

Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris

Note de Jean-Pierre Petit et Maurice Viton, présentée par M. André Lichnerowicz.

Séance du 8 décembre 1976. Publiée le 28 février 1977.

Tome 284 - pp. 167-179

MAGNETOHYDRODYNAMIQUE

Convertisseurs magnétohydrodynamiques d'une genre nouveau : appareils à induction

Un nouveau type d'accélérateur MHD discoidal, à induction et à contrôle d'ionisation, est présenté. Muni d'un générateur autonome d'électricité, ce dispositif pourrait donner naissance à un aérodyne MHD. Une solution permettant de confiner le plasma à la paroi est évoquée.

Introduction. Dans une note précédente [1], des convertisseurs MHD d'une géométrie assez particulière, utilisant un fort effet Hall, avaient été décrits. Certains de ces appareils font actuellement l'objet d'une expérimentation.

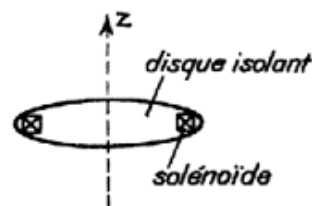


Fig. 1



Fig. 2

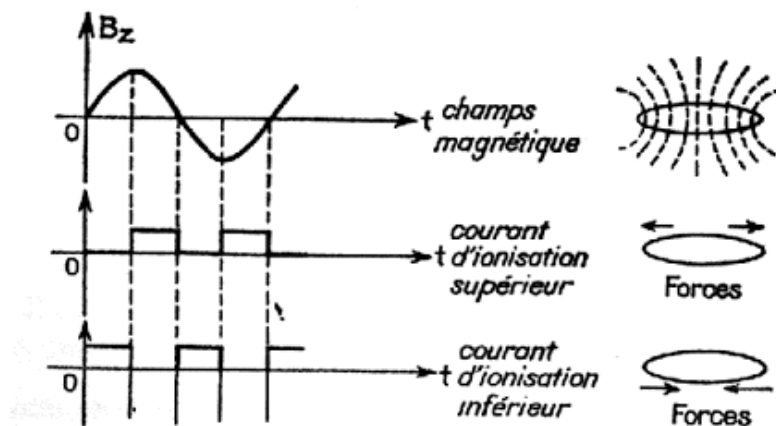


Fig. 3

Dans la présente Note il s'agit cette fois d'un accélérateur MHD à champ magnétique alternatif. Considérons un disque fait d'un matériau isolant, muni à sa périphérie d'un solénoïde parcouru par un courant alternatif (fig.1). La variation de champ magnétique tend à créer des courants induits circulaires dans le fluide avoisinant le disque. On suppose l'effet Hall négligeable. Ces courants induits se conjuguent avec la valeur instantanée du champ B pour donner des forces radiales, alternativement centrifuges et centripètes. Le système étant symétrique, ces forces n'ont qu'un effet d'agitation radiale, l'intégrale de la quantité de mouvement étant nulle sur un cycle. L'intensité du courant induit dépend de la valeur de crête du champ B et de sa période T. En deçà d'un certain seuil du rapport B/T ces courants induits restent faibles.

Accélérateurs à contrôle d'ionisation. - Il n'en est plus de même si on munit les parois du disque d'un système quelconque susceptible de créer une ionisation (fig.2). Grâce à ce dispositif on peut maintenant contrôler l'intensité des courants induits en tout point avoisinant la paroi de l'accélérateur. Modulons maintenant les alimentations des ionisateurs conformément à la figure 3. On se place dans des conditions où le temps de relaxation d'ionisation est faible devant la période T du champ B.

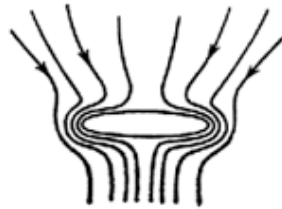


Fig. 4

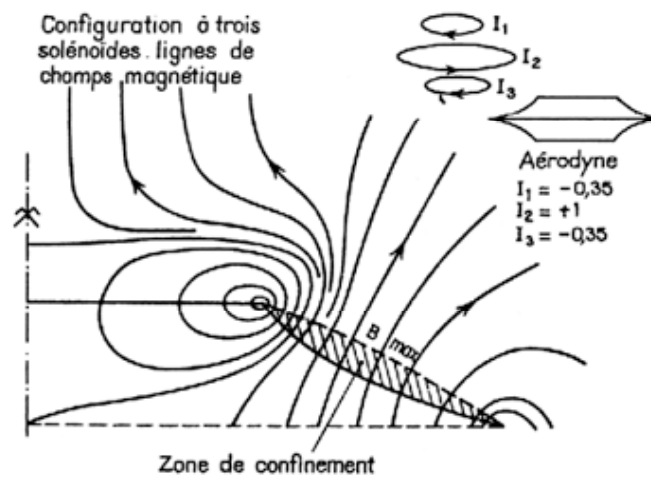


Fig. 5

Il est facile de voir que, lorsqu'elles apparaissent, les forces de Laplace, radiales, sont centrifuges au voisinage supérieur du disque, et centripètes au voisinage inférieur. L'air ionisé sera sollicité de façon pulsée et il se produira un entraînement fluide selon le schéma de la figure 4.

Aérodrome MHD. - Si cet accélérateur possède une source autonome d'énergie électrique, on obtiendra un aérodrome MHD à induction et à contrôle d'ionisation. Dans une note précédente [1] un moteur MHD avait été évoqué. Un moteur deux temps où, en fin de phase de compression MHD se produisaient au sein d'un mélange gazeux des réactions de fusion. Le plasma entrainait alors en expansion, l'appareil se comportant dans cette seconde phase en générateur électrique du type de Hall.

Citons pour mémoire un article récente de Ralph Moir [2]. Celui-ci propose également un moteur MHD alternatif, de formule différente, et apparemment plus simple. L'élément essentiel est une chambre toroïdale qui n'est autre qu'un tokamak. Moir estime que les conditions de Lawson peuvent être atteintes dans une compression MHD, qui pour ce type d'appareil est du type théta pinch. L'expansion du plasma de fusion comprime alors les lignes de force du champ magnétique et il y a production directe de courant électrique par induction. L'intérêt de cette double formule : aérodrome et moteur fonctionnant par induction, est de s'affranchir du passage de forts courants à travers des électrodes.

Confinement du plasma à la paroi. - Le solénoïde inducteur de l'accélérateur discoïde fournit un champ magnétique qui est maximal à la paroi. La pression magnétique aura donc tendance à faire migrer la décharge loin de celle-ci. Si l'on veut contrôler la localisation de l'interaction MHD il faut recourir à une géométrie donnant un maximum de champ, non à la paroi, mais au voisinage de celle-ci. Ceci peut être obtenu par une géométrie à plusieurs solénoïdes comme il est indiqué sur la figure 5. Le calcul montre que l'intensité de champ magnétique est alors maximale sur une surface approximativement conique. Il est indiqué de choisir pour paroi de l'aérodrome une trajectoire orthogonale aux lignes de champ, de manière à ce que la force de Laplace soit tangente à celle-ci. L'idée de l'aérodrome MHD est de Jean-Pierre Petit, celle de la géométrie confinante à plusieurs solénoïdes de Maurice Viton.

[1] J.P. Petit, "Convertisseurs magnétohydrodynamiques d'une genre nouveau", Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, t. 281, n°11, Série B, pp. 157-160, 15 septembre 1975.

[2] R. Moir, "Direct Conversion of Energy from Fusion", rapport UCRL 76096, Lawrence Livermore Laboratory, Californie, USA.