

- Note C.E.A. n° 279 -

Section des Isotopes Stables



REALISATION D'UNE POMPE ELECTROMAGNETIQUE
A CIRCULATION DE GAZ

par

J. RAVOIRE

Section des Isotopes Stables

**REALISATION D'UNE POMPE ELECTROMAGNETIQUE
A CIRCULATION DE GAZ**

par

J. RAVOIRE

REALISATION D'UNE POMPE ELECTROMAGNETIQUE A CIRCULATION DE GAZ

INTRODUCTION

La pompe qui a été réalisée est destinée à assurer la circulation d'un gaz dans un circuit fermé et elle possède les caractéristiques générales suivantes :

- elle est rigoureusement étanche
- les gaz sont en contact seulement avec le verre
- elle fonctionne dans un domaine de pression allant de la pression atmosphérique à 5 mm de mercure environ
- elle permet d'obtenir des débits importants (jusqu'à $100 \text{ cm}^3/\text{s}$) et de vaincre une surpression pouvant aller jusqu'à 80 mm de mercure.

Le montage a été effectué d'après la publication :
"An all glass circulating pump for gases" J.S. WATSON -
Canadian J. of Technology (1956), 34, 5, 373, dont les données ont été presque intégralement respectées.

PRINCIPE

Dans un tube de verre fixe et horizontal (fig. 1) coulisse un piston en verre dans lequel est emprisonné du fer doux. Deux solénoïdes placés côte à côte autour de l'ensemble sont alimentés alternativement et communiquent un mouvement de va-et-vient au piston. Un jeu de quatre clapets entraîne une circulation du gaz dans le sens indiqué par les flèches : quand le piston se déplace de gauche à droite, les clapets A et D sont bloqués, le gaz est aspiré par B et s'échappe par C, et vice-versa.

DESCRIPTION DE LA PARTIE VERRERIE

Les cotes de la partie verrerie sont données dans la figure 1. Le piston et le cylindre ont été pris dans deux tubes ordinaires, choisis de telle façon que le piston coulisse parfaitement tout en assurant une étanchéité aussi bonne que possible. Le piston contient 18 tiges de fil de fer ordinaire de 1 mm de diamètre. Cette quantité s'est avérée suffisante pour obtenir le maximum de force d'attraction. Un peu de laine de verre empêche les tiges de fer de se déplacer dans le piston. Le cylindre fixe est terminé par deux rodages B 24 et B 10, pour permettre d'ôter le cylindre. Les volumes morts V_1 et V_2 constituent une sécurité : si le piston est entraîné brutalement vers une extrémité, le gaz emprisonné dans l'un de ces deux volumes se comprime et empêche un choc verre contre verre. Les clapets sont constitués par des bulles de verre en forme de poire et reposant sur des étranglements effectués sur des tubes de 15 mm de diamètre. Leur poids est de 1,3 g environ. Les clapets et les sièges sont rodés ensemble.

DESCRIPTION DES PARTIES ELECTROMAGNETIQUE ET ELECTRONIQUE

Chaque solénoïde est constitué par un enroulement de fil de cuivre émaillé de 10/100. La résistance de chacun est 5000Ω , ce qui correspond à 9000 m et 50 000 tours.

L'alimentation alternative des deux solénoïdes est assurée par un montage électronique (fig. 2). Il peut être divisé en trois parties :

la partie A qui comprend essentiellement l'alimentation, un transformateur et deux systèmes redresseurs (lampes 5V4G et GX4).

la partie B qui consiste en un multivibrateur. La fréquence de vibration peut être réglée par les deux jeux de résistances R_1 et R_2 . Les valeurs de la fréquence F en hertz sont données dans le tableau de la figure 2.

la partie C - les impulsions fournies par le multivibrateur sont reçues par la grille de la double triode E 6080 qui fonctionne comme lampe de puissance. Grâce aux deux résistances fixes de $10k\Omega$ et aux résistances variables de $50k\Omega$ un certain courant résiduel passe dans un solénoïde quand c'est l'autre qui est soumis à l'impulsion. Grâce à ce courant résiduel, le piston ne peut s'échapper de la zone soumise à l'influence des deux solénoïdes.

L'intensité maxima qui passe dans chaque solénoïde est de 50 mA environ.

FONCTIONNEMENT DE LA POMPE

Le montage électronique permet de faire varier :

- la fréquence, par le jeu des résistances R_1 et R_2
- le courant principal, par les résistances variables R_3 et R_4
- le courant résiduel, par les résistances variables R_5 et R_6

En augmentant la fréquence, on augmente le débit et améliore sa régularité. Pour les basses fréquences il est nettement pulsé.

En augmentant le courant principal, on augmente le débit, à la condition cependant que le courant résiduel soit ajusté en conséquence. Si la pompe a peu de pertes de charges à vaincre, le courant résiduel doit être élevé. Ainsi avec aucune perte de charge autre que celle provoquée par les tubes de la pompe elle-même, le débit maximum ($100 \text{ cm}^3/\text{s}$) est obtenu avec le courant principal au maximum et le courant résiduel au maximum également. Si l'on diminue ce dernier seul, le piston sort par trop de la zone d'attraction du solénoïde qui doit le rappeler et il prend un mouvement désordonné. Si l'on crée des pertes de charge, celles-ci freinent la course du piston et il convient alors de diminuer le courant résiduel pour obtenir le débit maximum.

CARACTERISTIQUES DE LA POMPE

Des essais ont été effectués, avec la fréquence maxima, (2,5 hertz) dans un circuit fermé comprenant dans le sens de circulation du gaz :

- La pompe
- Un volume tampon (500 cm^3)

- Un débitmètre, étalonné à différentes pressions pour l'air et pour H₂
- Un manomètre
- Une perte de charge variable et mesurable
- La pompe

Il a été constaté que la pompe pouvait fonctionner depuis la pression atmosphérique jusqu'à 5 mm de mercure environ.

Les courbes de la figure 3 montrent l'influence des pertes de charge sur le débit, pour l'air et pour l'hydrogène, et pour les pressions suivantes (en mm de mercure) : 750, 600, 400, 100, 50, 30. Ces mesures ont été effectuées, le courant principal et le courant résiduel étant tous deux au maximum. Les résultats obtenus avec l'air et avec l'hydrogène sont tout à fait similaires et sont représentés par les mêmes courbes.

On constate que dans tout l'intervalle de pression, le débit mesuré en volume est voisin de 100 cm³/s en l'absence de perte de charge, ce qui est en accord avec le débit calculé à partir du volume engendré par le piston, et de la fréquence.

Les courbes obtenues pour p = 100, 400, 600 et 750 mm de mercure sont sensiblement les mêmes. Quand la pression descend au-dessous de 100 mm de mercure, la surpression créée quand la circulation est bloquée, diminue en même temps que la pression (points sur l'axe des abscisses dans la figure 3). Les courbes représentatives du débit en fonction de la perte de charge sont décalées en conséquence.

Si à mesure que la perte de charge augmente, on diminue le courant résiduel, les courbes de la figure 3 partent du même point sur l'axe des ordonnées ($100 \text{ cm}^3/\text{s}$) mais sont décalées vers la droite : pour une même perte de charge, le débit est plus élevé (sauf pour $p = 30$ et 50 mm de mercure). Des mesures ont été effectuées dans ce sens pour l'air et pour l'hydrogène à la pression atmosphérique (fig. 4). Le courant résiduel est ajusté de telle façon que le débit soit maximum; au-dessous d'une certaine valeur (pour une perte de charge donnée), la course du piston devient désordonnée et le débit irrégulier et plus faible. Les courbes II et III représentent respectivement les résultats obtenus avec l'hydrogène et avec l'air; la courbe I est celle obtenue à courant résiduel maximum. On observe un comportement légèrement différent entre l'air et l'hydrogène.

La figure 5 indique dans le domaine de pression étudié, la surpression maxima créée par la pompe : courant principal maximum, courant résiduel minimum, circulation bloquée. Comme pour les résultats portés dans la figure 3, on ne constate aucune différence entre 100 et 750 mm de mercure; on note, par contre, une légère différence entre l'air et l'hydrogène.

CONCLUSION

Les caractéristiques données ne sont valables que pour la pompe qui a été réalisée, étant donné les nombreux facteurs qui entrent en jeu; mais ils donnent une idée de ce que l'on est en droit d'attendre d'un tel montage. Il est peut-être possible d'améliorer les performances, tout

au moins pour les fortes pertes de charge, en réalisant le piston et le cylindre dans du tube calibré. Il est probable que, avec des clapets plus légers, on puisse utiliser une telle pompe à des pressions inférieures à 5 mm de mercure (il est indiqué 1 mm dans l'article de J.S. WATSON). Enfin, les cotes indiquées ne sont pas critiques. On peut toujours augmenter le volume engendré par le piston, mais il faut s'attendre alors à une diminution de la possibilité de vaincre de fortes pertes de charge.

Manuscrit reçu le 10 juin 1959.

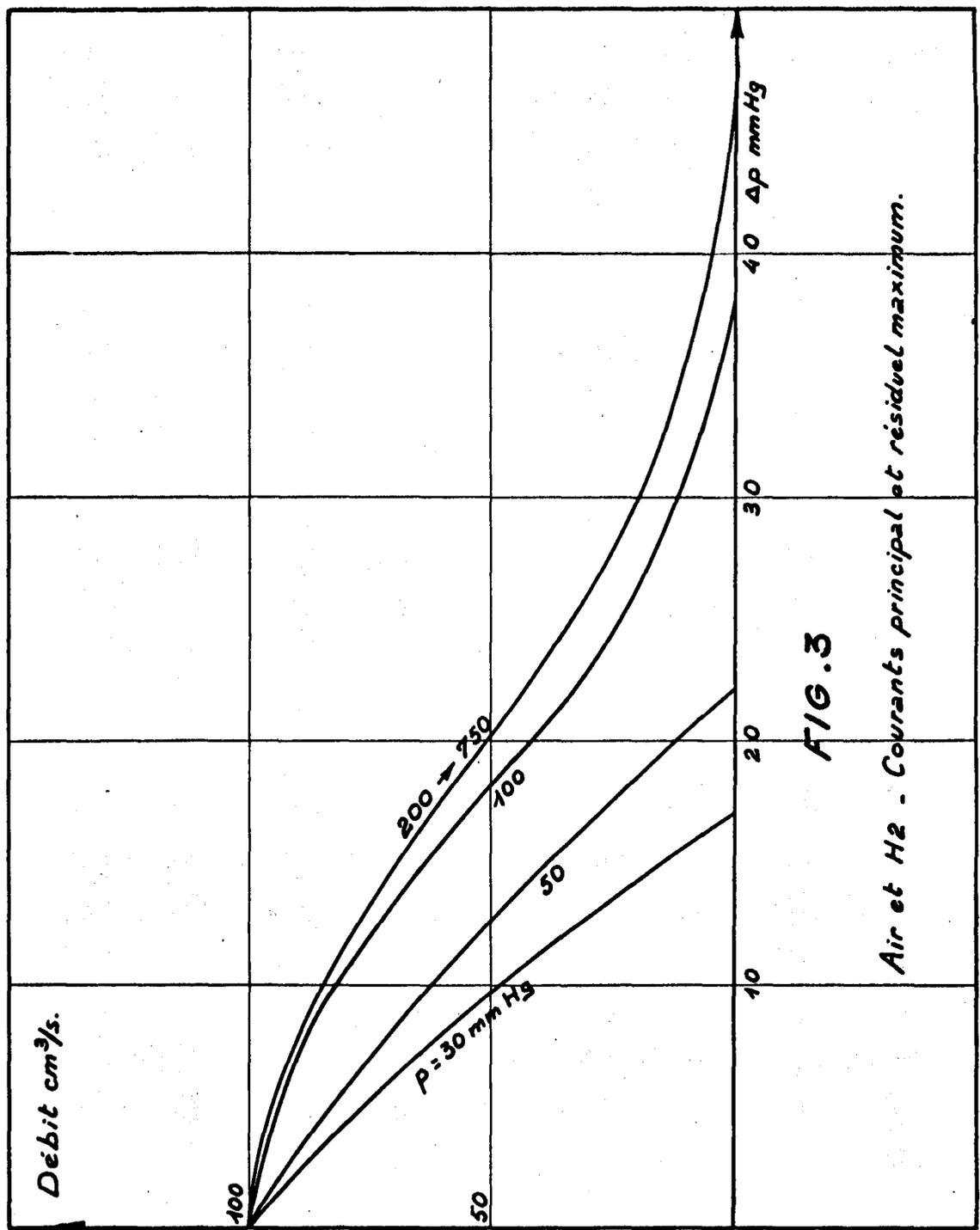
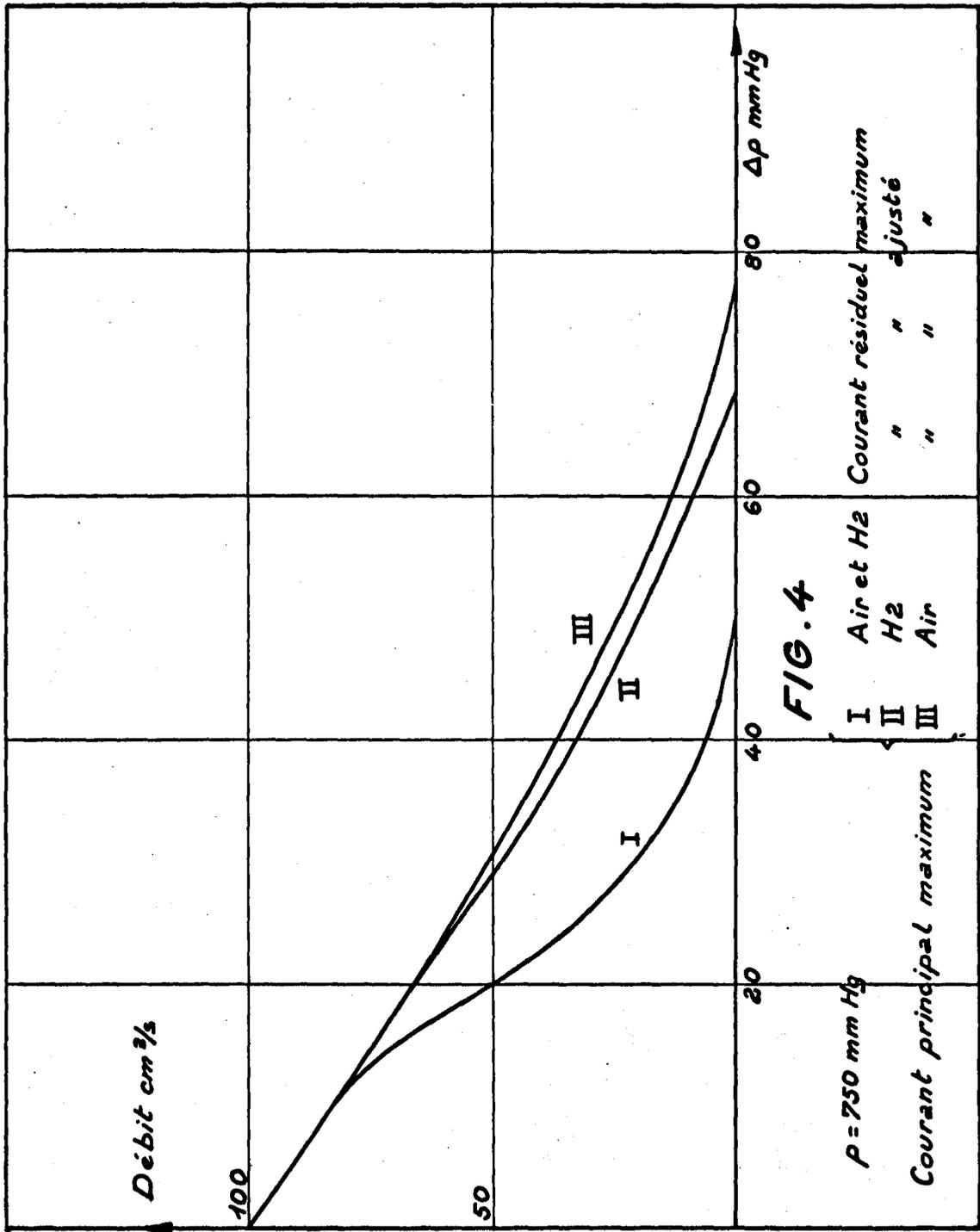


FIG. 3

Air et H2 - Courants principal et résiduel maximum.



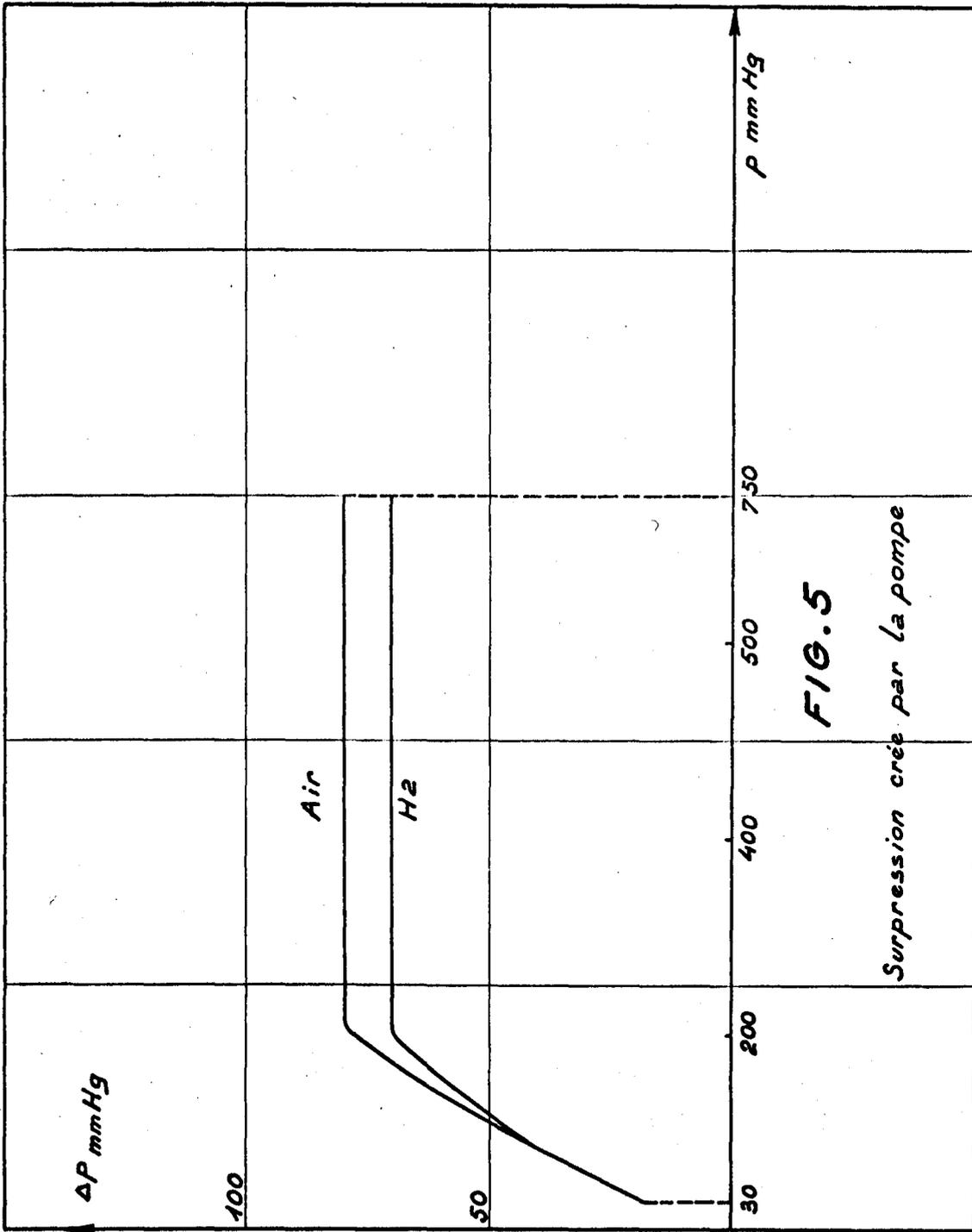


FIG. 5

Surpression crée par la pompe