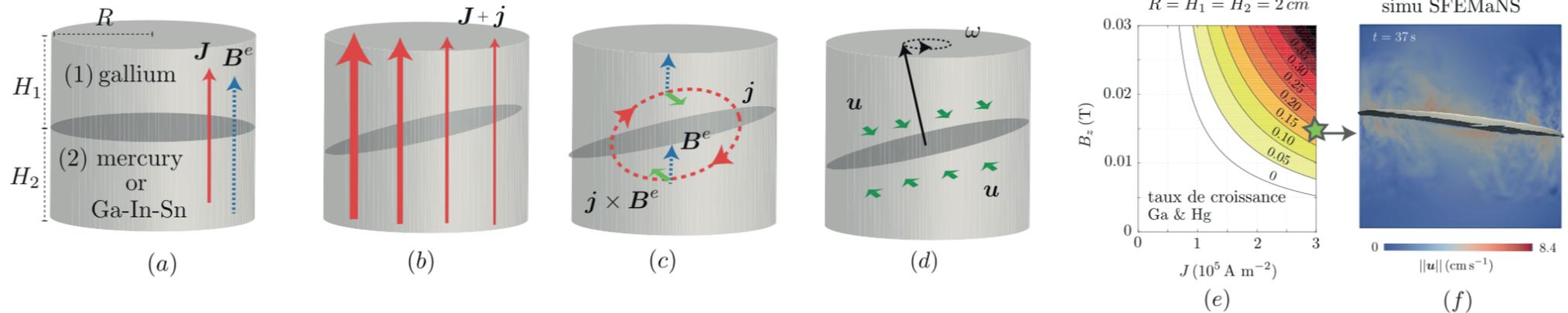


Metal pad roll à température ambiante ?

W. Herreman, C.Nore, J.-L. Guermond, L. Cappanera, T. Weier

Lorsqu'on fait passer un courant électrique intense à travers deux ou plusieurs couches de conducteurs électriques superposées, figure (a), une onde de gravité peut se former spontanément à l'interface des différents fluides. Ce phénomène, nommé metal pad roll, a lieu dans les cellules d'électrolyse d'aluminium et doit y être contrôlé afin d'éviter des court-circuits qui endommagent les cellules.



Le mécanisme physique de l'instabilité est bien compris et repose entièrement sur deux ingrédients essentiels: 1) une différence de conductivité électrique notable entre les deux liquides et 2) la présence d'un champ magnétique ayant une composante verticale. Comme le montre la figure (b), toute inclinaison de l'interface, cause une redistribution du courant électrique, qui passera préférentiellement par les zones de meilleur conducteur, ici le gallium. L'excès de courant j , interagit avec le champ magnétique B vertical et pousse à travers $j \times B$ sur les deux couches liquides, figure (c), exactement dans le sens de la vitesse instantanée d'une onde tournante, figure (d). Cela signifie que l'onde tournante sera amplifiée.

Le sujet MPR a désormais 45 ans et dans le passé, plusieurs groupes ont voulu construire une expérience modèle utilisant des métaux liquides à basse température de fusion. Il a toujours été jugé que la combinaison de deux bons conducteurs, des métaux liquides, ne pouvait pas mener à une amplification significative, mais aucune théorie de stabilité existante permettait de décrire cette situation spécifique de 2 fluides très bon conducteurs. En 2019 (Herreman et al., JFM 878), nous avons mis en place un modèle théorique précis permettant de décrire la stabilité d'une cellule cylindrique, remplie avec deux fluides arbitraires. Ce modèle inclut une description précise de la dissipation et suggère que l'instabilité MPR est bien possible avec une combinaison de gallium et mercure, même dans des cellules de petite taille (qqc cm de rayon) avec des champs magnétiques et courants relativement faibles, figure (e). Cela semble à la portée des expérimentateurs. Nos prédictions théoriques sont confirmées par des simulations numériques directes réalisées à l'aide de SFEMaNS, notre code numérique MHD multiphasique. Atteignant des nombres de $Re = 10^4$, ces simulations sont très délicates: personne avant nous n'a réussi à simuler une telle onde tournante accompagnée d'une turbulence 3D fine échelle, figure (f).

Une présentation vidéo de la conférence ECCOMAS 2021 (15min) est disponible sur <https://slideslive.com/38946462> (entrer mon adresse mail au bout d'1 min pour voir la vidéo en entier, c'est sans risque de recevoir des pub après).