des jours glorieux et des passages de fronts chauds accompagnés d'interminables pluies. Pourtant, une centaine de groupes européens, américains ou japonais annoncent leur venue, ce qui promet une belle affluence particulièrement dans la région de Joensuu, promue "capitale" de l'éclipse. La bande de centralité traverse la Finlande de Helsinki à Lieksa, autrement dit la région des lacs. La documentation que nous avons reçue donne toutes les informations nécessaires à ceux qui souhaiteraient entreprendre le déplacement. Il est encore temps mais si on n'apprécie guère les nuits à la belle étoile, il vaut mieux prendre contact avec le coordinateur de l'URSA:

Mr. Markus Hotakainen,
Ursa Astronomical Association
Laivanvarustajankatu 3
SF-00140 HELSINKI (Finlande)

Telephone: 358-0-174048
Telefax: 358-0-1912942

A première vue, les documents reçus pourraient ressembler à la littérature habituellement diffusée à l'occasion de ce genre d'événements. Pourtant, qui lit entre les lignes y trouve bien davantage et se prend à rêver. Bien entendu, l'accueil des touristes astronomes est cordonné par URSA, association des amateurs finlandais, mais cela en collaboration étroite avec l'Office National de Tourisme et des partenaires inattendus comme la compagnie aérienne FINNAIR ou les Chemins de Fer finlandais (VR). Ceux-ci organisent un train-couchettes Helsinki-Joensuu et retour qui assurera aussi l'hébergement. La FINNAIR affrète des DC-9 pour des vols "Eclipse Totale" (2500F environ, collation comprise!) dont seuls les sièges fenêtres seront occupés (et d'un seul côté). Chaque participant peut aussi emmener gratuitement un ou deux membres de sa famille à condition qu'il occupe un siège couloir.

Ce n'est pas tout: l'Office de Tourisme de Joensuu organise deux jours de festivités autour de l'éclipse (20-22 juillet. Au programme, des concerts de musique "spatiale", du théâtre pour les enfants, des conférences de vulgarisation de haut niveau, des piques-niques, des spectacles folkloriques, une Célébration du Soleil ("happening multimedia", nous dit-on...), bref, tout un choix de manifestations aussi variées qu'alléchantes. Enfin, URSA tiendra du 20 au 25 un congrès international amateurs, CYGNUS-90: on y parlera aussi des phénomènes lumineux atmosphériques (ce qui prouve que nos amis de Besançon vont dans la bonne voie).

J'ai gardé le meilleur pour la fin: URSA a reçu pour son travail de coordination une aide "substantielle" (je cite) du Ministère de la Culture. Et voilà pourquoi je me suis pris à rêver en parcourant ces brochures: toute une population qui prépare la fête et décore la maison pour accueillir les invités; des dirigeants et de grandes entreprises qui contribuent par une aide financière ou matérielle. Certes, l'éclipse, c'est aussi du "business" touristique. Mais tout de même, il reste cet immense effort d'éducation populaire suscité par le plus grandiose des spectacles naturels... Si nous pensions dès maintenant à 1999?

J.VIALLE

CHRONIQUE DU CLEA - COURRIER DES LECTEURS

APRES L'ASSEMBLEE GENERALE

Comme il est de règle après chaque assemblée générale et le renouvellement du Conseil de l'association, ce Conseil a réélu par correspondance le Bureau pour 1990. Sans avis contraire. Vous retrouvez donc la composition inchangée du Bureau page 2 de la couverture.

LES VAGABONDAGES DU CAHIER N°48

Dès le lendemain de l'assemblée du 19 novembre, nous nous sommes efforcés d'en présenter rapidement le compte rendu dans le numéro d'hiver des Cahiers. Ce numéro a été composé puis imprimé dans les délais habituels et notre imprimeur nous l'a livré le 15 décembre et aussitôt remis au routeur qui l'a posté pour tous les abonnés le 22 décembre. Jusque là, nous restions donc dans les délais normaux. Hélas, pour des raisons que nous n'avons pu éclaircir, la plupart de nos Collègues ont reçu leur exemplaire entre le 17 et le 26 janvier 1990, parfois même encore plus tard !

Pas étonnant que, dans ces conditions, le secrétaire ait reçu des lettres ou appels inquiets ou angoissés, des Collègues se demandaient si les responsables du CLEA n'avaient pas abusé des délices de fin d'année... Nous espérons que la distribution de ce numéro 49 ne connaîtra pas les mêmes vicissitudes. En tout cas, nous faisons tout notre possible pour qu'il ne rate pas chez vous le passage au point gamma.

A PROPOS DE FIN D'ANNEE

Notre Vice-Présidente Catherine Vignon a composté le 2 janvier 1990 son ticket SNCF-RATP, sa qualité de vice-présidente du CLEA ne lui accordant pas la gratuité du transport. Le composteur a imprimé sur le billet, non la date mais le rang du jour dans l'année soit 367. L'année du bicentenaire ne voulait pas ferroviairement finir...

STRASBOURG ET L'ASTRONOMIE

Notre Collègue Yves Marchal nous adresse un tableau éloquent des activités de l'équipe strasbourgeoise pour l'enseignement de l'astronomie :

- Au niveau de la formation des maîtres, dans le cadre du DEUG, "Préparation aux métiers de l'enseignement", le module "ouverture à l'esprit scientifique" comporte huit heures de cours d'astronomie et regroupe une cinquantaine d'étudiants.

- L'Université d'été d'astronomie 1990 du col de Steige qui sera la quatrième du genre s'inscrit dans la série des Universités d'été du CLEA. Elle sera interacadémique. En plus des animateurs de Strasbourg, collaboreront à cette université d'été J-P. Parisot (Bordeaux), Ch. Dumoulin (Limoges), F. Suagher (Besançon), B. Darchy (Nangay) et le professeur Janssen de Belgique qui traitera particulièrement de spectroscopie.

- Les activités du Planétarium de Strasbourg se prolongent dans l'organisation de l'enseignement pour le Diplôme universitaire d'animateur de planétarium.

PENSER A 1999

C'est une excellente idée de Jacques Vialle qui la formule dans une lettre sur l'éclipse totale de Soleil du 22 juillet 1990. Cette idée : ne pourrait-on profiter du délai qui nous sépare de 1999, date de la prochaine éclipse totale de Soleil visible en France pour alerter notre ministère de la culture qui n'y pense peut-être pas ? A cette occasion, il y aura beaucoup à faire pour exploiter le phénomène et rendre populaire son observation. Certains d'entre nous ont le souvenir de l'éclipse du 15 février 1961, de nombreux groupes scolaires y avaient fait du bon travail. Le CLEA ne devrait-il pas, sans tarder, organiser un groupe de travail sur ce thème ?

ANJOU ET IVRY

L'Association Astronomique d'Anjou (AAA) et le Club Le Télescope d'Ivry organisent un stage d'initiation à l'astronomie pratique dans un chalet du Haut Queyras, du 22 au 29 juillet 1990. Prix du stage 1600 F. Renseignements : ASTROQUEYRAS, 75 rue du Javelot, 75013 PARIS (tél (1) 45 85 60 52).

LE FASCICULE 12 Simulations en astronomie sur ordinateur est l'oeuvre de notre Collègue Michel Toulmonde.

Un fascicule prêt à enrichir votre collection des Fascicules pour la formation des maîtres.

LES PUBLICATIONS DU C. L. E. A.

Le CLEA publie, depuis douze ans, son bulletin trimestriel Les Cahiers Clairaut. On trouvera page 4 de la couverture, les conditions d'abonnement et les conditions d'adhésion au CLEA.

Les Cahiers Clairaut et les autres publications du CLEA sont toutes conçues pour l'information des enseignants et pour les aider dans leur enseignement de l'astronomie.

FASCICULES POUR LA FORMATION DES MAITRES EN ASTRONOMIE

de l'Université de Paris XI (Orsay) :

1. L'observation des astres et le repérage dans l'espace et le temps (20F)
2. Le mouvement des astres (25 F)
3. La lumière messagère des astres (25 F)
4. Naissance, vie et mort des étoiles (30 F)
5. Renseignements pratiques et bibliographie pour l'astronomie (25 F)
- 5 bis. Complément au fascicule 5 (25 F)
6. Univers extragalactique et cosmologie (30 F)
7. Une étape de la physique, la Relativité restreinte (60 F)
8. Moments et problèmes dans l'histoire de l'astronomie (60 F)
9. Le système solaire (50 F)
10. La Lune (30 F)
11. La Terre et le Soleil (40 F)
12. Simulations en astronomie sur ordinateur (30 F)

TRANSPARENTS ANIMES POUR RETROPROJECTEUR

- T1. Le TranSoLuTe (les phases de la Lune et les éclipses) (50 F)
- T2. Les fuseaux horaires (40 F)
- T3. Les saisons (50 F)

DIAPOSITIVES

- D1. Série de 20 diapositives+ livret sur "Les phénomènes lumineux" (50F)

COURS D'ASTRONOMIE POLYCOPIES de l'Université de Paris XI (Orsay)

- C1. Astrophysique générale (30 F)
- C2. Mécanisme de rayonnement en astrophysique (30 F)
- C3. Etats dilués de la matière : le milieu interstellaire (30 F)
- C4. Structure interne des étoiles (30 F)
- C5. Relativité et cosmologie (30 F)
- S. Cours d'astrophysique solaire : le Soleil (30 F)

LES COMPTES RENDUS DES UNIVERSITES D'ETE qui présentent le fruit du travail des participants. Sont encore disponibles ceux de :

Digne 1978 (25 F), Grasse 1979 (35 F), Grasse 1983 (58 F), Formiguères 1984 (65 F), Formiguères 1985 (100 F), Formiguères 1986 (100 F).

PUBLICATIONS DU PLANETARIUM DE STRASBOURG

Catalogue des étoiles les plus brillantes par F.Ochsenbein, A.Acker, E.Legrand J-M.Poncelet et E.Thuet-Fleck (75 F) - Le catalogue existe sur disquettes pour PC (120 F les deux disquettes).

Deux séries de cartes postales : 1°) le système solaire ; 2°) nébuleuses et galaxies (chaque série 23 F)

Commandes à adresser au secrétaire du CLEA, Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 ST CLOUD en joignant le chèque correspondant rédigé à l'ordre du CLEA.

LE CLEA et LES CAHIERS CLAIRAUT

Conditions d'adhésion et d'abonnement pour 1990 :

Cotisation simple au CLEA pour 1990	25 F
Abonnement simple aux Cahiers n°49 à 52	90 F
Abonnement aux Cahiers (n°49 à 52) ET cotisation CLEA pour 1990	110 F
Contribution de soutien (par an)	30 F

Possibilité de cotiser ou de s'abonner pour deux ans en doublant les tarifs précédents.

A l'intention des nouveaux abonnés, onze fascicules ont été édités ils réunissent par thèmes des articles publiés dans les Cahiers Clairaut

Tout nouvel abonné reçoit en témoignage de bienvenue le fascicule index noté FI et un fascicule à choisir dans la liste suivante :

FA. L'astronomie à l'école élémentaire	FG. Astronomie et informatique
FB. L'astronomie au collège	FH. Articles de physique
FC. Construction d'une maquette	FJ. Articles d'astrophysique
FD. Construction d'un instrument	FK. Histoire de l'astronomie
FE. Réalisation d'une observation	FL. Interprétation d'un document d'observation
FF. Les potins de la Voie Lactée	

Adresser commandes et souscriptions au secrétaire du CLEA :
Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 SAINT-CLOUD
en joignant à votre envoi le chèque correspondant à l'ordre du CLEA.

Directeur de la publication : Lucienne Gouguenheim
Imprimerie HAUGUEL, 92240 Malakoff
Dépot légal : 1^{er} trimestre 1979 ; numéro d'inscription CPPAP : 61660