

# Control de flujos transitorios en estela empleando oscilación local en la pared de un cuerpo sólido: Estudio a través de la asimilación de datos

## 1. Introducción

La Asimilación de Datos Variacional (DA) puede expandir técnicas de control activo de flujos a fin de diseñar actuadores superficiales tales como chorros sintéticos o asimismo descargas plasma cuyo modelado computacional resulta complejo como consecuencia de las ambiguas condiciones frontera que pueden encontrarse en la pared.

Puesto que la efectividad del control se encuentra en gran medida determinada por la receptividad del flujo a las perturbaciones impuestas, las mismas deben presentarse en la escala adecuada y además ser introducidas en la ubicación correcta.

Una estrategia común empleada por los animales para transportarse a través de un fluido consiste en hacer uso de sus cuerpos o apéndices (por ejemplo aletas o alas) para producir ondulaciones, aleteos o movimientos de “pitching”. En particular, se ha encontrado que el movimiento de nado tipo ondulatorio resulta en una eficiente estrategia de propulsión.

## 2. Metodología

En el presente estudio, la técnica DA nos permitirá reproducir esta eficiente generación de vorticidad en la estela por medio de actuadores superficiales. En este sentido, se logrará estimar un vector de control de oscilación local el cual establezca un patrón de nado tipo propulsivo tal como el que resulta posible observar en la estela de organismos nadadores.

Aquí, el vector de control para el problema de optimización DA está formado por la condición de flujo inicial y la condición de borde sobre el cuerpo sólido, esto es su velocidad tangencial en función del tiempo para la cual no se prescribe a priori la forma particular del movimiento del cuerpo.

En un primer paso, consideramos una configuración de referencia consistente en el escurrimiento de un fluido a través de un cilindro 2D rotatorio oscilante descrito por Mons *et al.* (2017).

En un segundo paso, la metodología propuesta se aplica a la reconstrucción de un flujo de referencia consistente con el escurrimiento generado por un control parcial restringido a una región en la pared del cuerpo aguas arriba tal

como es descrito por Bergmann *et al.* (2006). Físicamente, un control parcial da origen en la estela cercana a una calle de vortices de Von Karman reversa la cual genera localmente una significativa fuerza de empuje. Este mecanismo de control de flujo no estacionario resulta similar al fenómeno de reducción del arrastre presente en el nado de los peces.

En un tercer paso, la técnica DA es empleada con el objetivo de construir condiciones de pared para una simulación numérica directa (DNS) del flujo alrededor de un perfil alar NACA0012 cuya superficie se encuentra sometida a una actuación de tipo local. Como dato al problema se incorporan campos de velocidad provenientes de la estela de un flujo aguas abajo de un perfil alar cuya línea central describe un movimiento ondulatorio determinado por una función de onda viajera tipo sinusoidal.

## 3. Conclusión

Los resultados obtenidos en el presente estudio ilustran el potencial de la reconstrucción de flujos forzados a través de la estrategia de asimilación de

datos por una parte, mientras que permiten explorar la formación y desprendimiento de vórtices por medio de actuadores dispuestos en forma discreta en la superficie de un cuerpo, y asimismo dilucidan los mecanismos propulsivos presentes en el nado anguififorme.

#### 4. Referencias

- (1) V. MONS, J.-C. CHASSAING, P. SAGAUT, *Journal of Fluid Mechanics*, 823: 230-277 (2017), Optimal sensor placement for variational data assimilation of unsteady flows past a rotationally oscillating cylinder.
- (2) BERGMANN, J. P. CORDIER, and BRANCHER, Optimal rotary control of the cylinder wake using proper orthogonal decomposition reduced-order model, *Physics of Fluids*, 45, issue 9, p. 97101, 2005.
- (3) A. GRONSKIS, D. HEITZ, E. MEMIN, Control of unsteady wake flows using local oscillation of body surface: a data assimilation study, *Colloque National d'Assimilation de Données*, 26 au 28 Septembre, 2018, Rennes, France.

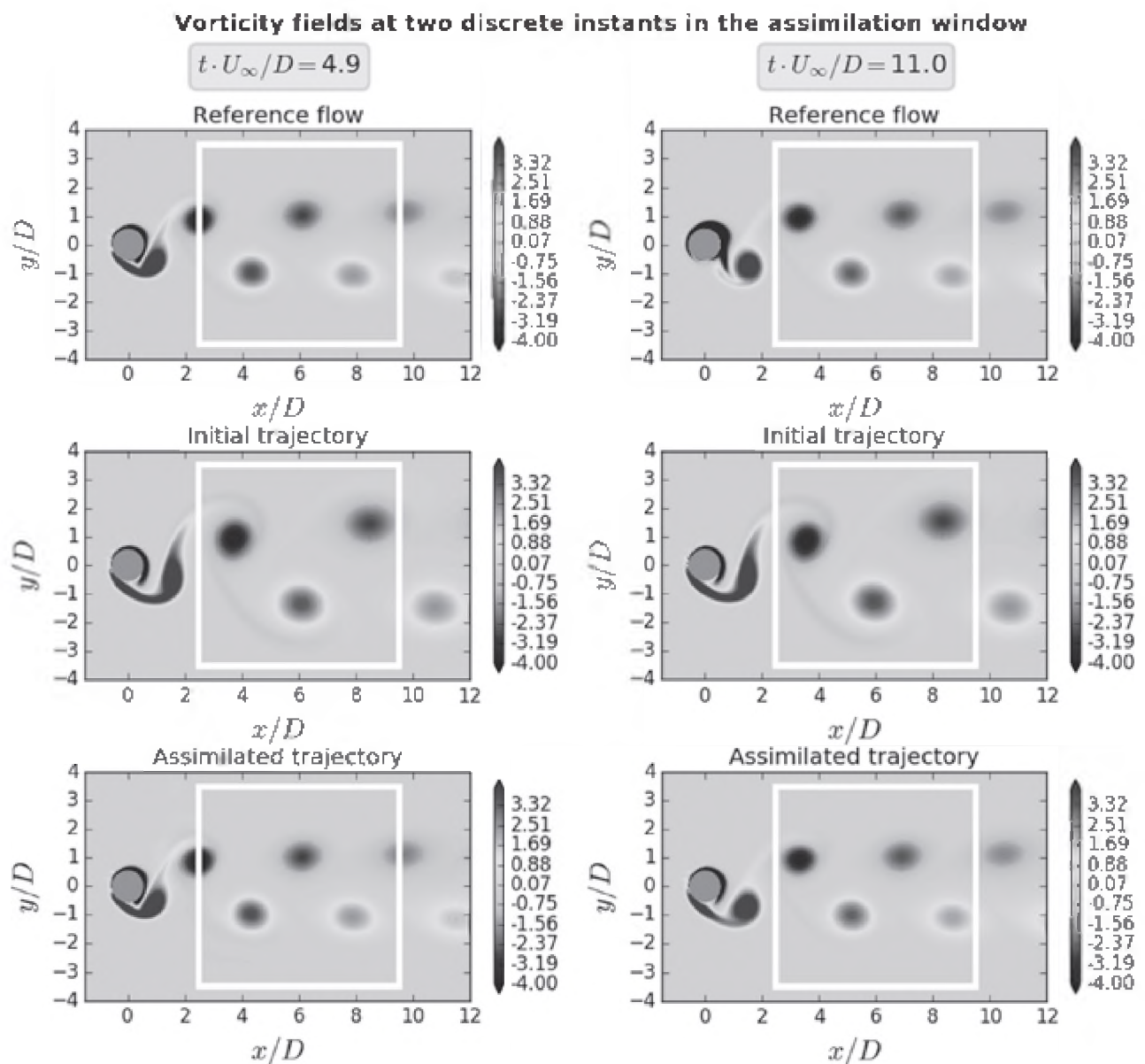


Figura 1: Control en condición inicial y de Pared para el cilindro sujeto a rotación oscilatoria

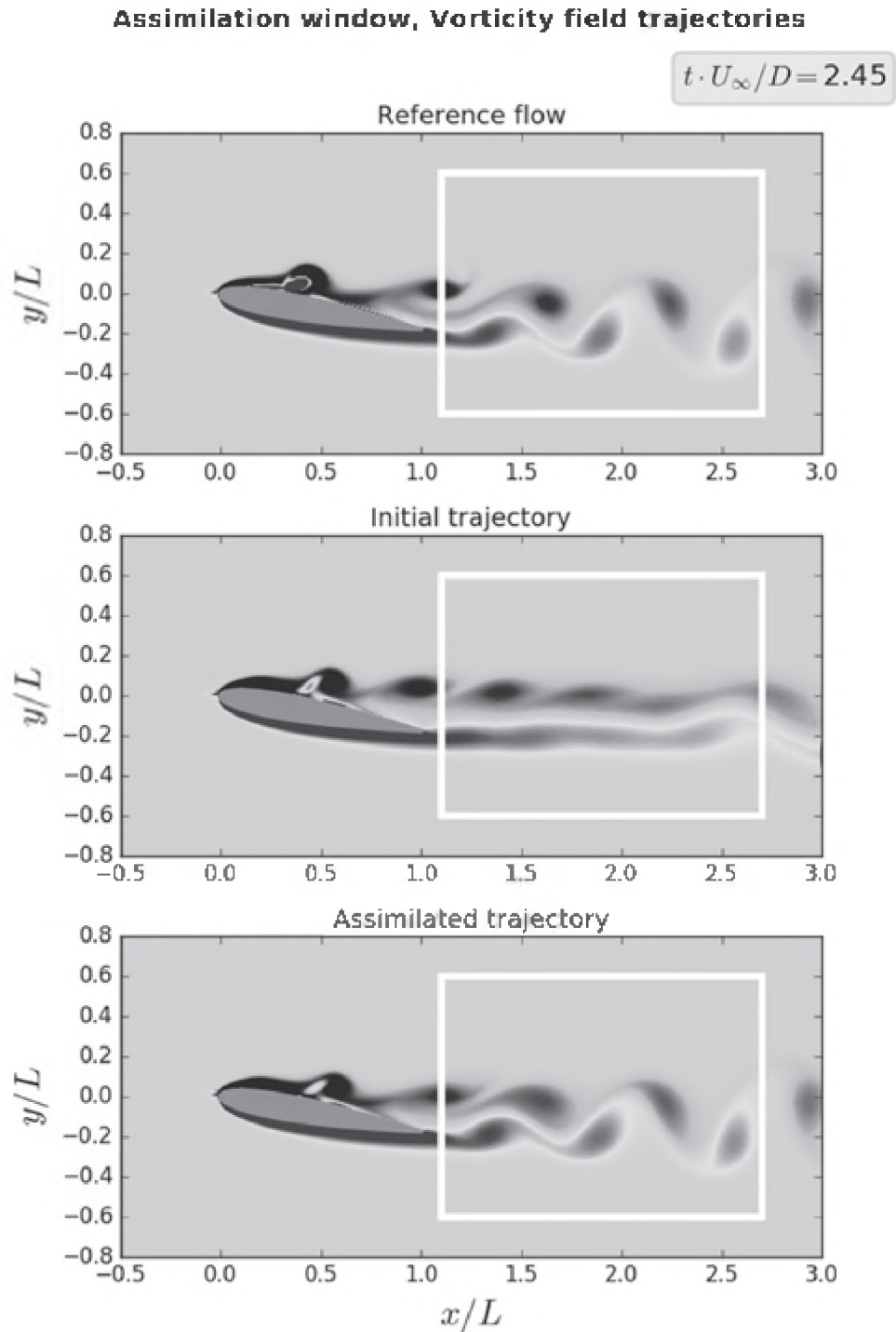


Figura 2: Acción de control local en la superficie superior de un perfil NACA0012

**Vorticity (Wz) and Pressure (P) fields in the assimilation window**

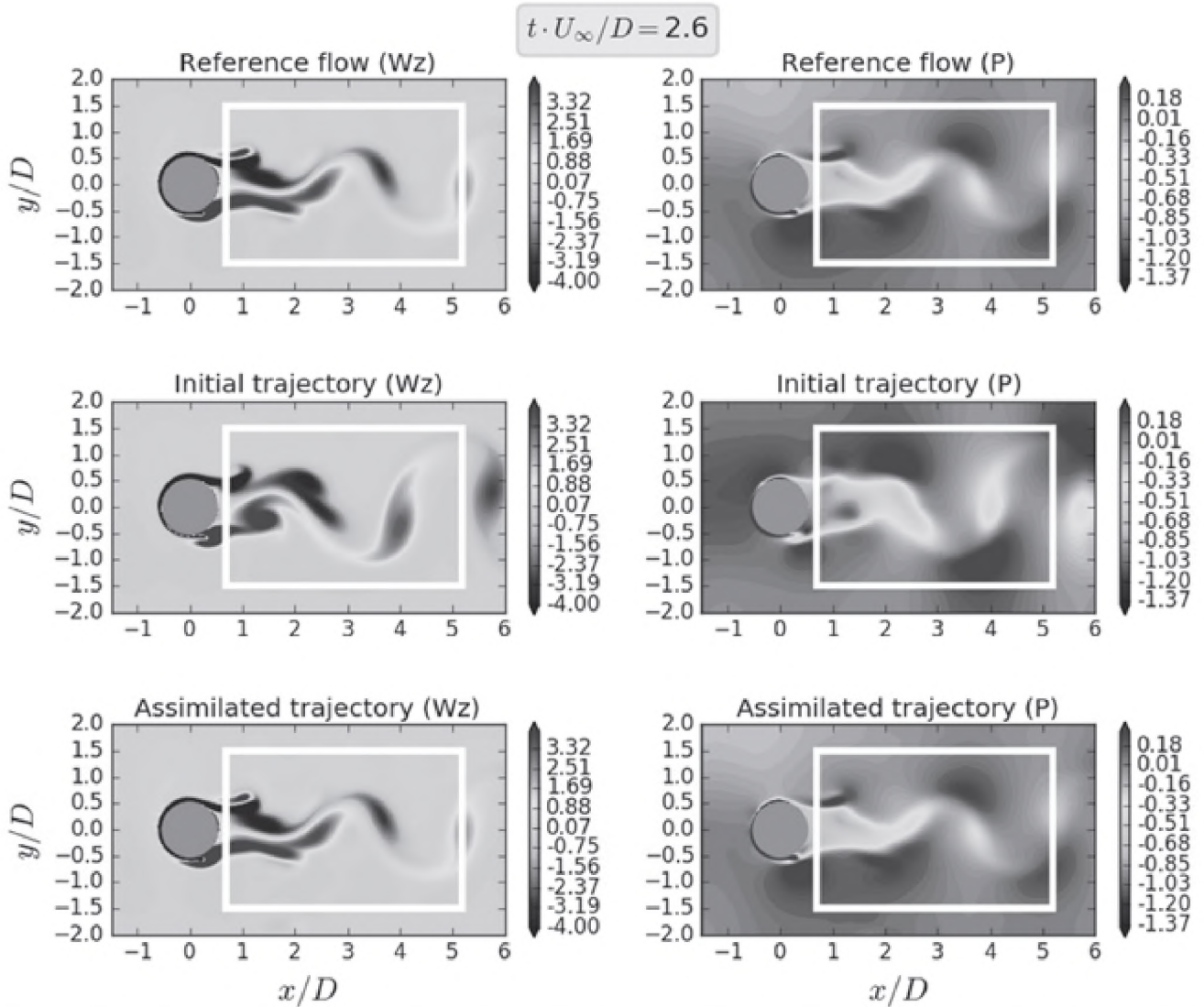


Figura3: Acción de control parcial en la sección aguas arriba de la superficie de un cilindro