

résultats avec des mesures obtenues par ballon a été mis sur pied. L'altitude des ballons (jusqu'à 40 km) permet de faire des observations « in situ » à des points déterminés durant les passages du satellite (tous les instruments de Nimbus G fonctionnent par télé-détection).

Dans ce but, l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique, en collaboration avec la Nasa, a lancé de Palestine (Texas) un radiomètre destiné à la mesure de  $\text{HNO}_3$  et de  $\text{O}_3$  durant des passages du satellite les 2 et 8 novembre 1978. La nacelle du ballon emportait aussi d'autres instruments américains et européens de façon à pouvoir vérifier des résultats de Nimbus G.

C. MULLER.

### OBSERVATIONS RECENTES DE LA MAGNETOPOUSE TERRESTRE PAR LES SATELLITES ISEE

Avant le début de l'ère spatiale, on employait le terme d'exosphère pour désigner la partie de l'espace située à l'extérieur des couches ionisées entourant la Terre, connues et explorées jusqu'alors. On croyait en fait que l'ionosphère se prolongeait aux très hautes altitudes.

Nous savons aujourd'hui que l'exosphère se divise en deux domaines: l'un contient le plasma du vent solaire (voir Ciel et Terre, **94**, (2), 61, 1978), l'autre, la magnétosphère, est la région où se trouve confiné un plasma moins dense, mais plus chaud, dont l'origine est principalement ionosphérique (figure 1). Le champ géomagnétique empêche ces deux plasmas de se mélanger aisément, si bien qu'il s'établit une mince couche de transition, **la magnétopause**, dont l'épaisseur typique est un rayon de gyration des protons du vent solaire (100 km en avant de la magnétosphère, du côté Soleil). A l'extérieur de cette couche, le champ magnétique terrestre décroît généralement et fait place au champ magnétique désordonné qui accompagne le vent solaire. Cette région de turbulence, juste à l'extérieur de la magnétosphère, est appelée la magnétogaine.

Déjà en 1968, les observations du satellite **ATS1** montraient qu'un flux d'ions, de caractéristiques semblables à celui de la magnétogaine, s'écoulait le long de la magnétopause, à l'intérieur même de la magnétosphère. Comme ce flux était dirigé dans la direction anti-

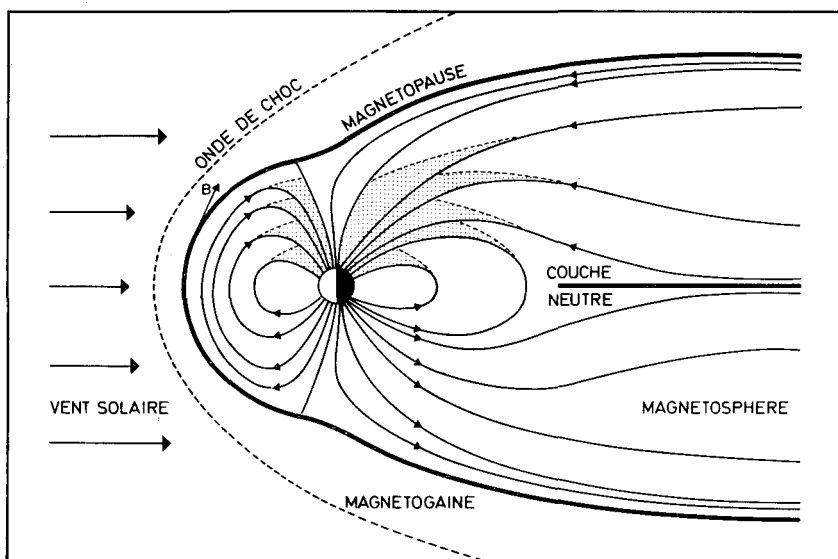


Fig. 1. — Illustration schématique de la cavité magnétosphérique dans le méridien midi-minuit. Le Soleil est sur la gauche de la figure. Le vent solaire « presse » sur les lignes de force du champ magnétique terrestre, qui sont comprimées du côté jour et étirées du côté nuit. A la magnétopause, les électrons et les ions du vent solaire sont défléchis en sens opposés. Les courants électriques qui en résultent, créent un champ magnétique affaiblissant considérablement le champ géomagnétique à l'extérieur de la cavité, le renforçant à l'intérieur. Ces courants s'écoulent dans la magnétopause et se referment dans la couche neutre. La magnétogaine est le siège de nombreux phénomènes de turbulence, causés par le passage du vent solaire à travers l'onde de choc, qui existe en permanence à l'avant de la magnétosphère en raison de la vitesse supersonique de ce vent. Dans la direction du Soleil, le point de la magnétopause le plus proche de la Terre, se situe à quelque *dix rayons terrestres* du centre de la planète en période d'activité solaire calme ; l'onde de choc se situant aux environs de 15 rayons terrestres. A l'arrière, la magnétosphère s'étend sur plusieurs centaines de rayons terrestres, prenant plus ou moins la géométrie d'une queue de comète.

solaire, on pensa, à tort, que cet écoulement n'était rien d'autre que la composante de retour d'un vaste système de circulation du plasma magnétosphérique, qu'on savait s'écouler dans la direction solaire, à l'intérieur des couches profondes de la magnétosphère. Mais, à partir de 1972, une épaisse couche de plasma (baptisée couche frontière magnétosphérique), adjacente à la magnétopause toute entière, a été reconnue, à l'intérieur même de la magnétosphère. Ce plasma a les mêmes caractéristiques que le plasma de la magnétogaine, indiquant par là-même, que certains processus permettent une pénétration du vent solaire dans la magnétosphère.

Ainsi, depuis six ans, les nombreuses expériences effectuées à l'aide d'instruments de mesures, placés à bord de satellites artificiels,

nous révèlent progressivement le mystère de la structure interne de la magnétopause. Au nombre de ces expériences, des observations à haute résolution temporelle (une mesure de densité toutes les 3 secondes) ont été effectuées par la sonde **IMP6**, lors de traversées de la magnétopause. Celle-ci apparaît comme une couche très mince (100 km), où la densité ne varie pratiquement pas, mais où le champ magnétique change brutalement d'orientation. Entre la magnétopause et la magnétosphère, on découvre la couche frontière magnétosphérique, d'épaisseur atteignant plusieurs milliers de kilomètres, dans laquelle la vitesse du plasma décroît progressivement en allant vers la magnétosphère. Simultanément, la densité diminue et l'énergie moyenne des particules augmente. Le spectre d'énergie des électrons  $v$  est sensiblement le même que dans la magnétogaine. En effet, cette couche frontière est la région où s'arrêtent les irrégularités du vent solaire qui peuvent pénétrer impulsivement dans la magnétosphère (voir Ciel et Terre, **94** (2), 61, 1978). C'est ainsi que l'augmentation de densité observée parfois au sein de la couche frontière correspond à l'injection récente d'une irrégularité de grande dimension.

Mais les observations les plus spectaculaires de ces dernières années sont actuellement en voie de réalisation. Le programme **ISEE** (International Sun-Earth-Explorer) s'est fixé pour tâche de s'attaquer aux problèmes les plus délicats de la physique de la magnétosphère. Un de ses objectifs majeurs est de démontrer la complexité de la structure de la magnétopause. A cet effet, deux satellites, ISEE1 et ISEE2 ont été mis en orbite, le 22 octobre 1977. Ils voyagent de concert à travers la magnétosphère, séparés par une distance relativement petite et contrôlable. L'utilisation de ces deux sondes couplées va permettre une différenciation des variations temporelles et des variations spatiales, qui n'était pas possible lorsque les mesures étaient effectuées par un seul satellite.

La figure 2 représente un profil à très haute résolution temporelle (4 mesures par seconde) du champ magnétique lors d'une traversée de la magnétopause par les deux satellites. Cette traversée est localisée très près du méridien de midi, à 22° de latitude nord, le 10 novembre 1977. Les deux satellites, séparés par une distance égale à 228 km, se meuvent perpendiculairement à la magnétopause, allant de la magnétogaine vers la magnétosphère. B est la composante du champ magnétique, tangentielle à la magnétopause et située dans le plan de la figure 1. ISEE1, qui est le satellite de tête, se trouve dans la magnétogaine avant 14 h 39 m TU. Le champ magnétique, très irrégulier, possède une composante sud. A 14 h 39 m 10 s TU, il rencontre la magnétopause, comme le montre le brusque passage de sud à nord du champ B. A 14 h 41 m TU, ISEE1 entre dans la

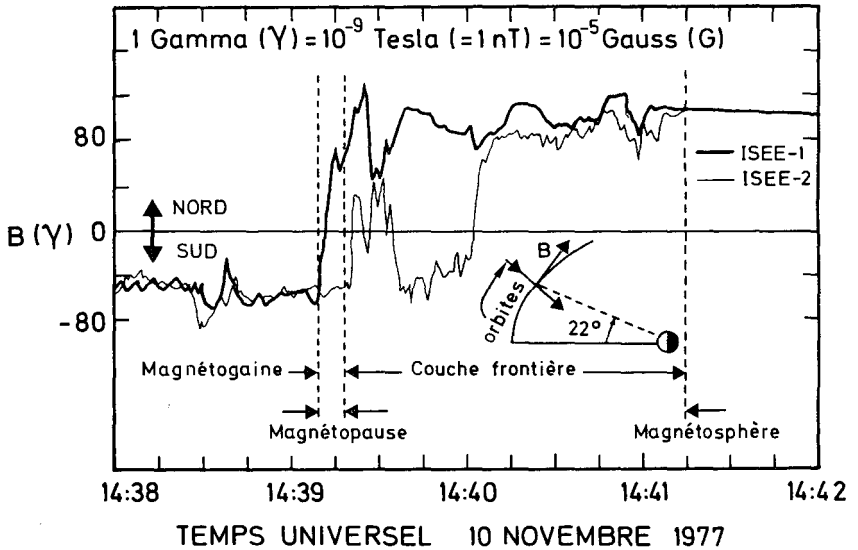


Fig. 2. — Un exemple de mesures du champ magnétique par les satellites ISEE.

magnétosphère non perturbée, reconnaissable à son absence de fluctuations magnétiques. Entretemps, avec un décalage de 10 secondes sur ISEE1, ISEE2 traverse également la magnétopause à 14 h 39 m 20 s TU, mais la configuration ultérieure du champ magnétique est totalement différente de celle rencontrée auparavant par ISEE1, indiquant qu'il s'est produit une variation temporelle du champ magnétique en un laps de temps inférieur à 10 secondes.

Le modèle théorique de la pénétration impulsive des irrégularités du vent solaire dans la magnétosphère permet une interprétation simple de ce comportement du champ magnétique. En effet, il a été démontré, qu'à l'avant de la magnétosphère, les irrégularités du vent solaire, possédant un excès d'impulsion par rapport au milieu extérieur, peuvent pénétrer profondément au sein de la cavité magnétosphérique, lorsque le champ magnétique interplanétaire possède une composante dirigée vers le sud. Ces irrégularités, allongées le long des lignes de force du champ magnétique interplanétaire, signalent leur présence dans la magnétosphère par un affaiblissement du champ magnétique initial. En effet, l'existence de courants électriques circulant à la surface de ces filaments crée un champ magnétique de sens opposé à celui de la magnétosphère (on dit que le plasma est diamagnétique). C'est ainsi qu'ISEE2, après être rentré quelques instants dans la magnétosphère, entre 14 h 39 m 20 s TU et 14 h 39 m

30 s TU, rencontre, entre 14 h 39 m 30 s TU et 14 h 40 m TU, la trajectoire d'une irrégularité du vent solaire qui venait de traverser « impulsivement » la magnétopause, quelques instants auparavant, en un endroit voisin de l'orbite des satellites. Les nombreuses fluctuations diamagnétiques présentes avant 14 h 41 m TU sont dues à l'accumulation d'éléments de plasma de la magnétogaine, en train de se disperser dans la couche frontière à cause de la plus faible pression du milieu ambiant.

Bien sûr, le dépouillement des données fournies par ISEE1 et ISEE2 est encore dans son stade préliminaire, mais le jour est proche où nous aurons enfin atteint une meilleure compréhension du comportement de la magnétopause.

M. ROTH.

## LE NOUVEAU RESEAU GRAVIMETRIQUE BELGE

Le réseau gravimétrique belge a été levé pour la dernière fois en 1948 par L. Jones de l'Institut Géographique Militaire [\*]. Il comprend 25 stations de 1er ordre et la précision sur la valeur de la pesanteur après compensation est caractérisée par une erreur quadratique moyenne de 0,35 mGal [1 milliGal =  $10^{-5}$  ms<sup>-2</sup>, soit un millionième de la pesanteur].

Les valeurs sont exprimées dans le « Système de Postdam », c'est-à-dire qu'il faut leur appliquer une correction de -14 mGal pour passer dans le nouveau système de référence adopté officiellement à la XVème Assemblée Générale de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale qui s'est tenue à Moscou en août 1971.

Ce nouveau système de référence est un réseau compensé de 1854 stations réparties à travers le monde dont l'échelle est fournie par 10 mesures absolues de pesanteur : The International Gravity Standardization Net 1971 (I.G.S.N. 71). Il s'agissait en effet de s'adapter aux performances des nouveaux instruments de mesure et aux exigences accrues de la Métrologie, de la Géodésie et de la Géophysique.

Depuis lors plusieurs éléments sont venus bouleverser complètement les données du problème :

— D'abord, le développement rapide des techniques spatiales qui a

---

[\*] Le levé Gravimétrique de la Belgique (1947-1948), par L. JONES, Institut Géographique Militaire - Bruxelles 1948.