

2.- PREFACI

2.1. ORIGEN DEL PROJECTE

La navegació a vela és una activitat atractiva i no contaminant que experimenta constantment un creixement en la major part de països, especialment aquells amb tradició nàutica. La fabricació de veles per a embarcacions de competició i d'esbarjo representa un sector dinàmic i competitiu de la indústria tant en el mercat interior com en l'exportació gràcies a l'important nivell de qualitat assolit i als recents èxits en regates olímpiques i altres competicions. Malgrat tot, el mercat és cada vegada més exigent i aquest sector industrial evoluciona ràpidament degut a la incorporació de nous materials (compostos formats per una matriu de mylar reforçada amb fibres de carboni, kevlar, vectran, zylon, twaron, nylon, dacron, trevira i d'altres) i d'altres innovacions tecnològiques, especialment en els mètodes de producció i estudi de les veles.

Actualment les veles encara es dissenyen de manera empírica, on el disseny final depèn de l'experiència acumulada del dissenyador i dels coneixements sobre teixits acumulats.

En un principi, pels navegants, era molt més important qualsevol terme referent a la pròpia embarcació, que no pas a tot el conjunt de veles que li subministraven la força motriu. Aquesta idea ha estat present fins a mitjans dels anys 80. A partir d'aleshores, l'evolució dels materials emprats en l'eixàrcia genera una revolució en els teixits per a la confecció de les veles, fent-les més lleugeres i resistents.

Des de fa uns 80 anys, la investigació en el tema de la nàutica, i més concretament, en l'estudi de les forces i lleis que fan que una vela pugui fer avançar una embarcació, ha fet que el disseny de les veles sigui un factor molt important. Actualment, el disseny d'una vela és un procés on participen una infinitat de paràmetres que van des de la intensitat de vent a la que ha de ser sotmesa, passant pels propis valors que defineixen la forma de la vela, fins a les dimensions i localització dels components que han de sostenir-la dins de l'embarcació.

A part, l'evolució del disseny s'ha produït com a conseqüència de dos factors importants, l'aparició de noves fibres des de mitjans dels anys 50, i el segon la introducció de sistemes informàtics que han possibilitat les millores en l'eficiència del tall i disseny de les veles.



Així, avui en dia, les veleries poden visualitzar el disseny abans de que la vela sigui tallada, però encara el disseny que obtenim amb l'ordinador no s'acosta el perfil volant que es la vela mentre rep l'acció del vent sobre la seva superfície. És a dir, hi ha un salt entre la forma dissenyada i la forma de la vela navegant, degut principalment als estiraments del teixit, el trimatge de l'eixàrcia per a les diferents condicions de vent i la posició final que adopta la vela per a arribar a l'equilibri de forces.

El procés de disseny d'una vela és un cicle que s'acaba quan el disseny és l'òptim segons el criteri del dissenyador i navegant. Depenent de la vela pot significar la fabricació de més d'un model arribant a quatre algunes vegades tot i partir inicialment de les mesures correctes, sobretot en el camp de l'alta competició, encarint considerablement el cost d'obtenció de la vela final. Queda palès doncs la importància de trobar un mètode que permeti obtenir inicialment un disseny el més pròxim possible a l'òptim en condicions de navegació.

2.2. MOTIVACIÓ

Està àmpliament acceptat que les modernes tècniques computacionals poden ser de gran ajuda per al projectista i dissenyador de veles per tal de dissenyar-les i analitzar, i per ajudar-li a respondre la llarga llista de preguntes que inevitablement apareixen a l'anàlisi del comportament aerodinàmic i estructural de la vela. D'aquesta manera es redueix dràsticament la necessitat de construir models a escala i realitzar experiments en túnels de vent.

Ara bé, malgrat l'indubtable progrés assolit al tractar d'establir les bases racionals per al disseny estructural i en la predicció del comportament aerodinàmic de veles mitjançant tècniques CFD, el disseny de veles és encara, una feina artesanal fonamentalment establerta sobre bases experimentals i sense una perspectiva immediata de reduir-se a un procediment automàtic. Els mètodes actuals pel disseny de veles involucren típicament les següents etapes:

- 1) Definició del rang de velocitats de vent i condicions d'operació.
- 2) Definició de la forma de la vela preliminar emprant mètodes empírics o simples models aerodinàmics basats en la teoria potencial.
- 3) Construcció d'un prototip a escala.
- 4) Anàlisi experimental del comportament aerodinàmic del prototipus en túnels de vent.



- 5) Escalat empíric dels resultats del model a la geometria real de la vela.
- 6) Anàlisi dels resultats i redefinició de les formes de la vela.
- 7) Repetició de les etapes 3 a 6 fins que s'aconsegueix les especificacions desitjades del comportament de la vela.

Aquest és un procés difícil i car, que generalment no és suficient per aconseguir un comportament òptim en situació de competició (degut principalment a les dificultats del procés d'escalat) on és necessari el màxim nivell d'eficiència aerodinàmica, caracteritzada per una velocitat determinada i uns requisits d'estabilitat.

Aquest projecte pretén precisament reduir els cost del cicle de disseny anterior mitjançant l'ús de models de càlcul més potents i precisos que prediguin, d'una manera econòmica, el comportament aerodinàmic d'una vela per a diferents condicions de navegació, predient en cada cas les tensions sobre la vela degudes a l'acció del vent i les forces resultants. D'aquesta manera s'aconsegueix un disseny estructural precís i l'estudi del comportament global de la vela sota diferents condicions de vent. Tots aquests problemes són de naturalesa tridimensional i involucren l'acoblament de dos dominis: l'aire i l'estructura de la vela. La solució numèrica de tal problema tridimensional és un repte, i no pot resoldre's sense èxit si no es fa ús de les tècniques de simulació per ordinador més avançades.

2.3. INTEGRACIÓ DEL PROJECTE

El projecte present està integrat dins d'un altre projecte de major abast, el projecte Q-SAIL, que té per objectiu l'obtenció d'un nou procés de disseny i fabricació de veles per embarcacions esportives. Per aconseguir-ho, el projecte Q-SAIL està dividit fonamentalment en tres blocs, que són l'estudi experimental i numèric dels diferents materials emprats en la fabricació de veles, el seu anàlisi aerodinàmic, del qual aquest projecte constitueix el nucli principal, i l'optimització del seu procés de fabricació. El projecte Q-SAIL és dut a terme per l'empresa "Quantum Sail Europe Manufacturing SL", una de les empreses més importants d'Espanya en el seu sector tant per volum de ventes com per innovacions tecnològiques, i que forma part del grup internacional de veleries "Quantum Sail Design Group". D'altra banda, es compta amb la col·laboració del "Centre Internacional de Mètodes Numèrics en l'Enginyeria" (d'ara endavant CIMNE), de cara al desenvolupament dels codis fluidodinàmic i estructural necessaris, així com del software integrat que acobla ambdós codis. Els codis de disseny de formes i d'anàlisi aerodinàmic resultants, que rebran el nom conjunt de Kratos Large Displacements, s'integraran en el software de Pre/Postprocés GiD desenvolupat per



CIMNE, que a l'any 2001 va rebre un dels premis del programa de Information Society Technologies de la CE al millor producte resultant de projectes I+D+I de la CE.

2.4. ESTAT DE L'ART A ESPANYA I A L'ESTRANGER

Els principals obstacles que frenen actualment el desenvolupament tecnològic del disseny i fabricació de veles en tot el món són els següents:

No existeixen models numèrics que puguin simular amb fiabilitat i amb un nivell suficient d'exactitud el comportament estructural de les veles en condicions d'ús. Aquesta carència obliga a que el disseny es basi en criteris semi-empírics (normalment es basa en un sistema de prova i error que normalment descansa sobre l'experiència professional i en navegació del dissenyador) i dificulta el desenvolupament de noves aplicacions. La manca d'instruments d'anàlisi del comportament estructural de veles (tan de teixits tradicionals com de teixits laminats avançats) es deu a que, inclòs en condicions normals de servei, en el mateix intervenen diversos fenòmens complexos i altament interrelacionats: equacions constitutives dels materials no lineals, treball conjunt d'elements (matriu i fibres de reforç) amb diferents propietats, forta anisotropia del teixit (rigideses en el seu pla davant d'esforços de membranes dependents de la direcció), grans moviments (anàlisi de segon ordre), grans deformacions (relacions no lineals entre moviments i deformacions) i existència d'accions (vent) dependents de la configuració com a conseqüència dels fenòmens aerodinàmics. A més, és necessari considerar la interacció entre la vela i la resta de l'embarcació (tenint en compte la no-linealitat del comportament dels elements estructurals de l'embarcació i de les unions) i d'aquesta amb l'aigua (incloent la influència de la superfície lliure). La manca de models numèrics del sistema vela-embarcació és una important barrera per a l'optimització estructural d'aquests elements i impedeix disposar d'una eina que permeti investigar de forma consistent noves solucions de disseny i producció.

Malgrat tot, als últims anys s'han publicat nombrosos treballs sobre el desenvolupament de tècniques CFD per a resoldre gran varietat de problemes fluids. Existeixen avui en dia diferents mètodes de Volums Finitos (FV) i tècniques d'elements finits (FE) adients per a la solució de problemes de fluids viscosos i no viscosos en tres dimensions. Aquest avanç també s'ha reflexat en el número de codis tant de FV com de FE disponibles per resoldre problemes de dinàmica de fluids. (veure taula de codis CFD més populars a l'annex B)

Desgraciadament les capacitats d'aquests codis per a resoldre problemes de disseny de veles estan molt limitades degut a la dificultat d'aquests de tractar amb estructures



membranals caracteritzades per grans desplaçaments, així com el seu acoblament fluid-estructura, tal i com s'ha exposat prèviament.

En el present projecte és fa un pas endavant molt important en el desenvolupament de tècniques basades en CFD mitjançant mètodes numèrics, gràcies sobretot a la col·laboració del CIMNE, aconseguint superar la majoria de les limitacions anteriors de cara a una correcta simulació del comportament aerodinàmic de les veles. La incorporació d'un nou element membrana capaç de realitzar grans desplaçaments i deformacions, així com el seu acoblament amb el fluid, són unes de les novetats més destacades que han fet viable la realització d'aquest projecte.



