



## Comportement de Structures Mécaniques à Températures Cryogéniques pour les Futurs Aimants d'Accélérateurs

**Spécialité** Electromagnétisme

**Niveau d'étude** Bac+4/5

**Formation** Ingenieur/Master

**Unité d'accueil** [DACM/LEAS](#)

**Candidature avant le** 08/04/2020

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** non

**Contact** [ROCHEPAULT Etienne](#)  
+33 1 69 08 37 75  
[etienne.rochepault@cea.fr](mailto:etienne.rochepault@cea.fr)

### Résumé

### Sujet détaillé

#### DESCRIPTION ET PROBLEMATIQUE

Afin de développer les accélérateurs de particules du futur tels que le HiLumi - Large Hadron Collider (HL-LHC) et le Future Circular Collider (FCC), des électro-aimants à très haut champ (15-16T) sont nécessaires. Ces aimants sont constitués de bobines supraconductrices et nécessitent une structure mécanique pour compenser les efforts magnétiques considérables exercés sur les supraconducteurs. La structure est utilisée pour appliquer une précontrainte à température ambiante, puis l'aimant est refroidi à 1.9 K pour atteindre l'état supraconducteur, enfin les bobines sont alimentées en courant pour générer le champ magnétique. Différents tests ont été réalisés sur des aimants prototypes, instrumentés avec des jauges de déformation. En revanche plusieurs phénomènes (non linéarités, hystérésis, transferts partiels de précontrainte...) demandent d'être étudiés plus en détails. Le CEA dispose d'une structure mécanique réduite qui permet de faire varier les paramètres de manière flexible et rapide. Le but du stage est de reproduire les phénomènes observés dans les structures d'aimants, afin de les étudier en détail et comprendre les phénomènes.

#### DESCRIPTION GROUPE/LABO/ENCADREMENT

Le stage se déroulera au sein du DACM au CEA Paris-Saclay. Le DACM est spécialisé dans la conception et la réalisation d'électro-aimants supraconducteurs ainsi que la maîtrise de la cryogénie associée. Il participe à de nombreux projets, par exemple pour la physique des particules ou pour l'imagerie médicale.

#### TRAVAIL PROPOSE

Le stage se déroulera en plusieurs étapes :

1. Dans un premier temps, prendre en main les concepts : mesures par jauge de déformation, modèles Eléments Finis (EF) 3D, principes de la précontrainte par la méthode « bladders and keys ».

---

2. Des cycles de charge-décharge à l'ambiante seront effectués, dans un premier temps sur un matériau connu (aluminium par exemple), puis sur une bobine supraconductrice. Ces expériences serviront à identifier les phénomènes imputables à la structure et ceux imputables aux bobines.

3. Des cycles thermiques à température cryogénique seront appliqués, afin d'étudier les différents phénomènes mises en jeu lors du refroidissement et du réchauffement. En particulier on s'attachera à identifier les pertes de précontrainte lors du cycle thermique.

4. Une partie modélisation EF 3D, se basant sur des modèles existants, qui permet d'une part de faire varier les paramètres, et d'autre part de corrélérer les analyses avec les données issues de jauges de déformation.

#### FORMATION ET COMPETENCES REQUISES

Le projet s'inscrit idéalement dans le cadre d'une fin d'études niveau Master ou Ingénieur, avec une formation en génie mécanique et en modélisation. Le candidat saura faire preuve de :

- Un intérêt pour les activités pratiques et expérimentales
- Une bonne compréhension de la mécanique des structures.
- Un intérêt pour la modélisation numérique
- Une envie d'apprendre et de contribuer au domaine de la supraconductivité appliquée

#### Mots clés

#### Compétences

#### Logiciels

---

**Summary**

**Full description**

**Keywords**

**Skills**

**Softwares**