

Titre du projet : Écoulements de Décentrage du Noyau (EDEN)

Volet : Recherche (AO4)

Porteur du projet : David Cébron

Laboratoires impliqués : ISTerre, LEGI

Bilan du projet EDEN pour la période 2014-2017

Bilan d'activité

Le projet EDEN, financé début avril 2014, résulte d'une collaboration entre ISTerre (D. Cébron, H.-C. Nataf, J.-P. Masson) et le LEGI (J.-B. Flor, J. Sommeria, S. Viboud). Ce projet, destiné à étudier les instabilités hydrodynamiques d'un écoulement de type Taylor-Couette excentré, est principalement articulé autour d'une nouvelle expérience, mais comprend également un volet simulations, et du développement théorique. Il est à noter que la configuration étudiée est un challenge, aussi bien pour les simulations (géométrie complexe interdisant le recours à des méthodes spectrales) que pour le développement d'une expérience, ce qui explique la faible littérature disponible sur cette problématique importante. Ce projet comporte néanmoins des enjeux en géophysique (défaut de sphéricité de la graine interne et son implication pour l'écoulement du noyau liquide terrestre), mais aussi en mécanique des fluides en configuration rotor-stator.

L'essentiel de notre effort s'est concentré sur l'aspect expérimental, qui a soulevé un certain nombre de difficultés. Nous avons en effet prévu de nous servir de la table tournante pédagogique du LEGI pour notre expérience. Il s'est avéré que le matériel en place n'était pas aussi précis que nous le pensions, ce qui d'ailleurs posait aussi problème pour l'aspect pédagogique de la plateforme. Nous avons donc changé la motorisation de la caméra, ce qui devrait améliorer la précision sur la vitesse de rotation d'un facteur 10. La plateforme pédagogique bénéficie donc ici directement du projet EDEN. Par ailleurs, la conception de l'expérience a demandé de résoudre un certain nombre de problèmes techniques (étanchéité, masse embarquée, diagnostics en référentiel tournant, etc.), ce qui a retardé d'autant le dessin des plans. Cela étant, l'ensemble des verrous ont été levés, souvent en combinant des solutions techniques peu usuelles. La chronologie pour le volet expérimental s'établit comme suit : les années 2014-2015 ont été consacrées à la conception CAO de l'expérience, avec Jean-Paul Masson, puis les pièces ont été commandées et/ou fabriquées en 2015-2016, pour enfin permettre le montage final de l'expérience et son exploitation en 2016-2017.

Concernant les simulations numériques, les modèles numériques ont été développés avec deux codes différents, à savoir COMSOL et Nek5000, grâce à l'appui de B. Favier (IRPHE, Marseille). Ces codes complémentaires, déployés sur cluster pour des calculs parallèles, sont donc opérationnels et permettent de comparer et valider les résultats numériques/expérimentaux. Le recours à des simulations 2D permet, de plus, de discriminer les instabilités de cisaillement (2D, peu sensibles à la viscosité) des instabilités 3D telles que l'instabilité centrifuge ou les instabilités d'ondes inertielles.

Enfin, grâce à une coopération avec W. Herreman (LIMSI, Orsay), nous avons affiné nos calculs théoriques en développant des scripts permettant une prédiction plus précise des zones de paramètres où une instabilité peut être excitée. De façon complémentaire, un script générique de calcul de stabilité locale nous a permis d'étendre l'analyse de stabilité aux fortes excentrations du cylindre interne, régime permis par l'expérience développée.

Illustrations

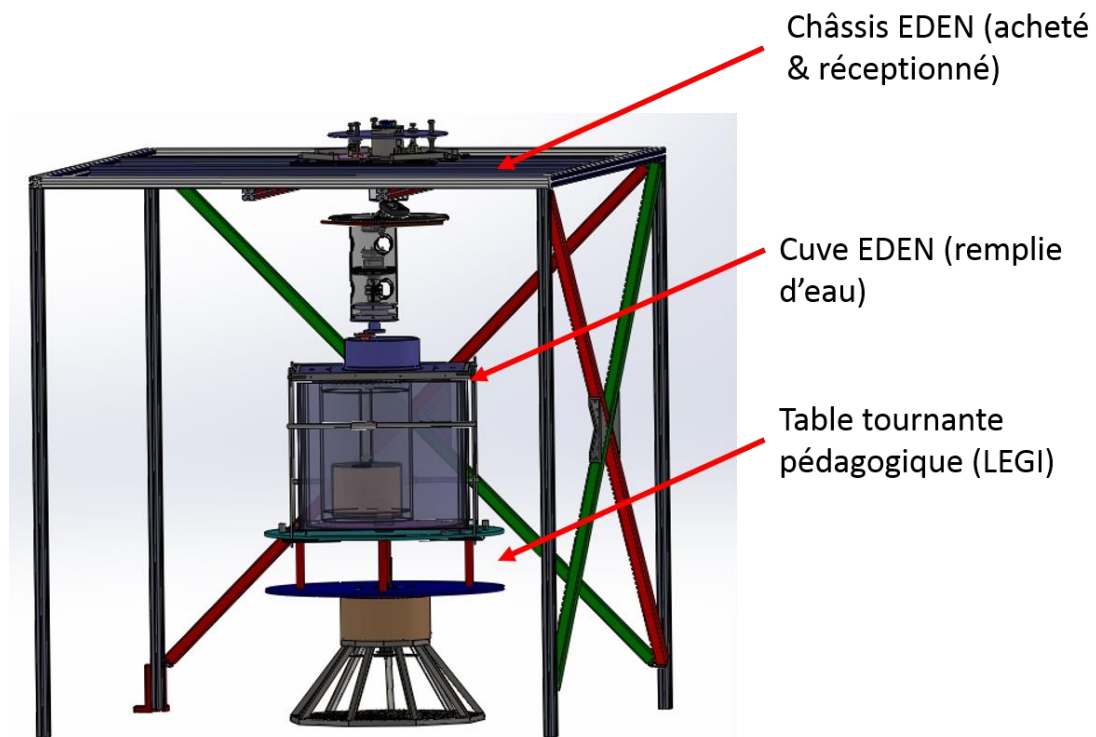


Figure 1. Vue 3D de l'expérience EDEN (dessin CAO sous Solidworks)

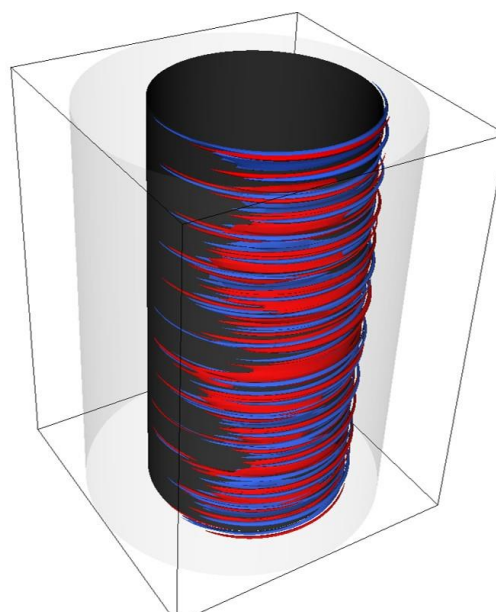


Figure 2. L'expérience EDEN : un montage de Taylor-Couette excentrique. (Gauche) Montage expérimental final. (Droite) Une simulation avec Nek5000 de EDEN (les rouleaux de Taylor près du cylindre interne sont dus à une instabilité de l'écoulement de base 2D).

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

- L'expérience EDEN est encore en cours d'exploitation, tout comme les simulations numériques, et le travail de recherche scientifique se poursuit donc en 2017-2018 autour de cette expérience.
- Une présentation des résultats obtenus sera donnée à la conférence internationale ETC 2017, qui aura lieu à l'été 2017 au KTH, à Stockholm.
- Un article pour *Journal of Fluid Mechanics*, une revue internationale de rang A est prévue.

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

Achat matériel :

Moteur+Réducteur planétaire+câbles/programme de contrôle :	3128€ HT
Châssis (profilé alu Elcom) :	966 € HT
Accessoire Elcom (équerres, pieds, angles, etc.) :	410 € HT
Diodes Laser (Société Apinex) :	607 € HT
Appareil photo / Caméra + accessoire (Darty) :	1236 € HT
Cuve EDEN (Société Usiplast) :	1850 € HT
Jonc PVC gris (Société Richardson) :	614. € HT
Usinage du cylindre interne (Usiplast) :	199 € HT
Fabrications pièces – ensemble C & E (Moul'Alpes) :	5886 € HT
Fabrications pièces – ensemble B & D (MécaIndustrie) :	4215 € HT

Total des coûts (HT) : 19 111 € HT

Financements

Financement EDEN :	11 238 €
Reliquat du projet (AO3) de H.-C. Nataf vers le projet (AO4) de D. Cébron : (Transfert validé par la commission Recherche de l'OSUG)	7069 €
Total des financements reçus :	18 307 €

Solde : **-804 € (HT)** payé sur les crédits de l'équipe Géodynamo (ISTerre).

**Annexes si besoin ou lien sur des sites existants et pérennes jusqu'à la fin du
Labex (2020)**