

5.- VALIDACIÓ DEL SOFTWARE INTEGRAT DESENVOLUPAT PEL CIMNE

Com ja s'ha comentat, per a poder realitzar l'estudi aerodinàmic és necessari conèixer la distribució de velocitats i pressions del vent al voltant de la vela, així com la forma final de la vela i les tensions i deformacions en tots els seus punts. Per a tal efecte, és necessari l'elaboració d'un software que partint d'una forma inicial d'una vela dins d'un fluid en moviment simuli com aquesta forma va modificant-se d'acord amb les pressions que el vent realitza sobre ella i com aquestes pressions a la vegada van experimentant variacions degudes als moviments de la vela, pel que és necessari un acoblament entre fluid i estructura que ha de concloure amb la convergència dels problemes aerodinàmics i estructurals. Aquest nou software s'integra dins de l'interface GiD, i el nou codi multifísic desenvolupat rep el nom de Kratos Large Displacement, d'ara en endavant Kratos.

Per aconseguir tal convergència, és necessari disposar d'uns codis que permetin simular, per un costat, el comportament estructural de les veles de forma correcta, i de l'altre, els camps de pressions i velocitats del fluid entorn de l'estructura. Per tant, la validació d'aquest software integrat es pot dividir fonamentalment en tres parts: la validació dels codis corresponents als elements estructurals, la validació del codi del fluid i la validació del problema multifísic consistent en l'acoblament entre els dos codis anteriors.

5.1.- VALIDACIÓ DELS CODIS ESTRUCTURALS: ELEMENTS CABLE I MEMBRANA

Les veles són estructures que treballen fonamentalment com una membrana, essent irrellevant la seva contribució a flexió. Donat que, degut als canvis de forma induïts pel vent, les membranes estan sotmeses a grans desplaçaments, és precís disposar d'un element estructural que permeti simular numèricament aquest comportament. Amb aquest objectiu s'ha desenvolupat un element de membrana triangular de tres nodes que inclou els efectes de no-linealitat geomètrica (grans desplaçaments) típics de membranes sotmeses a esforços aerodinàmics.

De la mateixa manera, també ha estat necessari desenvolupar un element cable per a poder simular el comportament de les escotes, que igual que succeeix amb les membranes, també pateixen grans desplaçaments. Així, s'ha desenvolupat un element cable lineal de dos nodes que novament inclou efectes de no-linealitat geomètrica.



La validació d'ambdós codis estructurals es pot trobar a l'Annex A.1.

5.2.- VALIDACIÓ DEL CODI FLUID

Com és conegut, en el món de la navegació intervenen principalment dos fluid diferents: l'aigua i l'aire. Cada un d'aquests fluids interacciona amb una part diferent de l'embarcació, de manera que mentre el casc de l'embarcació interacciona tant amb l'aire com amb l'aigua, essent aquest últim el més destacat, les veles actuen únicament amb l'aire. Ara bé, tal i com s'ha comentat a la introducció, l'abast d'aquest projecte és només l'estudi aerodinàmic de les veles, sense tenir en compte cap interacció amb elements de l'embarcació, pel que l'únic fluid amb el que es treballarà al llarg d'aquest projecte serà l'aire.

D'aquest fet es pot extraure que en tots els problemes de veles que es puguin arribar a resoldre al llarg d'aquest projecte, el número de Reynolds serà elevat doncs la viscositat cinemàtica de l'aire a temperatura ambient és de l'ordre de 10^{-5} , mentre que la velocitat del vent no serà inferior a 1m/s. Aquest elevat número de Reynolds fa necessari introduir en el codi del fluid un model de turbulència, altrament el programa no seria capaç de convergir correctament. Concretament, el model de turbulència introduït és el model de Smagorinsky.

A més d'estar preparat per treballar amb un número de Reynolds elevat, el codi també permet l'estudi de fenòmens transitoris com el despreniment de vòrtexs o el flutter. De fet, el codi emprat no és més que l'evolució del codi emprat anteriorment en l'estudi del disseny de l'embarcació Alinghi, guanyadora de l'última edició de la Copa Amèrica de vela disputada en aigües neozelandeses, la regata més prestigiosa i important del món.

La validació del codi fluid es pot trobar a l'Annex A.2.

5.3.- VALIDACIÓ DEL CODI MULTIFÍSIC KRATOS LARGE DISPLACEMENTS

Malgrat haver validat prèviament tan el codi estructural com el codi fluid, cal també validar l'acoblament entre ambdós codis, doncs tot i que cada un per separat es comporti correctament, podria ser que a l'hora de transferir els resultats d'un codi a un altre hi hagués algun error que sens dubte provocaria que els resultats obtinguts a partir d'aquest software integrat fossin incorrectes.

De forma molt resumida, el procés de resolució del problema multifísic comença amb la resolució inicial del fluid diverses vegades fins a arribar a una solució més o menys estable. A partir d'aquí, el codi fa una predicció del moviment de l'estructura, i guarda els



resultats dels desplaçaments experimentats en el fluid, que es resol amb aquesta nova informació. Com a resultat s'obté un camp de pressions que el codi llegeix i comunica a l'estructura, i es resol de nou l'estructura, però ara ja no segons una predicció, si no que el moviment ja és el real. Aquest procés es repeteix un nombre determinat de vegades, segons indiqui l'usuari, de manera que si el número de vegades es prou gran el programa arriba a un estat estacionari.

En el cas de les veles, el codi segueix exactament el procés descrit anteriorment, amb una fase inicial de resolució únicament del fluid. Posteriorment, es fa una predicció de la deformada de la vela, es calcula de nou el fluid i finalment es calcula la deformada real de la vela sota les condicions de càrrega calculades anteriorment. Aquest format de resolució facilita la convergència, i permet utilitzar dos passos de temps diferents, un per a la primera fase de resolució, on es pot emprar un pas de temps més elevat al tractar-se només de fluid, i un segon que al incloure l'estructura pot requerir un pas de temps més petit.

La validació del codi multifísic es pot trobar a l'Annex A.3.



