



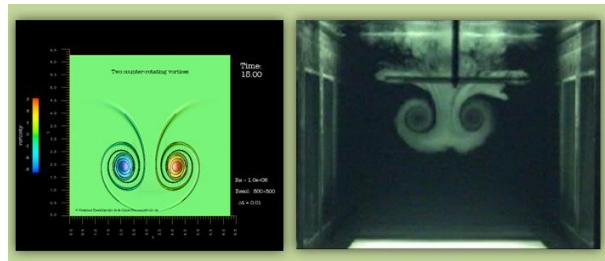
ETSI Aeronáuticos

Notas de prensa

LOS VÓRTICES DE LAS ESTELAS DE LOS AVIONES, UN CAMPO DE INTERÉS CIENTÍFICO Y COMERCIAL

Investigadores de la Universidad Politécnica de Madrid, junto con otras instituciones e industrias europeas, estudian el comportamiento de estelas de aviones comerciales en el proyecto Far-Wake. El conocimiento de las inestabilidades de los sistemas de vórtices que se encuentran en la estela generará beneficios económicos y de seguridad.

La vorticidad es una propiedad de los fluidos que se manifiesta en la formación de vórtices, que son flujo en rotación espiral. En un avión comercial en vuelo, el número de Reynolds (que es proporcional a la velocidad del flujo) es de 10 a 100 millones, por tanto, el flujo es altamente turbulento. El flujo de la capa límite que se forma encima de las alas del avión en un momento determinado llega a la punta del ala y se desprende del ala envolviéndose en vórtices. Cuanto más grande es el avión (o cuanto más pesa), mayor es la fuerza de los vórtices. Dependiendo de la distribución exacta de la vorticidad inicial, el desarrollo de la misma hacia la estela puede ser distinto, pero el producto final siempre son dos vórtices, uno detrás de cada ala. Juntos esos dos vórtices forman lo que se conoce como la estela del avión, que se hace claramente visible detrás de aviones en días despejados.

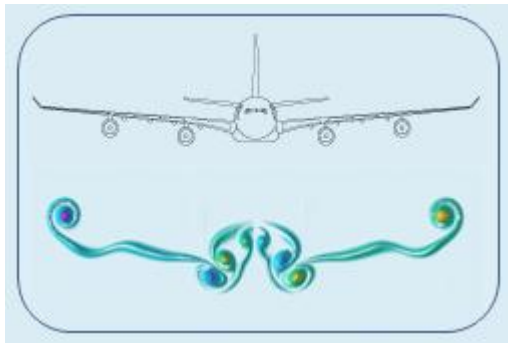


El punto clave de los estudios en el marco del Far-Wake es el entendimiento de la estructura de la estela y su posible modificación, pues en vuelo, si un avión de menor tamaño (éstos se clasifican en pequeños, medianos y grandes) entra en un vórtice de un avión mayor puede hacerle perder el control. Mientras que esta situación es bastante improbable, el tiempo de separación entre aviones tanto durante el despegue como durante el aterrizaje viene determinado por el tiempo necesario para la destrucción (por viscosidad) de la coherencia de la estela del avión precedente.

Nuevo enfoque del problema

Far-Wake ha reunido a expertos europeos en esta área para hacer investigaciones básicas con la idea de influir y, a ser posible, destruir la coherencia de la estela de aviones, con el fin de minimizar la distancia entre aviones en fase de despegue y aterrizaje, maximizando así el beneficio económico pero sin comprometer la seguridad. Entre estos expertos encontramos a Vassilis Theofilis, profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos de la Universidad Politécnica de Madrid. A nivel de la Universidad, además de Theofilis como coordinador, y Javier de Vicente Buendía como estudiante de doctorado de la ETSI Aeronáuticos, han participado Leo Miguel González, experto en el método de los elementos finitos aplicado a la Mecánica de Fluidos y Profesor Titular interino de la ETSI Navales, y Rafael Gómez Blanco, Profesor Asociado de la ETSI Aeronáuticos y oficial del Ejército del Aire, cuyos conocimientos son una interesante vértice adicional para el proyecto, ya que el problema de vórtices y su inestabilidad es general y los conocimientos generados son aplicables a aviones tanto comerciales como militares.

Son numerosos los trabajos que abordan el fenómeno de las estelas. Desde un punto de vista teórico, las novedades de este proyecto son, por un lado la simulación numérica directa, que sólo se puede hacer ahora por la necesaria intervención de



supercomputadoras y, por otro lado, el desarrollo de nuevas metodologías para investigar la inestabilidad de sistemas de vórtices.

“Desde hace medio siglo y hasta mediados de los años 90 se estudiaba un vórtice de manera aislada, lo que conducía a la solución numérica de una ecuación diferencial

ordinaria, con un tamaño típico de unos 100 Mb que el ordenador resolvía en unos segundos. Pero ahora, se trata de permitir el estudio de vorticidad distribuida, como la que se encuentra en la estela cercana del ala, antes de la formación del par de vórtices. A este fin hay que acoplar dos direcciones espaciales a la vez, lo cual genera un problema de autovalores enormemente mayor (en ecuaciones diferenciales en parciales) cuyo tamaño puede fácilmente superar los 10 Gb y que requiere (sin paralelización) varias horas de computación”, explica el profesor.

Por ello, las supercomputadoras paralelas Magerit (www.cesvima.upm.es) de la UPM en Madrid, SuperDome (www.cesga.es) del Centro de Supercomputación de Galicia y, sobre todo, Mare Nostrum (www.bsc.es) del Centro Nacional de Supercomputación en Barcelona, han sido compañeras de trabajo. “Pero antes de ir al ordenador, hay que desarrollar herramientas, validarlas y verificarlas.”, continúa Theofilis, “así hemos desarrollado solucionadores del problema de estabilidad en ecuaciones diferenciales en parciales, usando métodos de elementos finitos tanto de bajo como de alto orden; estos métodos permiten concentración de puntos en los vórtices y no desprecian puntos de

mallá. A la vez, se pueden abordar otras aplicaciones de vórtices, como los que se encuentran en cavidades, modelos de cámaras de combustión, que actualmente estamos tratando en el marco de una colaboración internacional con la Universidad de Viena”.

Reuniones periódicas a nivel europeo, así como workshops dedicados y colaboraciones bilaterales se han empleado como método de trabajo dentro de Far-Wake. Mientras cada experto trabaja de manera independiente con sus propias herramientas, la buena gestión del proyecto ha hecho marchar a todos en una misma dirección. Como describe el profesor de la UPM, “a pesar de la escasa comunicación, algo intrínseco en investigación hasta la hora de publicar los artículos, ha habido colaboraciones, como por ejemplo con Bélgica, donde actualmente se ejecutan las mayores simulaciones numéricas directas de estelas en Europa. Los colegas belgas nos pasan sus flujos y los analizamos con nuestro método, lo que es el inicio de otra colaboración internacional para la UPM. Dicha colaboración seguirá a través del intercambio de un estudiante en el marco de su Proyecto Fin de Carrera”.

Objetivo: aumentar el número de operaciones

El proyecto se encuentra en fase de generar las publicaciones y resumir lo aprendido. Los beneficios que genera el conocimiento del fenómeno son, por un lado, la posibilidad de aumentar el número de operaciones en los aeropuertos, ya que se predice que para el año 2020 el tráfico de aviones se doblará respecto a la situación en el año 2000 y “una cosa es construir aviones más grandes y otra poder aterrizar y despegar al mismo ritmo sin tener que aumentar la distancia entre operaciones”. Por otro lado, se espera aumentar el nivel de seguridad, “algo que es difícil de cuantificar, pero fácil de presumir que es así, puesto que cuanto más se entiende la física que rige un fenómeno mejor se puede predecir su comportamiento”, apostilla. Y todo ello redundará en beneficios económicos para las compañías, puesto que realizar un mayor número de operaciones en el mismo espacio de tiempo supone mayores ganancias.

En cuanto a los resultados obtenidos, éstos son de dos tipos: a nivel del proyecto europeo Theofilis, lo califica como “uno de los más exitosos, donde más conocimiento se ha generado” y a nivel de su grupo concreto “hemos conseguido el desarrollo de nuevas tecnologías, interacciones con los colegas de este campo, *papers**, y no descartamos la posibilidad de seguir con las investigaciones por nuestra cuenta pues hemos descubierto cosas muy interesantes”.



Vassilis Theofilis

Ateniense de nacimiento, su carrera ha sido un periplo por Europa donde siempre ha trabajado en el campo de la mecánica de fluidos computacional y estabilidad de flujos, incluida la dinámica de vórtices. Licenciado en Físicas por la Universidad de Patras (Grecia) en 1984, realizó su Máster en Matemática Aplicada en la Universidad de Manchester (Reino Unido), donde

también se doctoró en Ingeniería Aeronáutica. Como investigador post-doctoral ha trabajado en la Universidad de Twente en Holanda; ha sido importante su paso por el DLR Institute of Fluid Mechanics en Goettingen (Alemania), como Investigador de la Fundación Alexander von Humboldt, que promueve la cooperación entre entidades académicas alemanas e investigadores extranjeros de la máxima calidad en cualquier campo científico. En 2003 llegó a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos de la Universidad Politécnica de Madrid, como investigador del programa Ramón y Cajal, antes de ocupar una plaza de Profesor en el marco del programa I3, investigando e impartiendo docencia adscrito al Departamento de Motopropulsión y Termofluidodinámica.

***Papers:**

- González, L. M., Theofilis, V., and Gomez-Blanco, R., “Finite Element Numerical Methods for Viscous Incompressible Global Linear Instability Analysis on Unstructured Meshes,” AIAA Journal, Vol. 45, No. 4, 2007, pp. 840–855.
- González, L. M., de Vicente, J., and Theofilis, V., “High-Order Finite Element Methods for Global Viscous Linear Instability Analysis of Internal Flows,” 18th AIAA Computational Fluid Dynamics Conference, Miami, FL, AIAA Paper 2007-3840, June 2007.
- González, L.M., Gómez-Blanco, R., Theofilis, V. Eigenmodes of a Counter-Rotating Vortex Dipole (2008) AIAA JOURNAL Vol. 46, No. 11, pp. 2796-2805.

Vanesa García
Gabinete de Comunicación
ETSI Aeronáuticos, Universidad Politécnica de Madrid
Tel. 91 336 63 72 gp@aero.upm.es