

RECHERCHES IONOSPHERIQUES

On définit généralement l'ionosphère comme la région de l'espace qui contient une quantité non négligeable de particules chargées (électrons et ions). L'étude des diverses propriétés de l'ionosphère permet de la diviser en 4 régions : la région D (50 à 85km d'altitude), la région E (85 à 140km), la région F (140 à 600km) et la haute ionosphère (entre 600km et plusieurs rayons terrestres d'altitude).

Jusqu'à 300km d'altitude, les études ont pu être conduites à partir du sol, par interprétation des échos radar à basse fréquence sur les différentes couches de l'ionosphère. Mais des progrès décisifs ont été accomplis par l'envoi de fusées-sondes qui permettent de déterminer in situ la densité électronique et surtout par le lancement de satellites à partir desquels des mesures de longue durée peuvent être faites au-dessus de l'ionosphère.

Rappelons brièvement la composition de l'atmosphère neutre: au-dessous de 100km, O_2 et N_2 prédominent. Puis la concentration en oxygène atomique devient de plus en plus importante : ce constituant devient fondamental vers 500km. Après une couche intermédiaire d'hélium, le composant dominant, à une altitude supérieure, est l'hydrogène.

La Région D

Elle se confond pratiquement avec la mésosphère. Il est assez difficile d'y mesurer la densité électronique. Il est toutefois possible de la déterminer en étudiant la production et la disparition d'électrons pour une altitude donnée.

Pour connaître la vitesse d'apparition d'électrons, il faut connaître l'intensité de la radiation ionisante, la densité et la section efficace des particules ionisables. Le problème est complexe, car la section efficace des particules dépend elle-même de la fréquence des radiations ionisantes. La disparition d'électrons serait essentiellement due, dans la région D, à des recombinaisons avec des ions positifs.

L'ionisation dans la zone inférieure de la mésosphère est essentiellement due à l'action des rayons cosmiques. A une altitude un peu plus élevée, il est probable qu'interviennent aussi des rayons X mous et le rayonnement ultraviolet Lyman α . L'importance relative de ces deux sources dépend surtout de l'état de l'activité solaire. L'ion produit, par un mécanisme qui n'est d'ailleurs pas encore bien élucidé, est NO^+ .

A l'occasion d'éruptions solaires ou d'aurores boréales, la densité électronique dans la zone D peut être multipliée par un facteur atteignant 100. Ce phénomène est à l'origine des "black-out" radioélectriques.

La Région E

La densité électronique a été mesurée à ces altitudes grâce à des études de propagation d'ondes radioélectriques et à des sondes à plasma embarquées à bord de fusées et de satellites. Elle diminue dans un rapport 100 entre le jour et la nuit.

Les ions dont la vitesse de formation est importante sont O_2^+ , N_2^+ , O^+ . Par ailleurs, NO^+ est un constituant abondant de la région E. Une anomalie fréquemment observée est la présence d'une couche très mince (0,5km) avec une densité électronique très élevée, ce qui cause une réflexion des ondes radio à une fréquence anormalement élevée.

La Région F et la haute ionosphère

Cette zone, divisée en deux sous-zones, F_1 et F_2 , est celle

où la densité électronique est maximale. L'ion créé dans cette zone est essentiellement O^+ qui donne, par action sur les molécules d'azote, des ions NO^+ qui eux-mêmes se recombinent avec les électrons. Ces deux derniers processus étant lents, l'ionisation persiste fortement la nuit dans la région F. A plus haute altitude (haute ionosphère), des ions He^+ sont créés, puis des ions H^+ , les premiers existant surtout le jour et les seconds la nuit. Trois types d'expériences peuvent être faites à partir de satellites.

- On peut faire des mesures dans le voisinage immédiat du satellite, à l'aide de sondes de Langmuir ou de spectromètres de masse; il est bien évident que ces mesures ne donnent de renseignements que sur la région où se trouve le satellite;

- on peut étudier la réflexion d'ondes radioélectriques émises par le satellite sur la couche supérieure de l'ionosphère;

- enfin, on peut étudier sur terre les ondes radioélectriques émises par le satellite, qui se sont propagées dans l'ionosphère (effets Faraday et Doppler).

Les données que l'on a obtenues de ces trois types d'expériences ont permis de bien connaître les valeurs de la densité électronique en fonction du lieu (altitude et latitude) ainsi que de l'heure, du jour et de la saison. On a ainsi montré que la densité électronique était étroitement contrôlée par le champ magnétique terrestre.

Enfin, des mesures de température électronique et ionique ont montré que ces valeurs étaient contrôlées de manière très importante par l'heure du jour et la latitude magnétique.

Néanmoins, bien d'autres expériences seront nécessaires avant qu'une répartition électronique complète de l'ionosphère puisse être établie et que des théories cohérentes rendent compte de tous les phénomènes complexes mis en jeu.

Extrait de la Revue "Science, avril 1965".