

Article de fond

Course à l'innovation : renvoi de position numérique pour le voilier Land Rover BAR dans la Coupe de l'America

Les voiliers de course participant à la Coupe de l'America utilisent une conception de voile innovante appelée « aile rigide ». Elle fonctionne comme l'aile d'un avion et produit de la portance poussant le vaisseau vers l'avant. L'aile utilisée par le voilier de course Land Rover BAR « Rita » (nom de code : R1) dispose d'une surface de voilure de 103 m² sur une hauteur de 23,5 m, ce qui est comparable aux ailes d'un Airbus A320. De toute évidence, il y a de nombreux et difficiles défis techniques à relever lors de la conception et de la fabrication d'une si grande aile fonctionnelle dotée de nombreuses pièces mobiles, tout en assurant une résistance suffisante et un poids minimal. Le R1 s'affiche comme un catamaran dernier cri qui vole littéralement au-dessus de l'eau sur une paire d'hydrofoils. Ce type de conception hors norme a permis au sport d'atteindre de nouvelles vitesses spectaculaires.

Renishaw, société d'ingénierie d'envergure mondiale, fait partie du Groupe d'innovation technique de Land Rover BAR. L'objectif de ce groupe est de rassembler le meilleur de l'ingénierie britannique afin de parvenir à remporter la Coupe de l'America. C'est un grand défi, unique en son genre dans le monde de la voile.

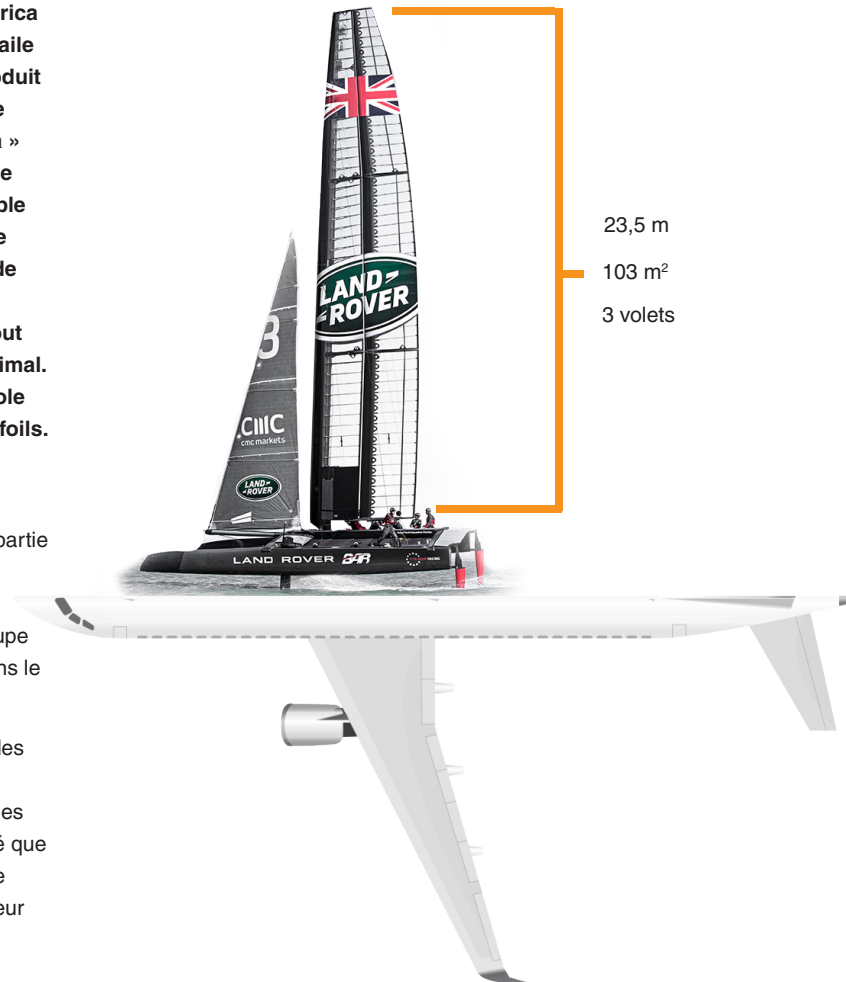
Sur le R1, les surfaces de gouverne sont actionnées par des moteurs hydrauliques. La pression hydraulique est fournie par le dur labeur des équipiers « wincheurs » actionnant des manivelles spécifiques. Lorsque Land Rover BAR a réalisé que la précision de position de la gouverne pouvait être altérée par les efforts à travers la liaison complexe entre l'actionneur et le gouvernail ils ont cherché à mesurer directement les mouvements de la gouverne et de ce fait ont consulté Renishaw.

Le responsable technique, le Dr Finlay Evans et son équipe ont conçu un capteur de position spécifique (codeur) pour la gouverne de l'aile, ce qui a permis un bien meilleur retour d'informations. Cela permet au barreur et à l'équipage de piloter le bateau avec plus de précision tout en collectant des informations pertinentes lors du développement et de l'entraînement.

Dr Evans nous en dit plus :

Quel est votre parcours chez Renishaw ?

Je suis Responsable technique et depuis 17 ans chez Renishaw. Ma formation initiale a été en génie mécanique et en automatismes. La plupart de mes précédents travaux concernaient la R&D - être à la recherche de nouvelles idées et de nouvelles technologies, voilà l'un des éléments qui m'a attiré dans ce projet.



Le voilier de course Land Rover BAR comparé à l'Airbus A320

Qu'est-ce que Renishaw représente à vos yeux ?

Renishaw est unique, avec ses quarante ans d'expérience et son rôle de leader des sociétés d'ingénierie au Royaume-Uni. En toute franchise, c'est un excellent lieu de travail et Renishaw est à la pointe de la conception et de la fabrication innovante, c'est la raison pour laquelle Land Rover BAR a cru en nos possibilités de répondre à ce défi.

Où se trouvent les codeurs intégrés sur le voilier de course R1, quel rôle jouent-ils ?

Les codeurs se situent sur l'aile principale et sont au nombre de quatre : Un sur le dessus, deux sur le corps principal de l'aile et un à la base. Un cinquième codeur est monté sur la coque en bas du mât. Les codeurs de l'aile mesurent la torsion du volet d'aile de haut en bas et celui situé sur le mât détermine l'angle d'attaque de l'aile dans son ensemble.

En plus de ceux-ci, deux autres sur la coque mesurent les positions de gouvernail à bâbord et tribord. À présent, ces bateaux peuvent naviguer jusqu'à 52 nœuds ou près de 100 km/h, engendrant des embruns à fort impact. La présence d'eau salée et le contact régulier avec l'eau de mer nécessitent une bonne étanchéité du capteur et des pièces électroniques, plus particulièrement sur celles rapprochant de la ligne de flottaison.

Pouvez-vous expliquer comment fonctionnent les volets sur l'aile rigide ?

Une voile traditionnelle correspond à une feuille de matière courbée avec un mât autour duquel l'air circule. L'aile se rapproche beaucoup plus du profil d'aile d'un avion comportant un volet qui pivote dans les deux sens selon l'angle du vent par rapport à la direction voulue. Pour actionner ces volets, il y en a trois principaux, des disques de réglage appelés "hammerheads" sont tirés vers la gauche ou la droite par des câbles de commande. En ce qui concerne le codeur, une règle en forme d'arc partiel est montée sur la partie mobile du volet, tandis que la tête de lecture est ajustée sur la nervure de l'aile. En bas au niveau du gouvernail, nous avons utilisé la même technologie - les mêmes éléments de base - de manière à créer et utiliser un agencement similaire.



Les codeurs installés sur le "hammerhead" (disque de réglage du volet)

Pourquoi placer des codeurs de position sur les gouvernails ?

Des actionneurs sont déjà utilisés pour déplacer ces gouvernails mais ces actionneurs ne sont pas nécessairement situés à la fixation des gouvernails et des câbles sont utilisés pour commander les mouvements. Les mesures de position étaient initialement effectuées uniquement au niveau des actionneurs, très distants, et nécessitant de nombreuses connexions entre le mécanisme de l'actionneur et le gouvernail.

En utilisant des codeurs directement sur le gouvernail, ou aussi proches que possible, vous obtenez une lecture beaucoup plus précise de la position angulaire du gouvernail.

Pourquoi avez-vous choisi des codeurs magnétiques plutôt que, par exemple, des codeurs optiques ?

Les conditions en mer sont assez hostiles vis-à-vis des codeurs précis de position. Nous avons le choix entre les technologies magnétique et optique.

À présent, songez aux conséquences des vents à haute vitesse et des embruns salins qui circulent en tous sens - des codeurs optiques à découvert constitueraient un réel défi sachant que la trajectoire optique doit rester dégagée. C'est pourquoi les codeurs magnétiques représentaient la seule alternative viable.



Le R1 à l'œuvre dans les Bermudes

Ces codeurs peuvent être entièrement étanches, présentant une bien meilleure résistance aux contaminations, ce qui est essentiel pour cette application. Créer une protection vis-à-vis de cet environnement hostile a constitué l'une des principales raisons de notre choix. Ajoutons à cela les contraintes d'espace autour des nervures de l'aile. À l'aide des modules LinACE™ de notre société partenaire RLS, nous sommes parvenus à concevoir un nouveau codeur minimisant la taille de l'implantation nécessaire sur la nervure de l'aile. Nous nous sommes ajustés à trois contraintes techniques majeures en concevant un codeur encapsulé : de taille réduite, étanche, et avec un palier coulissant intégré pour le maintien en position sur le disque du codeur en forme d'arc.



Le RLS LinACE™ reconditionné dans un boîtier étanche

Comment les codeurs magnétiques fonctionnent-ils ?

Dans un tel cas, un aimant est fixé à l'arrière d'une série de capteurs à effet Hall et est utilisé conjointement avec une règle ferromagnétique gravée d'un ensemble de lignes (gravures). Les gravures à la surface de la règle produisent des modifications du champ magnétique local, notamment lorsque le capteur est déplacé au-dessus de la règle - une trajectoire de déplacement magnétique est détectée par les capteurs Hall, ensuite convertie en une mesure de position. Comme la trajectoire sur les gravures de la règle est non répétitive, la position absolue peut être déterminée n'importe où sur la règle. La tête du capteur est totalement encapsulée afin de protéger les composants microélectroniques sensibles vis-à-vis des éléments. La couche de polymère extérieure permet à la règle d'être en contact permanent, garantissant un entrefer correct. Les codeurs magnétiques ne sont pas affectés par l'encapsulation.

Pouvez-vous expliquer les principales étapes de la conception ?

Le processus de conception a été déterminé principalement par les exigences du codeur. Sur l'aile, l'ajout d'un poids faible tout en haut peut engendrer une grande différence en termes de performance et de stabilité du bateau. L'espace était une préoccupation majeure - les contraintes d'espace étant engendrées par le fait que les actionneurs se situent dans des zones étroites et à dégagement faible. En parallèle, cette aile mesure environ 24 m de haut et est conçue pour se vriller selon des valeurs variables à différentes hauteurs pour des raisons aérodynamiques. Nous devons nous adapter au fait que lorsque le disque de la règle se déplace autour du "hammerhead", il pivote également hors plan en raison du vrillage de l'aile. Nos codeurs traditionnels sont conçus pour fonctionner avec un entrefer relativement faible sur de bons axes linéaires ou rotatifs. Nous avons ici une exigence stricte en termes de précision de mesure le long d'un rayon qui ne se déplace pas seulement de manière axiale mais se tord également pendant sa rotation. Il nous a fallu trouver un moyen de maintenir la précision de mesure tout au long de la torsion et du tangage hors plan. Les capteurs magnétiques sont sans aucun doute la meilleure technologie à utiliser en termes de résistance aux contaminations, même si la tolérance d'entrefer est très faible comparée aux mouvements de roulis d'un bateau et d'une aile de cette envergure.

Comprendre les exigences de Land Rover BAR s'est avéré l'aspect le plus important, mais étant donné la contrainte de temps, nous avons dû choisir la technologie à partir d'éléments de base déjà à notre disposition provenant de codeurs industriels existants. Les exigences de géométrie et d'encombrement sur l'aile ont constitué des facteurs importants dans la définition du design. Chaque pièce représente un véritable défi ; nous sommes partis d'un modèle existant de codeur linéaire pour une utilisation sur un axe de précision doté de rainures finement ciselées sous la surface. Nous avons dû défaire efficacement ce code et l'incorporer sur une surface plane ayant des rainures de formes différentes le long d'un arc en utilisant un nouveau procédé, dans l'espoir que la règle annulaire fonctionnerait du premier coup. Nous nous sommes servis du modèle existant LinACE™ de notre société partenaire RLS, puis l'avons encapsulé de façon étanche, ce que nous n'avions jamais fait auparavant, pour lui permettre de durer dans le temps et dans l'environnement de fonctionnement.



La solution de codeur d'aile

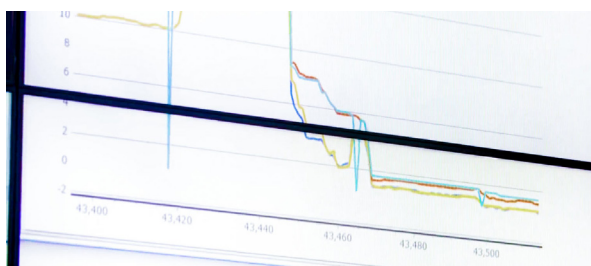
Cela a également fourni un codeur suffisamment petit pour pouvoir fonctionner dans un faible encombrement relatif aux contraintes des nervures de l'aile. Il nous a également fallu trouver une solution permettant à la partie règle de se vriller et de se déplacer sans provoquer d'erreurs significatives lors du mouvement du capteur.

Quelle a été votre solution ?

Il nous a fallu définir un système à cardan pour le capteur permettant à la règle annulaire de se vriller en dehors de son plan de rotation sans induire d'erreur. L'assemblage spécifique d'un triangle et d'une fourche d'articulation en aluminium a été conçu pour maintenir la tête de lecture avec une grande précision tout en permettant tangage et roulis. Le triangle est fixé sur la structure statique de l'aile. L'assemblage complet de ce codeur permet une lecture beaucoup plus précise de la position de chaque volet que celle déduite des mouvements de l'actionneur.

Quel a été le plus grand défi et ce dont vous êtes le plus fier ?

Toutes ces caractéristiques de conception [un nouveau procédé de fabrication de règle, l'encapsulation d'un codeur dans un logement en plastique, un système à cardan, un palier coulissant et une résistance aux intempéries] ont joué un rôle crucial dans le succès du système de codeur dans son ensemble. Tout défaut dans l'un de ces éléments se serait traduit par un échec pour la livraison d'un codeur dans le temps imparti. Ces éléments de base représentaient tous des mini-projets à eux seuls et veiller à ce que chacun d'entre eux soit une réussite du premier coup a constitué le plus grand défi. Trouver une façon de réunir tous ces éléments avec succès dans le court délai imparti a nécessité une réaction rapide de la part de nos collègues de RLS en Slovénie et de nos propres installations de fabrication en interne. Je suis fier de ce que nous avons accompli.



L'analyse des performances de la cambrure de l'aile

Comment est utilisé le renvoi de données ?

Le renvoi de données par les codeurs est utilisé en temps réel sur le voilier. En parallèle, de nombreuses analyses sont menées et c'est là où exactitudes et rendements globaux sont améliorées.

Pour plus d'informations, allez sur www.renishaw.fr/racetoinnovate