

Concours annuel de 1974

Groupe II/b

Rapports sur le mémoire de MM. J. Lemaire et M. Scherer

RAPPORT DU PREMIER COMMISSAIRE

Le mémoire présenté par MM. J. Lemaire et M. Scherer: *Contribution à l'étude des ions dans l'ionosphère polaire*, répond à la question *b* du groupe II posée au concours annuel 1974. En effet ce travail constitue une précieuse contribution à l'étude de l'échappement de l'ionosphère polaire des ions légers. Ce problème suscite beaucoup d'intérêt en raison du caractère particulier du « Vent Polaire » et de son importance pour le bilan des atomes d'hélium dans l'atmosphère terrestre.

Les modèles théoriques développés précédemment, en vue de décrire cet écoulement de certains constituants du plasma ionosphérique, étaient basés sur l'approximation d'Euler. En effet, dans ces modèles, on considérait que les températures des différents constituants étaient indépendantes de l'altitude et, d'autre part, que les tenseurs des pressions partielles des ions restaient isotropes quelle que soit l'altitude. Cependant, dans leur travail, les auteurs ont montré que ces hypothèses ne sont valables qu'au-dessous de 700 km d'altitude et que l'utilisation de l'approximation d'Euler au-delà de 1000 km constitue une extrapolation injustifiée.

Précédemment, MM. J. Lemaire et M. Scherer avaient déjà suggéré l'utilisation de modèles cinétiques au-dessus de l'altitude de 1000 à 1500 km, c'est-à-dire au-dessus de l'exobase où le libre parcours moyen des particules chargées devient supérieur à la hauteur d'échelle de l'ionosphère. Ils montrent maintenant que, bien avant d'atteindre ce niveau de l'exobase une approximation hydrodynamique d'ordre supérieur telle que celle de Navier-Stokes doit être utilisée. Le nouveau modèle proposé dans ce mémoire tient compte de ces remarques, car il a été construit à partir des équations de Navier-Stokes entre l'altitude de 500 km où l'équilibre thermique et photochimique des ions d'hydrogène est encore maintenu et l'altitude de l'exobase où ces ions ne subissent plus guère de collisions. C'est pourquoi au-delà de ce niveau dans l'exosphère, la théorie cinétique

a été utilisée afin de déterminer la distribution des différentes espèces de particules.

Le mémoire est divisé en six chapitres dont les deux premiers situent le phénomène lui-même au sein de la magnétosphère et de l'ionosphère. Les processus aéronomiques, qui régissent la production et la perte des ions principaux dans les régions supérieures de l'ionosphère polaire, y sont également discutés. Aux troisième et quatrième chapitres, l'approximation hydrodynamique de Navier-Stokes et l'approximation cinétique sont décrites avec leurs applications au problème particulier du Vent Polaire. La discussion du problème des conditions aux limites déterminant le modèle est exposée au cinquième chapitre. Les auteurs exposent notamment comment le choix des conditions aux limites supérieures déduites de la théorie cinétique a permis d'assurer à l'exobase la continuité de la densité, de la température, du flux des ions et du flux d'énergie transporté par ceux-ci, ainsi que de l'anisotropie du tenseur des pressions. De ce fait, le raccordement du modèle hydrodynamique et du modèle cinétique se réalise sans discontinuité d'ordre zéro.

Les résultats numériques et leur discussion sont réunis dans le sixième chapitre. Ces nouveaux résultats confirment l'existence d'un écoulement supersonique des ions légers le long des lignes de force « ouvertes » du champ magnétique des régions polaires. Toutefois, en vue de représenter cet écoulement, il n'a pas été nécessaire de faire appel à une solution critique des équations de transport, comme c'était le cas dans les modèles hydrodynamiques antérieurs. De plus, ces résultats indiquent que la dissipation par collision de l'énergie de mouvement des ions d'hydrogène accélérés vers le haut, entraîne une augmentation de la température de ceux-ci en fonction de l'altitude. Au voisinage de l'exobase, cette température ionique atteint un maximum avant de décroître adiabatiquement dans l'exosphère. En outre, on voit apparaître au voisinage de l'exobase une importante anisotropie du tenseur des pressions des ions d'hydrogène. Déjà on peut noter que l'augmentation prévue de la température des ions H^+ vers 1000 km d'altitude est confirmée par de récentes observations alors que la résolution angulaire des mesures actuelles de flux d'ions thermiques n'est pas encore suffisante en vue de permettre la déduction des valeurs de l'anisotropie du tenseur des pressions qui pourraient être comparées à celles du nouveau modèle de MM. J. Lemaire et M. Scherer.

Ces auteurs terminent heureusement leur travail par un septième chapitre qui reprend clairement les conclusions essentielles.

En fin de compte, il convient de considérer que MM. J. Lemaire et M. Scherer ont parfaitement répondu à la question posée en apportant une contribution originale à un problème qui présente une grande importance dans le cadre des recherches internationales sur l'ionosphère.

M. NICOLET

RAPPORT DU DEUXIÈME COMMISSAIRE

Il n'y a rien à ajouter au rapport complet, clair et précis de notre savant confrère M. Nicolet. Nous nous y rallions sans réserve, en soulignant cependant la qualité de l'exposé des auteurs qui ont abordé, et semble-t-il bien conclu, un sujet de haute actualité, fort difficile. A vrai dire, ce mémoire a été rendu possible par plusieurs travaux antérieurs des auteurs dans le même domaine.

Nous estimons qu'il s'agit d'une contribution scientifique de réelle valeur qui mérite certainement d'être récompensée par un prix. Il faudra publier éventuellement ce mémoire.

Ch. MANNEBACK

RAPPORT DU TROISIÈME COMMISSAIRE

Je me rallie entièrement aux rapports des deux premiers rapporteurs qui ont souligné les contributions originales et importantes apportées par les deux auteurs dans le domaine difficile et d'une grande actualité de la structure des couches très extérieures de l'atmosphère terrestre grâce à leur maîtrise de la théorie cinétique et de la physique des plasmas.

P. LEDOUX