

Advection chaotique dans un électrolyte, générée par une densité de forces de Laplace

G. Vinsard¹, S. Dufour¹, & E. Saadjan¹

LEMTA, ENSEM - 2 Avenue de la Forêt de Haye, TSA 60604, 54518 Vandoeuvre-lès-Nancy cedex
gerard.vinsard@univ-lorraine.fr

L'injection directe de courant électrique dans un électrolyte (au moyen d'électrodes disposées au fond ou sur les bords de la cuve contenant l'électrolyte) en présence du champ magnétique d'un ou plusieurs aimants permanents crée une densité de forces de Laplace qui génèrent un écoulement. Il est possible d'obtenir ainsi une assez grande variété d'écoulement ; même en se limitant au cas quasi bidimensionnel d'une faible épaisseur de fluide et à nombres de Reynolds et de Strouhal suffisamment faibles pour que les approximations de Stokes et quasi-statique soient légitimes, mais dans le cas où les courants électriques sont modulés en temps, ces écoulements peuvent présenter des caractéristiques d'advection chaotique [1].

Plus particulièrement si les électrodes ont la forme de trois anneaux circulaires imbriqués les uns dans les autres, les anneaux extérieur et intérieurs étant concentriques et celui du milieu étant décentré par rapport aux deux autres, l'écoulement sera la superposition d'un écoulement rotatif à un vortex (potentiels $V_i = 0$ pour l'électrode intérieure, $V_x = 1 V$ pour l'extérieur et le potentiel V_m de l'électrode du milieu étant laissé libre) et d'un écoulement contrarotatif (pour $V_i = V_x = 0$ et $V_m = 1 V$) où le fluide tourne en sens contraire de part et d'autre de l'électrode du milieu. Comme celle-ci est décentrée par rapport aux deux autres une loi d'évolution des potentiels simple

$$V_i = 0 ; V_m = \alpha (1 + \cos(2\pi t/T)) ; V_x = \beta \sin(2\pi t/T)$$

permet, pour certaines valeur des paramètres α, β, T , d'obtenir un point hyperbolique dans l'écoulement qui se déplace régulièrement [2].

Le résultat est qu'une particule (sans inertie) entraînée par l'écoulement peut avoir une trajectoire très complexe qui parcourt la plus grande partie de la région de la cuve, ce qui constitue l'advection chaotique. Mais cela n'arrive que pour des paramètres α, β, T particuliers, la majeure partie des autres choix conduisant à des trajectoires périodiques, donc non chaotiques, de la particule.

L'objet de la communication est double. Il s'agit d'abord de montrer des résultats d'une telle expérimentation et de les comparer avec des résultats de simulation pour quelques choix de paramètres. Ces résultats sont illustrés par la déformation d'une tache d'encre entraînée par l'écoulement (dye advection experiment). Après avoir vérifié que le calcul était en bon accord avec l'expérience, c'est la simulation qui est utilisée pour visualiser la forme que prend une tache initialement circulaire sous l'effet du champ de vitesse ; l'évolution de la longueur du périmètre de la tache en fonction du temps est utilisée comme paramètre quantitatif. De plus des sections de Poincaré correspondant à quelques positions initiales sont tracées pour différentes valeurs des paramètres de manière à identifier la *région de mélange potentiel* balayée par leurs trajectoires.

Il s'agit ensuite de discuter la question de la détermination a priori des lois d'évolution conduisant à de l'advection chaotique ; une piste étant que l'amplitude du déplacement du point hyperbolique semble jouer ici un grand rôle [3].

References

1. H. AREF, Stirring by chaotic advection, *J. Fluid Mech.*, **143**, 1-21, (1984).
2. S. DUFOUR, G. VINSARD, J. P. MOTTA, E. SAATDJIAN, Mixing by chaotic advection in a magneto-hydrodynamic driven flow *Phys. Fluids*, **25**, 102001 (2013).
3. T.J. Kaper and S. Wiggins, An analytical study of transport in Stokes flows exhibiting large scale chaos in the eccentric journal bearing, *J. Fluid Mech.*, **253**, 211-243, (1993).