

COURRIER DES LECTEURS

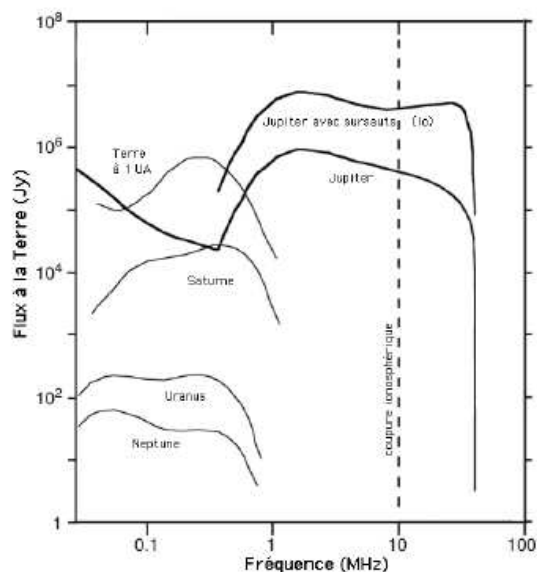
Commentaires sur l'article « Quand le LP2I surfe sur Jupiter »

J'ai lu avec un grand intérêt l'article « Quand le LP2I surfe sur Jupiter » sur la détection des émissions radio de Jupiter et les interactions Jupiter-Io paru dans le CC n° 144. Il traite d'une science qui m'est chère et démontre qu'avec un peu de matériel et de bonnes idées, on peut réaliser de très belles expériences. Je me permets d'apporter sur certains points abordés des précisions et compléments qui me paraissent utiles.

Les émissions radio planétaires

Jupiter, comme toutes les planètes qui possèdent une magnétosphère, émet des ondes radio. Ces ondes radio sont émises, comme expliqué dans l'article, dans les zones aurorales où sont accélérés les électrons qui, guidés par les lignes de champ magnétique, se dirigent vers la planète. La figure ci-contre montre le flux des émissions radio planétaires vues de la Terre en fonction de la fréquence. Nous voyons que dans le cas de Jupiter, l'interaction avec Io contribue à ces émissions radio mais n'en constitue pas l'unique source comme pourrait le suggérer l'article. Il est toutefois à noter que dans le domaine radio détectable du sol terrestre (les fréquences inférieures à la fréquence de coupure ne peuvent pas traverser l'ionosphère), l'interaction Jupiter-Io constitue probablement une condition à la détection avec un petit radiotélescope. En effet, c'est précisément aux alentours de 20-

40 Mhz, que l'écart est le plus grand entre les émissions radio sans et avec la contribution de Io.



Sources d'ionisation

L'orbite de Io se trouve à l'intérieur de la magnétosphère de Jupiter et comme le montre la figure 2 de l'article, cette magnétosphère dévie le vent solaire comme un bouclier (voir aussi Cahiers Clairaut 141 et 142). Io n'est donc jamais en contact avec le vent solaire ; par conséquent ce dernier ne constitue pas une source d'ionisation d'un atome ou molécule issu du volcanisme de Io. Les processus sont autres :

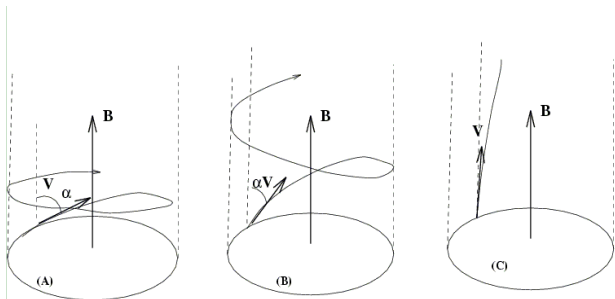
- photo-ionisation par les photons UV et X solaires ;
- échange de charge avec des ions déjà présents ;
- impact de particules énergétiques.

Plans orbitaux

Il me paraît intéressant de préciser que l'orbite de Io et le tore de plasma ne se trouvent pas dans le même plan. Le plan orbital de Io est régi par la seule gravitation et se trouve donc dans le plan équatorial géographique, cependant que le tore de plasma subit les forces magnétiques et se trouve donc dans le plan équatorial magnétique. Ces deux plans sont inclinés d'environ 10° l'un par rapport à l'autre, (en fait, les particules chargées qui composent le tore sont aussi soumises à la force centrifuge donc en toute rigueur, le tore se trouve dans un plan intermédiaire entre les plans équatoriaux magnétique et géographique).

Angle d'attaque et miroir magnétique

La notion d'angle d'attaque est importante pour décrire le mouvement des particules chargées dans un champ magnétique. C'est l'angle θ entre le vecteur champ magnétique local B et le vecteur vitesse V de la particule considérée.



Il est dit dans l'article que les électrons « qui sont déviés de telle sorte que leur direction est quasi perpendiculaire aux lignes de champ magnétique de Jupiter vont réussir à atteindre les pôles ». Ce doit être un lapsus car c'est précisément le contraire : le

franchissement des miroirs magnétiques ne peut se faire que si les particules considérées ont un faible angle d'attaque, c'est-à-dire si leur vecteur vitesse a une composante PARALLÈLE au champ magnétique suffisamment grande ; sinon, elles rebondiront avant d'atteindre les pôles.

En effet, une grandeur μ nommée moment magnétique se conserve lors du mouvement. Elle est de la forme :

$$\mu = \frac{mv_{\perp}}{2B} = \text{constante}$$

Avec m la masse de la particule, v_{\perp} la composante perpendiculaire au champ magnétique de la vitesse de la particule et B l'intensité du champ magnétique.

La conséquence de la conservation de cette grandeur est que plus un électron va se rapprocher de la planète et être soumis à un champ B de plus en plus intense, plus v_{\perp} va aussi augmenter. Étant donné que l'énergie cinétique se conserve, la vitesse totale se conserve aussi. Si la norme du vecteur vitesse se conserve et sa composante perpendiculaire augmente alors fatalement, la composante parallèle à B diminue (en d'autres termes, l'angle d'attaque augmente). Si cette composante parallèle diminue jusqu'à s'annuler (angle d'attaque vaut alors $\theta = 90^\circ$), la particule arrête sa progression le long de B et rebrousse chemin, c'est le phénomène de miroir magnétique. Pour atteindre les plus basses couches de l'atmosphère et créer des aurores polaires, les électrons doivent donc avoir initialement une composante parallèle à B suffisamment grande, donc un angle d'attaque suffisamment petit.

Pour voir le comportement d'une particule chargée dans une bouteille magnétique en fonction de son angle d'attaque θ initial, on pourra se reporter à la page suivante (en anglais) :

http://www.windows2universe.org/earth/Magnetosphere/tour/tour_earth_magnetosphere_04.html

Pour en savoir plus sur les interactions Jupiter-Io, le lecteur averti pourra se référer à la thèse de doctorat de Sébastien Hesse intitulée *Processus d'accélération et émissions radio dans le circuit Io-Jupiter* :

http://arena.obspm.fr/~luthier/mottez/stages/these_Sebastien_Hess.pdf

Frédéric Pitout (OMP – IRAP) ■