

Design and optimization of a high performance C-Class catamaran with HyperWorks

Ulrich Gollwitzer, HyperWorks® - Altair



Born in 1961, based on a challenge between Great Britain and the United States about who builds the fastest catamarans, the 'C-Class' has been the driver of many innovations in the world of multihull sailing. Whether it is Dennis Connor's 1988 America's Cup Winner 'Stars and Stripes', the 90ft trimaran of BMW Oracle with a sail double the size of a Boeing 747 wing, or the AC72 class of the 34th America's Cup in 2013 - all have borrowed and learned from the C-Class designs. Today, with their hydrofoils, rigid wing sails and all carbon composites structures, they are capable of reaching speeds of over 35kts and thus are amongst the fastest inshore circuit racing sailboats in the world. The École de Technologie Supérieure (ÉTS), which was founded in 1974, is part of the Université du Québec's network and is one of the biggest engineering schools in Canada. It is located in the center of Montréal and has more than 7000 students in several programs

Progettare ed ottimizzare un catamarano classe C ad elevate prestazioni con HyperWorks

Ulrich Gollwitzer, HyperWorks® - Altair

Nato nel 1961, dalla sfida tra Gran Bretagna e Stati Uniti su chi dei due fosse in grado di costruire il più veloce catamarano di sempre, il "C-Class" è stato il pioniere delle innovazioni nel mondo dei multiscafo. Che sia lo "Stars and Stripes" di Dennis Connors, vincitore dell'America's Cup 1988, il trimarano da 90 piedi di BMW Oracle, con una vela dalle dimensioni doppie dell'ala di un Boeing 747, o l'AC72 della 34ª edizione della America's Cup del 2013, tutti hanno preso spunto ed imparato dagli insegnamenti dettati dal design del C-Class. Oggi, grazie agli hydrofoil, alle vele ad ala rigida e le strutture completamente in composito carbonio, sono in grado di raggiungere velocità oltre i 35 nodi ed essere annoverate tra le più veloci barche

da regata al mondo nei circuiti inshore. L'École de Technologie Supérieure (ÉTS), fondata nel 1974, è parte dell'Université du Québec e rappresenta una delle maggiori scuole di ingegneria del Canada. Si trova nel centro di Montréal e accoglie oltre 7000 studenti in numerosi programmi di studio, che vanno ad interessare la maggior parte dei settori industriali. Il Team Rafale ha riunito insieme un team di ingegneri aerospaziali, così come membri e studenti della ÉTS, che hanno raccolto l'ambiziosa sfida di progettare, realizzare e far gareggiare un catamarano classe C nella 'Little America's Cup' (Lago di Ginevra, Svizzera, dal 12 al 20 Settembre 2015). Durante questo evento, che rappresenta il C-Class World Championship,

i ragazzi del team hanno dovuto gareggiare contro alcuni dei principali nomi nel mondo della vela inclusi Franck Cammas, skipper del team Groupama della America's Cup, velisti olimpionici e pluricampioni mondiali.

STORIE DI SUCCESSO TEAM RAFALE

"L'avanzato processo di ottimizzazione dei compositi di HyperWorks è stato un fattore chiave per raggiungere i nostri obiettivi di peso e resistenza sui principali componenti del Rafale. Il processo semi-automatico ha permesso al team di valutare numerose possibilità di progettazione impiegando ore anziché giorni." Julien Chaussée Lead Design Engineer and founder Team Rafale – ÉTS

covering all major parts of the industry. Team Rafale grouped together aerospace engineers, as well as faculty members and students from ÉTS, who took on the ambitious challenge to design, build and race a C-Class catamaran in the 'Little America's Cup' (Geneva Lake, Switzerland, September 12th through 20th 2015). During this event, considered as the C-Class World Championship, they faced some of the biggest names of the sailing world including Franck Cammas, skipper of the America's Cup team Groupama, Olympic sailors and several times world champions.

TAEM RAFALE SUCCESS STORY

"The HyperWorks advanced composite optimization process was a key factor in meeting our weight and strength targets on Rafale's major components. The semi-automated process allowed the team to go through many more design iterations within a matter of hours rather than days."

Julien Chaussée Lead Design Engineer
and founder - Team Rafale – ÉTS



BUILDING A HIGH-SPEED, LIGHTWEIGHT CATAMARAN

The class rules were very simple: Build a catamaran less than 25ft long with a maximum width of 14ft and less than 300sq ft. sail area. These rules presented the participating teams with a challenging opportunity to drive innovation and use the best materials possible. For the students of the ÉTS Team Rafale, this was an especially formidable task as the catamaran needed to be built in less than 18 months. Although, the hydrofoils are less than two square feet

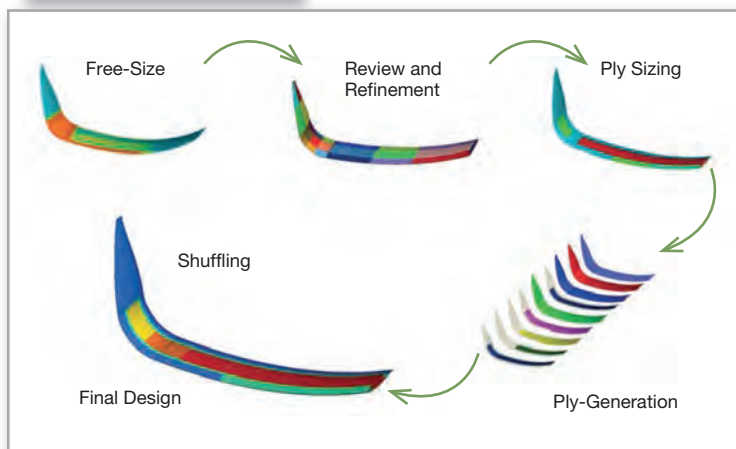
COSTRUIRE UN CATAMARANO SUPER VELOCE

I regolamenti di classe erano molto semplici:

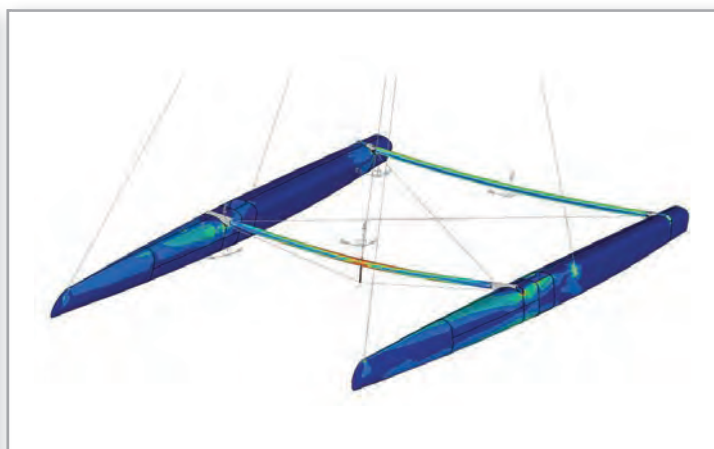
Costruire un catamarano lungo meno di 25 piedi con una larghezza massima di 14 e con una vela dalla superficie minore ai 300 piedi quadrati. Questi vincoli hanno offerto ai partecipanti un'avvincente opportunità di spingere al massimo sull'innovazione e impiegare i migliori materiali possibili. Per gli studenti dell'ÉTS Team Rafale, questa è stata una sfida formidabile, dato che il catamarano doveva essere costruito in meno di 18 mesi. Sebbene gli hydrofoil fossero meno di due piedi quadrati nell'area di superficie, dovevano comunque essere in grado di sollevare l'intera imbarcazione e il suo equipaggio di due persone fuori dall'acqua. L'albero di 30 piedi, cuore della vela rigida, è in grado di sopportare circa 4000 libbre di compressione pur pesandone meno di 30.

PROGETTARE E OTTIMIZZARE UTILIZZANDO HYPERWORKS

Realizzare quanto detto sopra non è stata un'impresa da poco! Il Team Rafale ha iniziato a realizzare il catamarano a dicembre 2014 e ha terminato la fase di costruzione a metà luglio 2015. Il risultato è un catamarano con un design completamente in composito di fibra di carbonio, inclusa una vela rigida alta 45 piedi, dalla superficie di 300 piedi quadrati, e gli hydrofoil. Quest'ultimi avevano il compito



Hydrofoil composites optimization with OptiStruct
 Ottimizzazione dei compositi dell'hydrofoil con OptiStruct



Compression test strain results of the catamaran platform
 Risultati dei test di resistenza a compressione della piattaforma del catamarano

in surface area, they needed to be able to lift the entire boat and its two-man crew out of the water. The 30ft mast at the heart of the rigid wingsail carries almost 4000 lb. of compression while weighing less than 30lbs.

DESIGN AND OPTIMIZATION USING HYPERWORKS

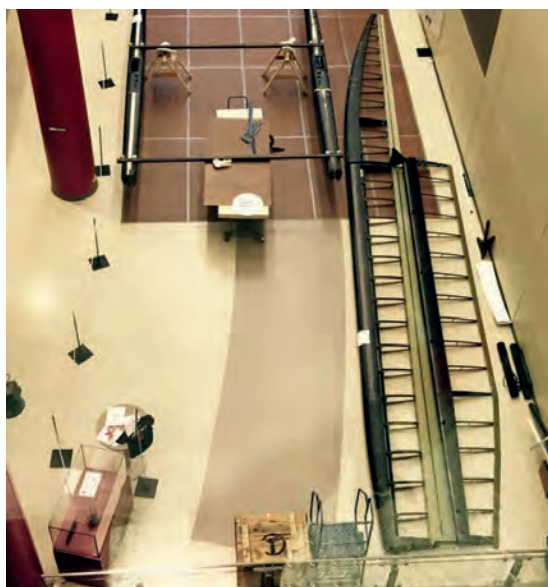
Accomplishing the above has been no mean feat! Team Rafale began building the catamaran in December 2014, and completed the build-phase mid-July 2015. The result is a catamaran with full carbon fiber composite design including a 45ft tall 300sq ft. rigid wing-sail and hydrofoils. The latter being required to lift the boat and its crew

completely out of the water, while remaining as small as possible to reduce drag. To achieve this, every component needed to be systematically optimized and weight had to be designed out from the outset.

This is where Altair's OptiStruct and its composite optimization process have proven invaluable. Having previously worked with Altair's HyperWorks, Julien Chaussee, a former member of the British "Invictus" team and Lead Design Engineer and founder of Team Rafale at ÉTS, picked the Altair software suite for the design, analysis and optimization. Being already well established in the aerospace industry, OptiStruct's innovative composites optimization

process was one of the key factors which guided this decision "We picked HyperWorks for design and optimization mostly based on my previous experience with it. I have been working with it since 2007. For me the key aspects that guided my choice were the simplicity and rapidity to setup an optimization. This is especially true for the composite optimization process which was one of the most important aspects for us. The process is well established and allows rapid transitions from one phase to another" said Julien.

Altair's OptiStruct allowed the team to very quickly cycle through multiple design iterations, taking the requirements and manufacturing limitations



Hull platform and wing sail closely before public presentation
 Piattaforma dello scafo e vela rigida prima della presentazione al pubblico

di sollevare l'imbarcazione ed il suo equipaggio completamente fuori dall'acqua, mantenendo le dimensioni più ridotte possibile per ridurre la resistenza. Per ottenere questo, ogni componente ha richiesto un'ottimizzazione sistematica per eliminare qualsiasi peso eccessivo sin dalle prime fase del progetto.

Questa è stata la fase in cui Altair OptiStruct ed il suo processo di ottimizzazione dei compositi si è dimostrato inestimabile. Avendo già lavorato in passato con Altair HyperWorks, Julien Chaussee, ex membro del team britannico "Invictus" e Lead Design Engineer, nonché fondatore del Team Rafale alla ÉTS, si è affidato al software di Altair per la progettazione, l'analisi e l'ottimizzazione. Già ben affermato nel settore aerospaziale, l'innovativo processo di ottimizzazione dei compositi di OptiStruct è stato uno dei fattori chiave che hanno portato a questa decisione "Abbiamo scelto di utilizzare HyperWorks per la progettazione e l'ottimizzazione basandoci maggiormente sulla mia precedente esperienza con il software. Lo

utilizzo sin dal 2007. Per me, i fattori chiave che hanno guidato questa scelta sono la semplicità e la rapidità con cui disporre un'ottimizzazione. Questo è particolarmente valido per il processo di ottimizzazione dei compositi che era per noi uno degli aspetti più importanti. Il processo è ampiamente consolidato e ci consente una rapida transizione da una fase all'altra." ha affermato Julien.

Altair OptiStruct ha permesso al team di esplorare, in maniera estremamente rapida, iterazioni multiple nel design, tenendo sempre in considerazione i requisiti e i vincoli di produzione. Tutti i componenti principali hanno beneficiato di questo approccio di progettazione, incluse entrambe le traverse, gli aliscafi e i timoni. Ogni componente è stato lavorato attraverso il processo in tre fasi di ottimizzazione del design dei laminati compositi. Nella fase iniziale un'ottimizzazione free-sizing ha determinato lo spessore per ogni singolo angolo di orientamento dello strato. Nella seconda fase l'ottimizzazione dei bundle degli

into account. All major components benefited from this design approach including both cross-beams, the hydrofoils and the foiling rudders. Each component was run through the three-phase laminate composite design optimization process. In the initial step a free-sizing optimization determined thicknesses for each individual ply orientation angle. In the second step a ply bundle optimization decided how many layers of each ply shape were required while taking manufacturing constraints into account. In a final step the ply-shuffling optimization determined the best sequence of the layers found with previous steps. Bidirectional communication with CAD systems ensured quick realization of these results.

SHORTCUT TO A LIGHTER DESIGN WITH OPTISTRUCT

The high level of automation and OptiStruct's ability to directly import, optimize and export composite data helped the team drastically reducing turnaround times between iterations. This allowed the exploration of various options to meet the aggressive weight targets. The main cross beam, which can sustain up to 3000 lbf of load from the mast compression, weighs only 18lbs. The final hydrofoil design has less than 2sq ft. projected area and weighs less than 30lbs while being able to produce up to 1000lbf of vertical lift.

The ambitions for Team Rafale for their first participation in the Little Cup



Close-up of the 300 sq ft carbon fiber wing sail
Particolare della vela rigida in fibra di carbonio di 300 piedi quadrati

strati ha individuato quanti livelli di ogni ply erano necessari, tenendo in considerazione i vincoli di produzione. Nella fase finale l'ottimizzazione del ply-shuffling ha permesso di determinare la migliore sequenza degli strati ottenuti nel passaggio precedente. Una comunicazione bidirezionale con i sistemi CAD ha assicurato una realizzazione estremamente rapida di questi risultati.

SHORTCUT PER UN DESIGN PIÙ LEGGERO CON OPTISTRUCT

L'elevato livello di automazione e l'abilità di OptiStruct di importare, ottimizzare ed esportare direttamente i dati sui compositi ha aiutato il team a ridurre drasticamente i tempi medi delle iterazioni. Questo ha permesso l'esplorazione di numerose opzioni per raggiungere gli

were not a podium position; it is a great accomplishment for the team of students to be on the starting line of this prestigious event. The first goal was to reach the starting line with a true and state of the art C-Class catamaran, the second to compete in all the races with a boat holding up to the loads along with professional level competition. The latter cannot be underestimated, as these boats are fragile in nature and one of the competitors actually had to retire due to damages after a capsize. Those two missions were fully accomplished.

Many success stories can be found along the way, such as Rafale lifting off the water the very first time in Canadian Waters only a month before the event. Another was reaching a top speed of 26.7 knots (30.7 mph). The passionate team of students was received extremely warmly and admired throughout the competition. Members of other teams provided them with valuable input and took action to improve the boat further. The Hydros Foundation – organizer of the Little Cup - wished to present them a Special Prize for their passion, hard work and tenacity in this high level competition. This is a very good starting point for the team for their next competition; we hope they will improve the boat further for the Little Cup in 2017. Paired with more simulation with Altair products the team can set their expectations significantly higher.

aggressivi obiettivi di riduzione di peso. La traversa principale, che riesce a sostenere oltre 3000 libbre forza di carico dalla compressione dell'albero, pesa solamente 18 libbre. Il design finale dell'hydrofoil è meno di 2 piedi quadrati di area proiettata e pesa meno di 30 libbre, ma riesce a produrre oltre 1000 libbre forza di spinta verticale. Le ambizioni del Team Rafale per la loro prima partecipazione alla Little Cup non miravano a raggiungere una posizione sul podio, il traguardo principale per questo team di studenti era quello di trovarsi sulla linea di partenza di questo prestigioso evento. L'obiettivo primario era raggiungere la linea di partenza con un vero catamarano classe C all'avanguardia, e il secondo competere in tutte le gare con un'imbarcazione in grado di sopportare tutti i carichi di una competizione professionale di tale livello. Quest'ultimo aspetto non può essere sottostimato dato che queste imbarcazioni risultano fragili e infatti uno dei partecipanti è stato costretto al ritiro a causa di danni dovuti ad una scuffiata. Questi due obiettivi sono stati ampiamente raggiunti.

Altri successi possono essere trovati durante il loro percorso, ad esempio il team ha iniziato a solcare le acque canadesi per la prima volta solo un mese dall'inizio della competizione. Un'altra è rappresentata dal raggiungimento della velocità massima di 26.7 nodi (30.7 miglia orarie). Il team di appassionati studenti è stato accolto calorosamente e con ammirazione per tutta la durata della gara. I membri degli altri team hanno fornito i loro preziosissimi consigli e collaborato per migliorare l'imbarcazione. La Hydros Foundation, organizzatore della Little Cup, ha voluto conferire loro un premio speciale per la passione, il duro impegno e la tenacia dimostrata durante una competizione di così alto livello.

Questo è un punto di partenza davvero incredibile per il team in vista delle loro prossime competizioni; gli auguriamo di riuscire a migliorare ulteriormente l'imbarcazione in vista della Little Cup 2017. Sfruttando l'intera gamma di simulazioni messe a disposizione dai prodotti Altair il team può puntare ad obiettivi sempre più alti.