



**HAL**  
open science

## Simulateur numérique de la navigation de deux voiliers en interaction

Kostia Roncin, Jean-Michel Kobus

► **To cite this version:**

Kostia Roncin, Jean-Michel Kobus. Simulateur numérique de la navigation de deux voiliers en interaction. 1er colloque sur le Sport et la Recherche en pays de la Loire, Mar 2005, Nantes, France. hal-00527911

**HAL Id: hal-00527911**

**<https://hal.science/hal-00527911>**

Submitted on 20 Oct 2010

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# SIMULATEUR NUMÉRIQUE DE LA NAVIGATION DE DEUX VOILIERS EN INTERACTION

**Kostia RONCIN, Jean-Michel KOBUS**

*Laboratoire de Mécanique des Fluides, UMR Ecole Centrale de Nantes-CNRS n°6598.*

*1 rue de la Noë, BP92101 44321 Nantes.*

[kostia.roncin@free.fr](mailto:kostia.roncin@free.fr), [jean-michel.kobus@ec-nantes.fr](mailto:jean-michel.kobus@ec-nantes.fr)

## Résumé

Le simulateur décrit ici présente l'originalité de résoudre le système complet des six équations de la dynamique de deux voiliers en interaction. Il prend en compte de nombreux paramètres de fonctionnement, même si certains sont encore estimés approximativement. Le modèle des efforts hydrodynamiques sur la carène et la quille est issu d'essais en bassin grâce à la technique des plans d'expériences. L'influence complexe des trois angles d'attitudes, de la vitesse et du déplacement est ainsi prise en compte. L'interaction aérodynamique entre les voiliers est représentée par un modèle simple mais validé par comparaison avec des calculs plus complets.

**Mots clefs** : interaction aérodynamique, hydrodynamique, match racing, simulation, voilier.

## Introduction

On peut dorénavant suivre les régates grâce aux progrès conjugués de la représentation virtuelle et du positionnement par GPS. Ces progrès contribuent à la diffusion de ce sport auprès d'un large public et fournissent des outils nouveaux pour la pédagogie et l'analyse. Il est possible de revoir la régate, de pointer les moments où l'on a gagné ou perdu du terrain. Le simulateur apporte la fonctionnalité supplémentaire de pouvoir rejouer la régate en testant d'autres scénarii tactiques. Le but fixé est donc de simuler et de modifier des situations typiques rencontrées en compétition. Il est également d'évaluer l'efficacité d'une manœuvre, la pertinence d'un choix tactique ou stratégique, etc. C'est un outil d'analyse et d'aide à l'entraînement. Du point de vue scientifique, le simulateur permet de quantifier précisément l'importance relative des phénomènes en jeu et d'intégrer rapidement les avancées des recherches sur la modélisation de ces phénomènes. De ce fait, au-delà du cadre purement sportif, il constitue un moyen de guider et de synthétiser les recherches sur le voilier tout en les mettant directement en valeur par des applications. A ce titre, le simulateur constitue le point de rencontre des recherches en vue de leur exploitation pratique. Le simulateur de match racing a fait l'objet d'une thèse[7] et son développement se poursuit actuellement au Laboratoire de Mécanique des Fluides. Il a été conçu pour être utilisé par les sportifs de haut niveau dès qu'il aura été validé en navigation et qu'il aura atteint un degré de précision et des fonctionnalités adaptées aux exigences de cette population. Dans l'état actuel, il peut être exploité dans un cadre didactique par les entraîneurs et les formateurs.

## Résolution du système dynamique complet

Les études classiques sur les voiliers sont dirigées vers la conception d'un voilier optimal sous contrainte de jauge. Le problème consiste alors à optimiser les paramètres de conception par la résolution de 3 à 4 des équations de la statique. L'influence de l'assiette, par exemple, est usuellement négligée bien que les régatiers en reconnaissent l'importance sur la performance des voiliers de taille modérée. Notre approche est différente ; nous nous intéressons à la conduite de voiliers existants dont les caractéristiques sont connues. De nouveaux paramètres doivent être pris en compte sous peine d'aboutir à des résultats partiels ou erronés. Nous approfondissons la modélisation du comportement dynamique en résolvant le système complet des six équations de la dynamique. Dans un premier temps, nous avons choisi le Bénéteau First Class8. Il a l'avantage d'être largement diffusé et il est fréquemment utilisé en match-racing, comme pour les Internationaux de France. Cela facilite les validations au réel. Par la suite, les mêmes méthodes seront appliquées pour que le simulateur puisse être utilisé avec d'autres bateaux.

## Structure et modularité

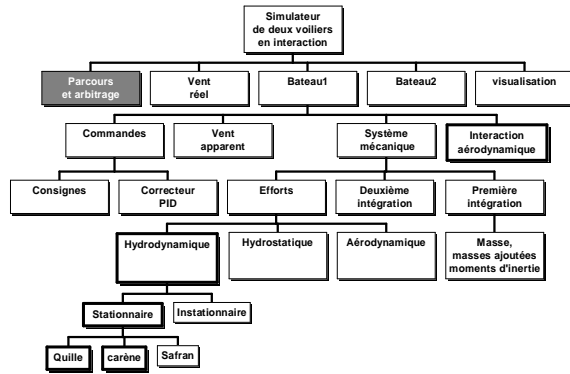


Figure 1 : Structure du simulateur

Nous avons autant que possible tenté de représenter les phénomènes en jeu les plus significatifs. Une structure modulaire est nécessaire pour atteindre cet objectif.. Chaque module doit pouvoir être amélioré indépendamment en fonction des progrès de la modélisation.

Les modules qui ont fait l'objet du travail le plus important et le plus original sont l'hydrodynamique stationnaire avec la modélisation complète du torseur des efforts sur la carène et la quille et l'interaction aérodynamique.

## Le modèle hydrodynamique

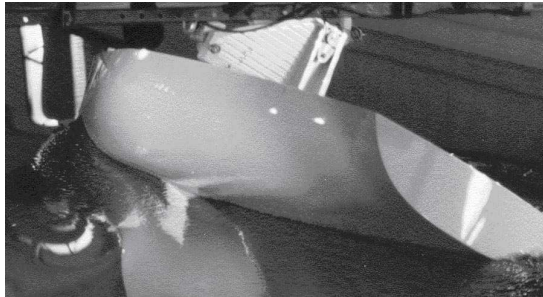


Figure 2 : Essais en bassin

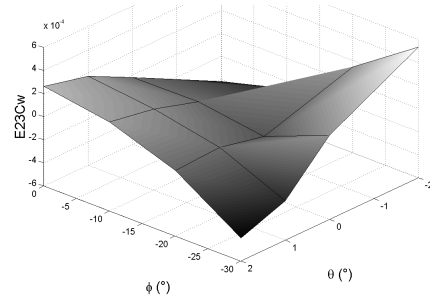


Figure 3 : Modélisation du coefficient de traînée en fonction de la gîte et de l'assiette

L'hydrodynamique stationnaire a été étudiée à partir de campagnes d'essais en bassin d'une maquette du FC8 à l'échelle 1/2,7. La méthode des plans d'expériences a été utilisée pour évaluer l'influence des cinq paramètres d'attitude, de position et de vitesse. Elle permet, tout en réduisant le nombre d'essais, d'obtenir une modélisation simple avec une précision maîtrisée.

## Le modèle aérodynamique

La géométrie et l'écoulement autour des voiles sont beaucoup plus complexes que l'écoulement hydrodynamique. Le nombre de paramètres de réglages des voiles est de l'ordre d'une dizaine et il n'est pas aisé de les piloter séparément dans le simulateur. Nous avons testé l'intégration des outils numériques aujourd'hui disponibles pour nous rendre compte qu'ils posaient des problèmes de convergence dans certaines configurations communément rencontrées en navigation et qu'il était difficile de déterminer un optimum de fonctionnement. La réflexion n'est pas assez avancée pour utiliser des modèles issus de calcul d'écoulement dans le simulateur. Pour l'aérodynamique stationnaire nous utilisons donc des modèles empiriques disponibles dans la littérature[1][4]. Ces modèles sont auto-réglés pour un fonctionnement proche de l'optimum.

## L'interaction aérodynamique

Nous avons porté notre effort sur la détermination d'un phénomène de second ordre à savoir l'interaction aérodynamique. Cela peut paraître paradoxal mais ce phénomène s'avère crucial en match racing car il permet de faire la différence entre équipages. L'interaction est résolue par un système bouclé. L'écoulement incident sur un voilier dépend de la traînée, de la portance de son adversaire et de la position relative des deux voiliers. L'influence de la portance est représentée par l'action de deux tourbillons en fer à cheval qui sont placés au niveau des mâts des bateaux. L'influence de la traînée est représentée par deux modèles de sillage plan auto-préservé.

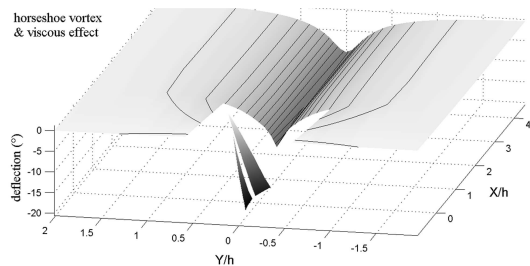


Figure 4 : Modèle pour l'interaction aérodynamique

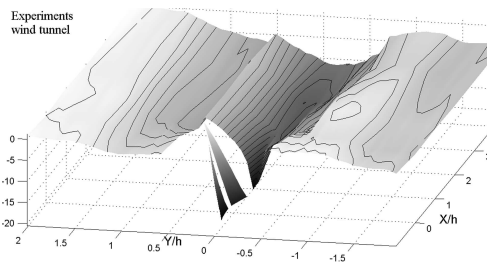


Figure 5 : Mesure de la déflexion des lignes de courant autour d'un voilier

## Perspectives

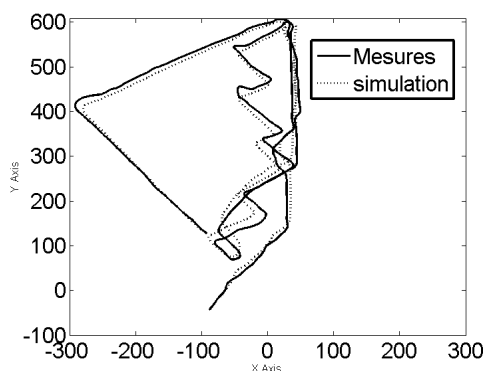


Figure 6 : validation du simulateur par des mesures aux réel

Certains modules qui semblent moins importants sont actuellement issus de modèles simples disponibles dans la littérature. C'est le cas par exemple de l'action des vagues représentée par un modèle IMS qui se traduit par une modification de la traînée moyenne. Parmi les autres modèles à améliorer figure le modèle de manœuvrabilité, en particulier les influences des vitesses de rotation et des accélérations sur les efforts hydrodynamique et aérodynamique. La sensibilité du simulateur et du comportement dynamique doit être évaluée vis-à-vis de ces phénomènes pour déterminer les modélisations à perfectionner en priorité. Nous envisageons de développer le simulateur comme un moyen d'échange entre les différents acteurs

scientifiques et sportifs. Les modélisations profiteront des progrès de la recherche numérique et expérimentale. Le simulateur intégrera les progrès dans la modélisation fine du vent[2]. Enfin, une collaboration avec L'Ecole Nationale de Voile, L'IUT de Nantes et les sociétés Thales et Cadden a permis de réaliser des essais en mer, incontournables pour valider le simulateur[3]. La figure 6 montre une première comparaison assez satisfaisante entre une trace mesurée par GPS lors des Internationaux de France et la simulation. L'écart entre mesure et simulation est en tout point inférieure à l'incertitude de mesure. Les nouvelles données issues de campagnes de mesures nous permettent aujourd'hui d'étudier la pertinence des différents types de modélisation. Une interface graphique est actuellement à l'étude pour répondre aux premiers objectifs du projet et conserver une approche pratique. Elle permettra de passer de l'outil scientifique à une application directement utilisable par le sportif et l'entraîneur.

## Bibliographie

- [1] Claughton A., "Developments in the IMS VPP Formulations". Presented at The Fourteenth Chesapeake sailing yacht symposium, Annapolis, Maryland, January 30, 1999, pp. 1-20.
- [2] Herlédant Olivier, Calmet Isabelle. "Simulations numériques du vent sur le plan d'eau de Quiberon en vue d'une exploitation des résultats par les régatiers". 1<sup>er</sup> Colloque Sport et Recherche en Pays de la Loire. 23-24 mars 2005.
- [3] Iachkine Paul et al. « Une chaîne de mesure permettant de caractériser la performance en voile ». 1<sup>er</sup> Colloque Sport et Recherche en Pays de la Loire. 23-24 mars 2005.
- [4] Myers Hugo A., IBM Federal System Division, Gaithersburg, Maryland. "Theory of sailing applied to ocean racing yachts", Marine Technology, Vol. 12 number 3, p.223-242, 07/1975.
- [5] Nivelteau V. et F., "Sillage aérodynamique du voilier Cartographie générale du sillage Etude locale (girouette) interaction de deux voiliers". St Cyr l'Ecole, Août-Septembre 1994.
- [6] Roncin K, Kobus J.M. Dynamic simulation of two sailing boats in match-racing. In: Sports Engineering. 2005 (à paraître).
- [7] RONCIN K. Simulation dynamique de la navigation de deux voiliers en interaction. Thèse de Doctorat. Laboratoire de Mécanique des Fluides, ECN, juillet, n° ED : 0367-47. 2002.