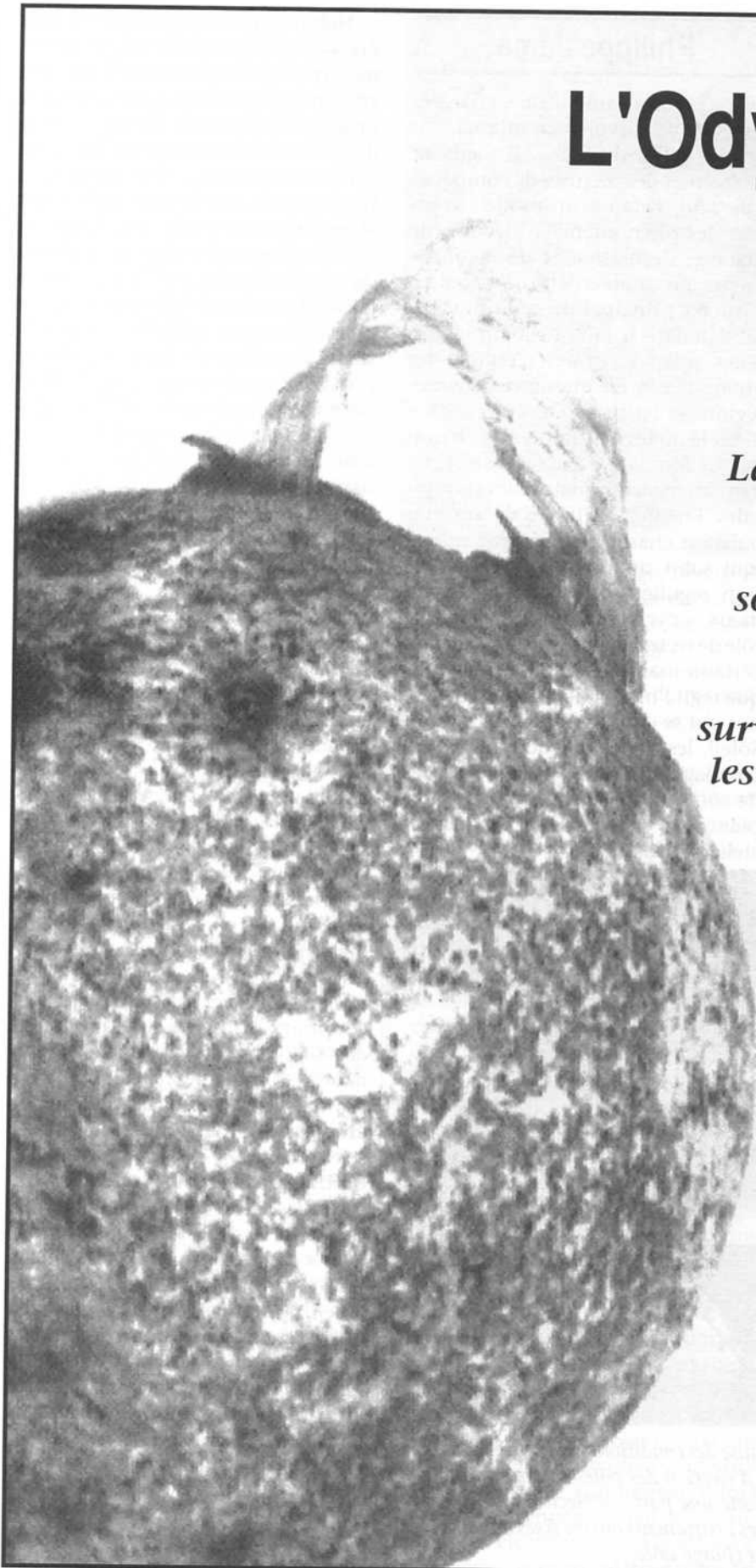


# L'Odyssée de la sonde Ulysse

*Lancée en 1990 par la navette Discovery (mission STS-41), la sonde Ulysse poursuit un étonnant périple qui lui permettra de survoler successivement les deux pôles du Soleil et de révolutionner nos connaissances en physique héliosphérique.*



**D**ans le domaine des succès historiques en matière d'astrophysique spatiale, il se pourrait fort bien que cette année reste inscrite à jamais comme celle de la réussite de l'obstination de la division des programmes scientifiques de l'ESA. Après les succès de la sonde cométaire Giotto et du satellite d'astronomie Hipparcos, un nouvel engin européen, la sonde polaire solaire Ulysse, se rapproche actuellement à grande vitesse du pôle sud du Soleil et se prépare à réaliser une grande première. Pour des raisons d'efficacité, les responsables scientifiques de l'ESA et leurs associés américains ont choisi une étonnante et paradoxale trajectoire jupitérienne.

## Historique et raisons d'un choix

La sonde européenne Ulysse peut être considérée comme la rescapée miraculeuse d'un projet international ambitieux, proposé officiellement en 1982 et dénommé ISPM (International Solar Polar Mission). Dans sa première définition, le projet ISPM consistait en deux sondes, l'une euro-

## Philippe Jamet

péenne, l'autre américaine, chargées chacune de survoler simultanément un des pôles du Soleil. Il s'agissait d'effectuer des mesures de comparaison, afin d'établir un modèle complet des phénomènes d'éjection de matière, de plasma et de rayonnements qui caractérisent notre Soleil. L'intérêt principal de cette mission résidait dans le fait que le survol des pôles solaires permet d'étudier les phénomènes en question dans des régions et latitudes élevées, précisément là où les contraintes du champ magnétique s'exercent moins fort que dans les régions équatoriales et tropicales. En effet, les lignes de force du puissant champ magnétique solaire (qui subit un phénomène d'inversion régulier correspondant au fameux « cycle solaire »), jouent un rôle de *vecteur* dans ces régions. D'une certaine manière, ce champ magnétique régit l'interaction des phénomènes qui se déroulent à l'intérieur du Soleil, les ondes de choc qui les accompagnent avec les parties externes de son atmosphère, le milieu interplanétaire et même le milieu interstellaire proche.

Hélas, phénomène courant aux Etats-Unis depuis la fin du programme Apollo, l'obsession de donner systématiquement la préférence aux projets à court terme, fit passer l'étude des zones invisibles du Soleil au niveau de « programme secondaire ». Le projet de sonde américaine fut abandonné et renvoyé aux calendes grecques, seul fut maintenu le projet de sonde défendu par l'ESA. Encore fallait-il pouvoir compter sur la NASA pour lancer cette petite sonde de plusieurs centaines de kilos. La fureur justifiée des scientifiques américains unie aux pressions de l'ESA aboutirent à un accord de principe pour le lancement de la sonde européenne, baptisée Ulysse à l'initiative du professeur italien Bertotti.

Conséquence de cet accord, la sonde européenne survolera alternativement les deux pôles du Soleil (en 1994 et 1995) mais avec, en contrepartie, l'embarquement d'un certain nombre d'instruments scientifiques américains et une participation plus grande des laboratoires d'outre-Atlantique, impliqués au départ sur le projet de sonde américaine. Ainsi, dix-neuf équipes scientifiques américaines sont désormais impliquées sur Ulysse, auprès des trente équipes européennes. Ils réalisèrent l'exploit d'intégrer un système d'antennes à deux mats, des supports pour instruments, un générateur énergétique radioisotopique RTG, des systèmes de télécommunications et de traitement des données, un système de commande et contrôle d'attitude, de petits réservoirs alimentant le moteur en plus des 54,7 kilos de charge utile scientifique ! A cela, il faut ajouter qu'Ulysse comporte également des systèmes de protection pour ses instruments les plus fragiles et une fraction « d'électronique durcie ». Il ne faut pas oublier qu'à proximité du Soleil, un engin scientifique sophistiqué est soumis à des bombardements de protons et d'ions lourds de haute énergie, dont la menace est à prendre en considération au niveau des instruments les plus sensibles, et plus encore au niveau des logiciels embarqués.

A l'instar de ce qui s'est passé pour d'autres satellites scientifiques actuel-



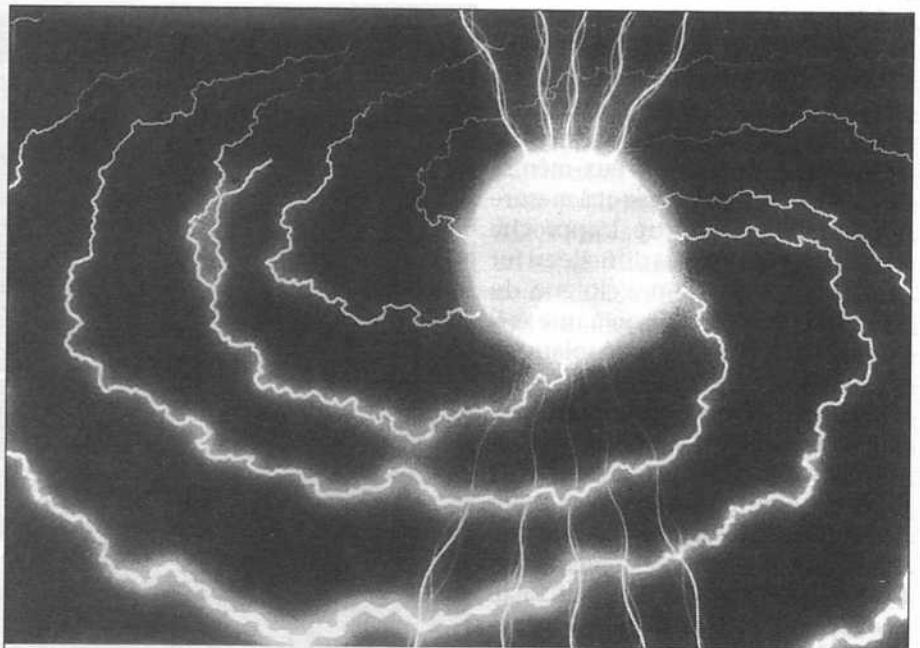
*La sonde Ulysse en préparation au sol. A cause des conditions hostiles régnant dans le milieu interplanétaire et dans la ligne d'éjection des pôles solaires (protons et électrons très énergétiques), Ulysse comporte une part « d'électronique durcie ». Cependant, les systèmes de protection de ses instruments ont été fixés au minimum indispensable, afin de ne pas pénaliser sa charge utile.*

lement opérationnels, les logiciels d'Ulysse ont été conçus de façon à ce qu'un impact trop énergétique ne puisse avoir des conséquences rédhibitoires : il serait alors possible de les recalibrer à distance par radio. Fait étonnant, la plupart des instruments scientifiques de la sonde européenne n'ont pas été dotés de systèmes de protection très importants afin de maximiser la charge utile scientifique. Ils risquent donc d'être confrontés à une éruption solaire chromosphérique imprévue : au niveau des pôles solaires, le champ magnétique est faible et ne peut guère « contrôler », comme c'est le cas aux latitudes plus basses, les phénomènes venus de la photosphère (couche inférieure et la plus dense de l'atmosphère solaire), ou de la zone de convection qui transmet les rayonnements et le plasma vers les couches atmosphériques.

Une autre contrainte est le passage rapproché du Soleil, et en particulier au-dessus de ses pôles. En effet, il n'était pas évident de conserver à la sonde suffisamment de charge utile résiduelle, surtout lorsqu'il lui faut franchir deux « intervalles énergétiques » dont l'un implique un changement radical de plan orbital.

## Une trajectoire épique

Jusqu'à cette période extraordinaire qui va s'étaler de juin à septembre de cette année, avant que la sonde « replonge » vers l'autre pôle (Nord) en mai 1995, tous les engins et satellites ayant eu pour objectif d'étudier le Soleil n'ont jamais effectué leur mission que dans le plan de l'écliptique (cas de certains satellites soviétiques en orbite terrestre ou du satellite américain Solar Max), même lorsqu'elles se sont rapprochées de celui-ci à des distances déjà intéressantes. Ce fut le cas notamment des deux sondes allemandes Helios mises à poste par des lanceurs américains : Hélios 1 et 2 s'approchèrent respectivement à 48 et 45 millions de kilomètres de l'astre du jour en 1975 et 1976, soit à peu près au niveau de l'orbite de Mercure. Lors de ces deux occa-



Représentation schématisée des lignes de force du champ magnétique solaire dans l'espace interplanétaire. Au-dessus des pôles, où la rotation du Soleil ne se fait plus sentir, les lignes de force ne subissent plus cet effet de torsion s'étendant radialement vers l'extérieur.

sions, la charge utile des deux sondes était limitée à quelques kilos !

Il fut possible d'embarquer des instruments d'étude solaire autrement plus conséquents avec la station Skylab en 1973 (télescope couplé à un coronographe et qui permit de prendre plus de 170.000 photos de notre étoile), ou lors de missions de la navette américaine. Mais les scientifiques restaient sur leur faim : observer le Soleil à partir de l'écliptique ne donne en effet qu'une vue tronquée des phénomènes solaires. Comme nous l'avons déjà souligné, à cette latitude le champ magnétique solaire obère complètement le développement « naturel » des phénomènes induits à l'extérieur par son activité interne. Il apparaît évident aux spécialistes que ce champ magnétique doit beaucoup moins jouer, au niveau des pôles, sur ces phénomènes et leur interaction avec le milieu interplanétaire et les franges du milieu interstellaire. Un des objectifs prioritaires d'Ulysse est notamment d'étudier comment se comporte le fameux « vent solaire » aux pôles (que la sonde européenne survolera à environ 210 millions de kilomètres). Principalement composé de particules très chargées électriquement (protons et électrons), le vent solaire est proba-

blement causé par des phénomènes de différences de températures et de pression existant entre deux des couches externes de l'atmosphère solaire, à savoir la chromosphère et la couronne, ou plus exactement la partie interne de celle-ci.

Comme le souligne Roger-Maurice Bonnet (directeur des programmes scientifiques de l'ESA) : « En raison de problèmes de limitation, la mission Ulysse revêt un caractère particulièrement innovateur ». Innovatrice, Ulysse l'est en effet et pas uniquement du fait de son instrumentation mais aussi de son incroyable trajectoire ! Aller d'abord à la rencontre de Jupiter pour s'approcher du Soleil au moindre coût d'énergie, il fallait y penser... et c'est pourtant ce qu'avait déjà proposé, dès 1937, le pionnier soviétique de l'astronautique Ari Abramovitch Sternfeld : l'étonnante orbite actuelle de la sonde européenne est décrite de façon prémonitrice dans son livre *Introduction à la cosmonautique* édité, et pratiquement passé inaperçu, aux pires moments de la période stalinienne !

Pour comprendre la nature du problème, il faut considérer que les astres du Système solaire ne sont pas fixes les uns par rapport aux autres, et

