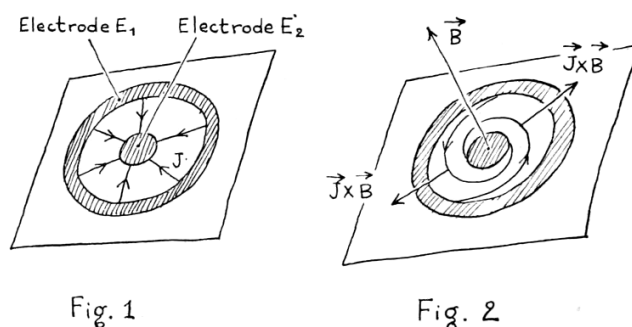


MAGNÉTOHYDRODYNAMIQUE. — *Convertisseurs magnétohydrodynamiques d'un genre nouveau.* Note (*) de M. **Jean-Pierre Petit** ⁽¹⁾, présentée par M. André Lichnerowicz.

De nombreuses études, tant théoriques qu'expérimentales, ont été faites sur les accélérateurs et les générateurs MHD. Il semble pourtant que certaines configurations, associées à des valeurs élevées du paramètre de Hall, aient échappé jusqu'ici à l'investigation. Nous présentons donc ici des formules nouvelles de ces machines MHD, ayant des configurations elliptiques et hyperboliques, et tentons d'évoquer leurs applications possibles.

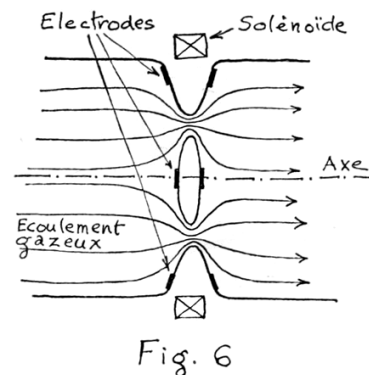
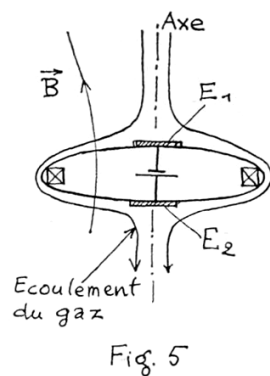
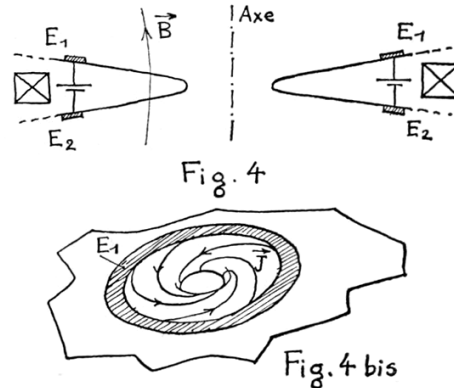
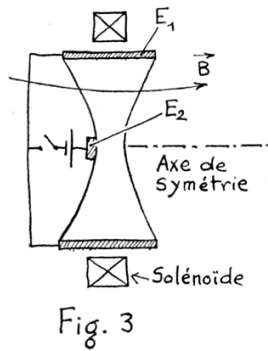
INTRODUCTION. — Les convertisseurs MHD qui vont être décrits ici sont basés sur la caractéristique géométrique suivante : considérons un système d'électrodes (voir *fig. 1*) créant dans un fluide conducteur de l'électricité un courant pariétal à symétrie radiale.



Introduisons un champ magnétique uniforme dont les lignes de force sont parallèles à l'axe du système (voir *fig. 2*). Si le paramètre de Hall excède l'unité, les lignes de courant vont prendre une forme spiralée. L'examen des forces de Lorentz agissant dans le fluide voisin de la paroi isolante montre que celles-ci sont, suivant la direction du champ B et suivant la polarité des électrodes, centrifuges (notre exemple) ou centripètes. A partir de ce schéma il est possible d'imaginer un ensemble de convertisseurs MHD aux propriétés originales.

I. COMPRESSEUR MHD. — La figure 3 décrit une enceinte fermée contenant un gaz. Deux des parois affectent la forme d'un hyperboloïde à deux nappes. La troisième paroi est cylindrique et porte une électrode E_1 . La seconde électrode est placée sur l'axe du dispositif, qui possède la symétrie de révolution. Un champ uniforme B est créé par un solénoïde, également représenté. La décharge d'une puissante batterie de condensateurs dans cette enceinte, connectée aux électrodes E_1 et E_2 engendre un système de forces de Lorentz centripètes susceptibles de créer au centre, un plasma à pression et température élevées. Ceci peut présenter un intérêt, tant sur le plan fondamental que pour servir de base à une expérience de fusion par laser, l'énergie d'un laser de haute puissance étant concentrée sur le plasma ainsi créé.

II. ACCÉLÉRATEUR HYPERBOLIQUE. — La décharge est cette fois effectuée au voisinage d'une paroi isolante affectant la forme d'un hyperboloïde de révolution à une nappe (voir *fig. 4*). Il est facile de voir que les forces de Lorentz tendent à faire passer le fluide MHD à travers le col de cet hyperboloïde. Une application possible de ce dispositif consisterait à accroître ainsi l'impulsion spécifique d'un moteur à réaction. Dans cette perspective le col de l'hyperboloïde serait également le col de la tuyère de



mise en vitesse. Col à variation rapide de section, donnant une mise en vitesse et une détente brutales (accompagnées d'un figeage). Les forces de Lorentz assureraient un passage sans décollement du gaz à travers l'orifice.

III. ACCÉLÉRATEUR ELLIPTIQUE. — La surface isolante est alors, comme il est indiqué sur la figure 5, un ellipsoïde aplati. Le système des forces de Lorentz donne à ce montage l'aspect d'une pompe MHD, agissant sur le milieu ambiant.

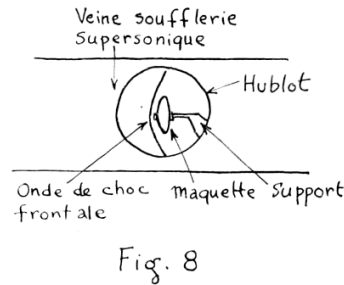
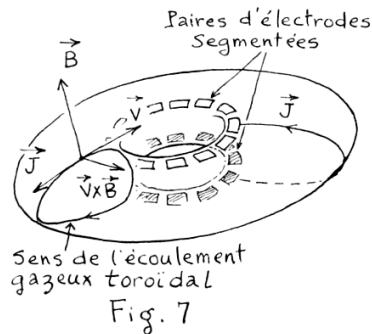
Remarque. — Il est possible de combiner les configurations II et III en plaçant l'ellipsoïde dans le col de l'hyperboloïde. Dans cette pompe MHD, le fluide se trouve alors chassé à travers un orifice ayant la forme d'une couronne (*fig. 6*). Bien sûr, comme dans toute machine MHD, ces accélérateurs peuvent être convertis en générateurs de courant. Il suffit, pour ce faire, de contraindre le fluide à suivre les surfaces décrites plus haut, les électrodes étant alors connectées à une résistance de charge.

IV. GÉNÉRATEUR MHD TORIQUE. — Ici le fluide de conversion est contraint de circuler suivant les génératrices d'un tore aplati (voir *fig. 7*). La tension de Hall apparaît alors aux bornes des deux électrodes représentées sur le schéma.

V. STABILITÉ DE CES DÉCHARGES MHD. — Comme dans toute décharge en milieu gazeux, des inhomogénéités (arcs) apparaîtront si la densité de courant dépasse une valeur seuil. On y remédiera en segmentant les électrodes, ce qui est une solution classique en conversion MHD.

Un deuxième type d'inhomogénéité peut se manifester si le fluide se trouve porté par la décharge en situation hors d'équilibre ($T_e > T_g$). Il est bien connu en effet ⁽²⁾ que les fluides MHD hors d'équilibre sont sujets à l'instabilité d'ionisation lorsque le paramètre de Hall dépasse une valeur seuil (celle-ci est voisine de deux lorsque le plasma est en régime coulombien).

VI. REMARQUE CONCERNANT L'ACCÉLÉRATEUR ELLIPTIQUE. — En règle générale, on sait que les forces de Lorentz peuvent engendrer des ondes de choc dans un gaz de forte intensité. Inversement on peut suggérer que ces mêmes forces de Lorentz puissent agir sur un écoulement choqué, en réaccélérant le fluide situé en aval de l'onde, au point



d'atténuer celle-ci, voire de la faire disparaître. Ceci suggère l'expérience suivante : Dans une soufflerie supersonique plaçons un modèle ellipsoïdal, comme il est indiqué sur la figure 8. Si le modèle est passif, une onde de choc détachée se manifeste en amont du modèle. Dans un écoulement à pression atmosphérique à mach 2, avec un champ de 5 Ts et une maquette de 5 cm de diamètre, l'injection pendant quelques millisecondes d'une puissance électrique de quelques mégawatts, à travers les électrodes polaires, devrait permettre d'observer une sensible interaction avec l'onde et peut-être éventuellement sa disparition.

Au cas où cette expérience serait positive, cette configuration ellipsoïdale suggérerait un aérodyne MHD capable d'évoluer à vitesse supersonique sans gaspiller inutilement de l'énergie à créer une onde de choc, phénomène parasite purement dissipatif. Mais quel moteur pourrait fournir l'électricité nécessaire à la décharge ? Le générateur torique décrit à la section IV complète, semble-t-il ce dispositif, en s'insérant parfaitement dans l'ellipsoïde, le solénoïde produisant le champ pour l'ensemble accélérateur-générateur. Notre technologie actuelle ne semble pas permettre d'envisager un tel appareil, dont l'énergie (assurant dans le générateur la circulation du fluide MHD) devrait provenir, sous forme thermique, d'une source de faibles poids et encombrement (générateur à fusion).

Un autre type de moteur MHD pourrait être envisagé, utilisant la configuration hyperbolique décrite au paragraphe I (voir *fig. 3*). Supposons que, dans ce compresseur, l'apparition du phénomène de fusion, au centre du dispositif, coïncide avec l'épuisement de

la charge du condensateur créant les forces de confinement. Le plasma va alors se détendre radialement, porteur de l'énergie dégagée par la fusion. Dans cette phase d'expansion il est facile de voir que le dispositif se comporte comme un générateur de courant électrique. Bien sûr, à chaque cycle de ce moteur alternatif, une partie de l'énergie électrique devra être stockée dans le condensateur, celui-ci étant l'analogie du volant d'un moteur deux temps à combustion interne.

(*) Séance du 21 juillet 1975.

(¹) Chargé de recherche au C. N. R. S., observatoire de Marseille, 2, place Le Verrier, 13000 Marseille.

(²) J.-P. PETIT et J. VALENSI, *Comptes rendus*, 269, série B, 1969, p. 365.

10, rue du Félibre Gaut,
13100 Aix-en-Provence.