

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Magnétohydrodynamique : accélérateurs à courants spiraux*. Note (\*) de **Jean-Pierre Petit, Michel Billiotte et Maurice Viton**, présentée par André Lichnerowicz.

On présente une méthode, bien confirmée par l'expérience, permettant de faire fonctionner un accélérateur à courants spiraux.

*A Hall accelerator is operated, with a convenient spiral current pattern.*

1. INTRODUCTION. — Le principe de l'accélérateur MHD est bien connu. Si le champ magnétique est intense, ce qui est souhaitable pour accroître les forces de Laplace, l'effet Hall sera présent. La géométrie d'accélérateur la plus simple est alors la tuyère disque (voir *fig. 1*). Dans cette configuration on crée un champ électrique à symétrie cylindrique, entre une électrode centrale et une électrode périphérique. Le champ magnétique est alors perpendiculaire au plan du disque. Dans ces conditions, l'effet Hall tend à enrouler les lignes de courant suivant des spirales logarithmiques, l'angle entre  $\vec{E}$  et  $\vec{J}$  étant  $\theta$  (tel que  $\text{tg } \theta = \beta$  : paramètre de Hall).

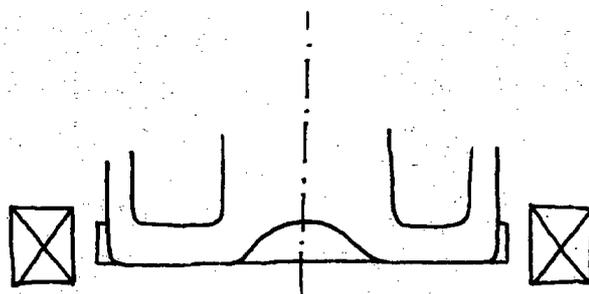


Fig. 1

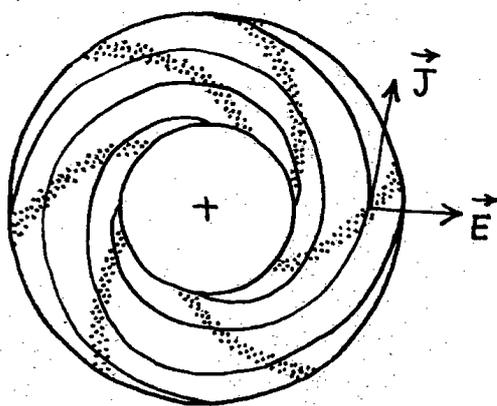


Fig. 2

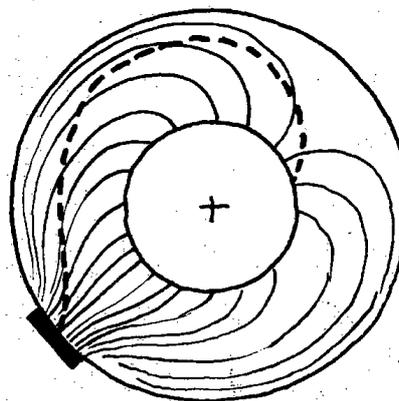


Fig. 3

Velikhov a montré [1] que l'instabilité d'ionisation, étudiée par lui, tendait à contrarier cet enroulement des lignes de courant. Les forces de Laplace cessent alors d'être dirigées, grosso modo, suivant le rayon, et l'accélérateur ne fonctionne plus correctement. Considérons, en rapport avec nos expériences, un accélérateur à anode centrale, donc tendant à imprimer au gaz un mouvement centripète. La direction des forces, en effet, dans ce type d'accélérateur, ne dépend que de la polarité des électrodes, à fort paramètre de Hall. La théorie de l'instabilité

d'ionisation montre que des perturbations doivent apparaître, des ondes de densité électronique, se situant à peu près suivant la bissectrice intérieure de l'angle (E, J) (voir *fig. 2*). Si le paramètre de Hall est élevé, disons par exemple supérieur à trois, ou même à cinq, les perturbations se répartiront suivant des spirales faisant un angle d'à peu près  $45^\circ$  avec le rayon vecteur. Celles-ci représentent des zones à plus fortes conductivité électrique. Par conséquent le courant électrique aura tendance à suivre ces allées ionisées. Le résultat étant une baisse sensible du paramètre de Hall efficace, qui sera peu supérieur à l'unité. Dans ces conditions, notre accélérateur à effet Hall est inopérant. Pour qu'il fonctionne correctement, il faudrait pouvoir enrouler les «streamers» de courant.

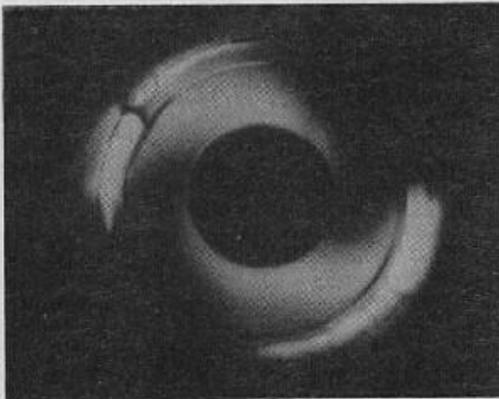


Fig. 4. —  $P=0,8$  mm Hg,  $V=1\ 100$  V.

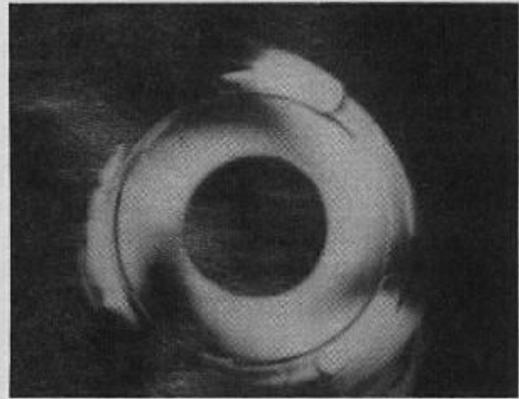


Fig. 5. —  $P=0,6$  mm Hg,  $V=1\ 250$  V.

2. SOLUTION DU PROBLÈME. — La solution que nous avons trouvée consiste à alimenter séquentiellement les électrodes, en l'occurrence les cathodes. Sur la figure 3 on trouvera le résultat du calcul des lignes de champ électrique, lorsqu'une seule cathode est alimentée. L'instabilité étant développée (et il est bien connu qu'elle se développe en un temps de l'ordre du temps d'ionisation) les streamers vont se situer suivant les trajectoires à  $45^\circ$  des lignes de champ électrique (voir *fig.*).

Ce qui correspond à un  $\beta_a$  turbulent de l'ordre de l'unité. Sur ce dessin nous voyons que ceci donne un flux de courant faisant un angle important avec le rayon vecteur, et nous appellerons  $\beta_a$  le paramètre de Hall « apparent » correspondant.

3. RÉSULTAT D'EXPÉRIENCE. — Une chambre d'expérience a été construite, d'un diamètre de 7 cm, et d'une épaisseur de 5 mm. L'anode centrale avait un diamètre de 3,6 cm, et le gaz d'essai était de l'air sous une pression allant de 1 mm à un dixième de millimètre de mercure. La tension d'alimentation étant de l'ordre du kilovolt. Sur la photo 4 on voit la disposition de deux streamers correspondant à deux cathodes diamétralement opposées. Les deux cathodes sont commutées l'une après l'autre avec une fréquence de  $10^4$  Hz. Sur la photo 5 il y a cette fois trois cathodes, qui sont de simples plaques de cuivre rouge de 1 cm de large. Les streamers n'interagissent pas car ils ne coexistent pas dans le temps. Les lueurs extérieures sont des reflets sur la paroi de plexi. Les intensités sont faibles, et restent de l'ordre de la dizaine de milliampères.

4. CONCLUSION. — La méthode proposée donne donc des résultats satisfaisants. Un pompage du fluide par ce système de courants spiraux peut donc être envisagé, dans la mesure où la période de commutation sera faible devant le temps de transit du fluide dans l'accélérateur.

(\*) Remise le 16 juin 1980; acceptée le 22 septembre 1980.

[1] E. VELIKHOV, *Hall Instability of Current Carrying Slightly Ionized Plasma. MHD*, Electrical Power Generation, Newcastle, 1962, p. 135.

[2] A. SOLBES, *Étude des inhomogénéités planes dans un plasma de conversion MHD. Instabilités électroniques*, PA Ign/RT, Saclay, 8 septembre 1966.

[3] J. P. PETIT et J. VALENSI, *Comptes rendus*, 269, série B, 1969, p. 365.

[4] J. P. PETIT, *Comptes rendus*, 281, série B, 1975, p. 157.

J.-P. P. et M. B. : *Observatoire de Marseille*,  
2, place Le Verrier, 13000 Marseille;

M. V. : *Laboratoire d'Astronomie spatiale*,  
traverse du Siphon, 13000 Marseille.