

MAGNÉTODYNAMIQUE DES GAZ. — *Performances théoriques d'un générateur du type de Faraday avec ionisation hors d'équilibre dans le gaz de conversion.* Note (\*) de M. JEAN-PIERRE PETIT, présentée par M. Jacques Valensi.

Il a été fait état, dans une Note précédente (1) des résultats d'expériences qui mettent en évidence le rôle important du facteur de charge dans le processus d'ionisation hors d'équilibre. Le calcul des performances théoriques locales, dont il est rendu compte ici, précise ce rôle. Les phénomènes sont

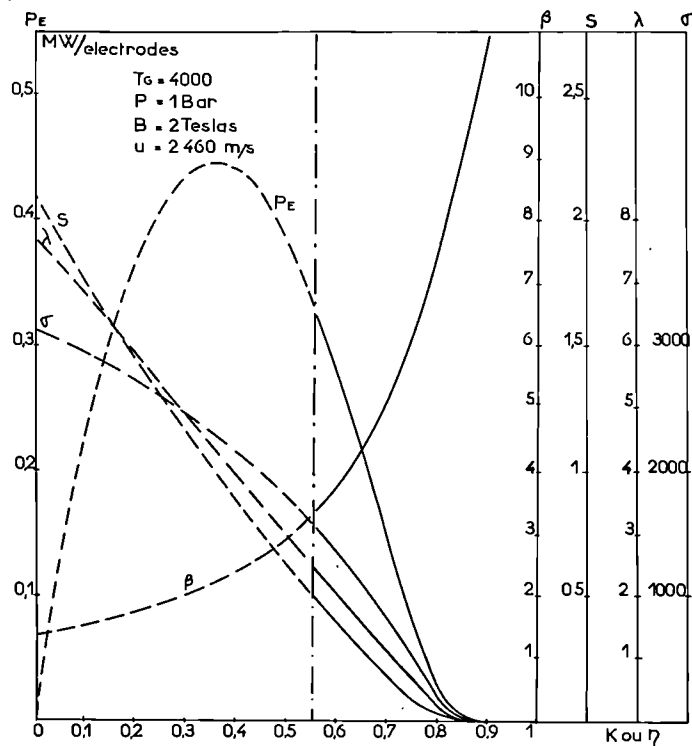


Fig. 1.

complexes en raison des actions mutuelles champ magnétique-écoulement. L'état du fluide est par conséquent modifié dans l'interaction et en particulier, la conductivité. Dans une première tentative d'analyse de ces phénomènes, ces actions mutuelles ont été négligées, de sorte que les résultats obtenus ne sont valables que localement. En supposant le plasma uniforme, le régime de fonctionnement stationnaire, et en négligeant les

pertes radiatives, l'équation de l'énergie du gaz d'électron s'écrit

$$(1) \quad \vec{E} \cdot \vec{J}_e = \sigma (1 - K)^2 u^2 B^2 = n_e \sum_{s \neq e} \frac{2 m_e}{m_s} \delta_s \langle v_{es} \rangle \frac{3}{2} k (T_e - T_s),$$

où la densité électronique  $n_e$  est obtenue à partir de la loi de Saha, que l'on a supposé valable pour  $n_e \geq 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  et pour  $T_e$  (température électronique)  $\geq 4000^\circ\text{K}$ .

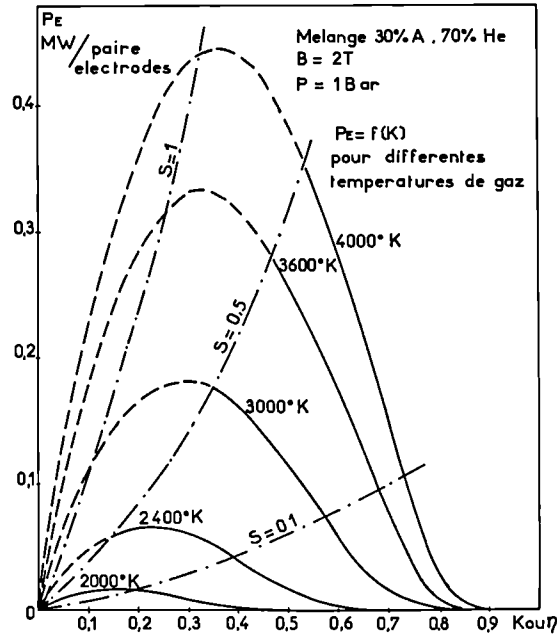


Fig. 2.

La fréquence de collision s'écrit

$$(2) \quad \langle v_{es} \rangle = \langle Q_{es} \rangle n_s \sqrt{\frac{8kT_e}{\pi m_e}}$$

La conductivité scalaire est calculée en supposant que l'interaction électron-particule lourde est du type maxwellien, et que le modèle lorentzien peut être utilisé.

En suivant Lin :

$$(3) \quad \sigma = \frac{1}{\sum_{s \neq e} \frac{1}{\sigma_{es}}}$$

et selon Spitzer et Härm <sup>(3)</sup> :

$$(4) \quad \sigma_{el} = \frac{0,582 n_e (4 \pi K_0)^2 (2 k T_e)^{\frac{3}{2}}}{\pi^{\frac{3}{2}} m_e^{\frac{1}{2}} e^2 \text{Ln} \Lambda \sum_{s \neq e} n_s Z_s^2}$$

La température électronique  $T_e$  peut alors être calculée à partir de l'équation (1) par itération, sur ordinateur. Dans le but de relier ce calcul avec des expériences faites en tube à choc, on a pris, dans l'application numérique, la vitesse  $u$  fonction de  $T_g$ , telle qu'elle est donnée par les relations du choix normal. Le calcul porte sur un mélange composé de 70 % d'hélium et de 30 % d'argon (4).

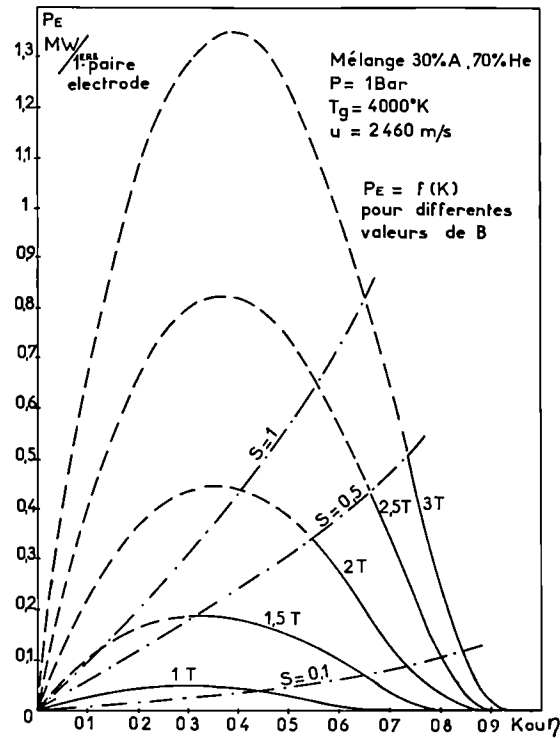


Fig. 3.

La puissance électrique  $P_e = \sigma K(1 - K) u^2 B^2 \nu^2$ , où  $K = Ey/uB$  est calculée pour le volume prismatique  $\nu$  séparant les électrodes d'une même paire, soit  $35,3 \text{ cm}^3$ .

Les résultats portés sur la figure 1 montrent que la conductivité, donc l'état hors d'équilibre, ne se manifeste sensiblement que lorsque le facteur de charge  $K$ , égal ici au rendement électrique  $\eta$ , est inférieur à une valeur limite  $K_{cr}$ .

Le paramètre d'interaction  $S = [2\sigma(1 - K)^2 B^2 l] / \rho u$  (où  $l$  est pris ici égal à  $1 \text{ cm}$ ) est une fonction décroissante de  $K$ .

Or l'expérience montre qu'il existe une valeur critique  $S_{cr}$  de ce paramètre au-delà de laquelle apparaît en amont de tuyère un choc intense. A titre indicatif  $S_{cr} \simeq 0,4$  dans de l'argon pur (4). Il semble donc indiqué, dans des expériences de conversion d'opérer avec  $K < K_{cr}$  et  $S < S_{cr}$ .

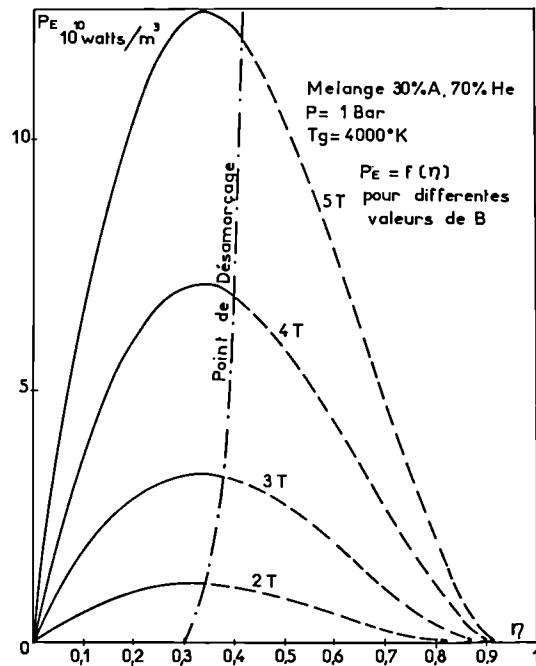


Fig. 4.

La figure 2 rend compte de l'influence de la température du gaz  $T_g$ . On notera que  $K_r$  décroît en même temps que  $T_g$ . L'influence du champ magnétique sera lue sur les courbes de la figure 3 : un accroissement de champ B entraîne un accroissement de  $K_{cr}$ , donc du rendement électrique.

*Remarque.* — Il semble indiqué d'opérer au voisinage de  $S = S_{cr}$ , en minimisant ainsi le paramètre de Hall,  $\beta = e\beta/m_e v_e$  (voir fig. 1), de manière à se trouver dans des conditions peu favorables au développement de l'instabilité électrothermique.

(\*) Séance du 9 avril 1969.

(<sup>1</sup>) J. P. PETIT, J. VALENSI, D. DUFRESNES et J. P. CARESSA, *Comptes rendus*, 268, série A, 1969, p. 245.

(<sup>2</sup>) BEN DANIEL et TAMOR, *Non equilibrium ionization in MHD generators*, Gen. Elec. Res. Lab. Rept. G. 2/R. L.

(<sup>3</sup>) SPITZER et HÄRM, *Phys. Rev.*, 89, 1953, p. 977-981.

(<sup>4</sup>) G. INGLESAKIS, *Thèse de Doctorat d'État*, I. M. F. M., 1969.

(Institut de Mécanique des Fluides  
 de l'Université d'Aix-Marseille,  
 1, rue Honorat, 13-Marseille,  
 Bouches-du-Rhône.)