

## **Titre du projet : Dynamos driven by tidal instability in stratified fluid interiors**

*Volet : International*

*Porteur du projet : Jérémie Vidal (Doctorant)*

*Laboratoires impliqués : ISTerre, School of Mathematics (Université de Leeds)*

## **Bilan du projet pour l'année 2015**

### **Bilan d'activité**

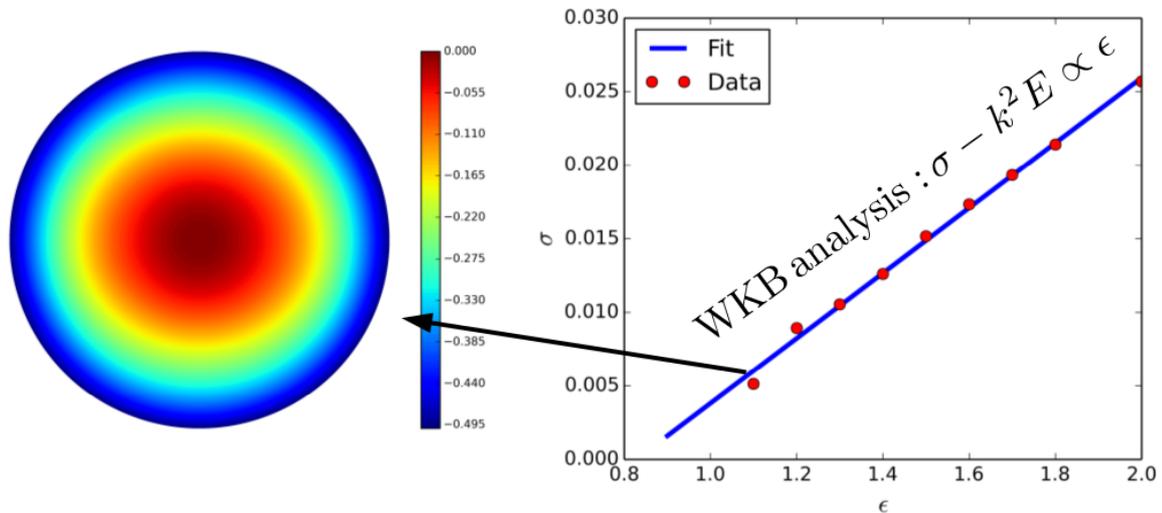
Le projet "Dynamos driven by tidal instability in stratified fluid interiors" a permis d'initier une collaboration scientifique avec Rainer Hollerbach, Professeur de Mathématiques Appliquées à l'Université de Leeds (Royaume-Uni). L'objectif de cette collaboration scientifique est d'étudier la génération de champs magnétiques dynamos sous l'action des forces de marée, dans les enveloppes fluides stablement stratifiées (en densité) des planètes et des étoiles à géométrie faiblement non sphérique.

Le travail scientifique a comporté deux volets. Dans un premier temps, nous avons implémenté dans le code numérique sphérique développé au sein de mon équipe de recherche (code XSHELLS) l'approche utilisée par Cébron & Hollerbach (2014) dans le code numérique H2000 (développé par Rainer Hollerbach). Cette approche *ad-hoc* consiste à ajouter une force volumique non axisymétrique dans l'équation de conservation de la quantité de mouvement, afin de générer en géométrie sphérique un écoulement de base faiblement non sphérique. Ce travail préliminaire m'a permis de prendre en main le code XSHELLS, de valider a posteriori les résultats publiés dans Cébron & Hollerbach (2014) puis de pouvoir lancer de nouvelles simulations numériques sur les machines de calculs grenobloises (avec un code numérique parallélisé et très performant).

Dans un second temps, nous avons commencé de façon conjointe une étude théorique et numérique. Nous avons généralisé l'approche de Cébron & Hollerbach (2014) en développant un modèle mathématique avec lequel nous avons obtenu un état de base théorique (écoulement + champs de température et de gravité) non axisymétrique, généré par la marée, dans une sphère en présence d'une stratification stable ou instable. Cet état de base théorique a ensuite été implémenté dans le code XSHELLS, pour étudier numériquement sa stabilité et sa capacité dynamo. À ce jour, nous avons lancé uniquement des simulations linéaires afin de valider notre modèle mathématique. Les premiers résultats numériques, obtenus sans stratification, sont cohérents avec l'étude de stabilité locale (perturbations en ondes planes ou analyse WKB) de Cébron & Hollerbach (2014), comme montré sur la Figure ci-dessous. L'étude linéaire prenant en compte l'effet de la stratification est quant à elle toujours en cours, avec de nouvelles simulations numériques et une nouvelle étude de stabilité locale WKB.

Si les résultats sont concluants, alors le travail se poursuivra avec des simulations numériques non linéaires pour caractériser la saturation des instabilités et leurs capacités dynamogènes.

## Illustrations



(Gauche) : Exemple d'un écoulement de base théorique. (Droite) : Taux de croissance  $\sigma$  de l'instabilité elliptique qui se développe sur l'écoulement de base (e.g. celui de gauche) en fonction du paramètre de contrôle  $\epsilon$  (proxy de l'ellipticité), obtenus avec les simulations numériques (points rouges). La théorie locale WKB (Cébron & Hollerbach, 2014) prédit une dépendance linéaire entre  $\sigma$  et  $\epsilon$  (à un pré-facteur près), avec  $k$  le nombre d'onde de la perturbation qui se déstabilise et  $E$  le nombre d'Ekman (viscosité sans dimension). Le pré-facteur et  $k$  sont ajustés numériquement pour nos simulations (droite bleue).

### Production scientifique (articles scientifiques, actes de congrès...)

La collaboration scientifique est toujours en cours, il n'y a donc pas de résultat scientifique publié.

### Bilan financier succinct (avec suivant les cas : co-financements éventuels, équipements achetés, missions, recrutements divers, fonctionnements divers...)

- Co-financement de l'École Doctorale TUE : 1000 €,
- Hébergement (chambre universitaire) : 1355 €,
- Dépenses courantes (alimentation, transports en commun...) : 645 €.