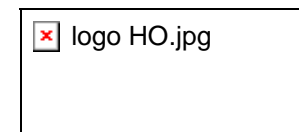


Projet Optiperf : les ressources du calcul parallèle à destination des architectes navals

Pierre-Michel Guilcher, Olivier Payen, Aurélien Drouet, Erwan Jacquin



Plan de l'exposé




- **Contexte général**
- **Définition du projet**
- **Validation Essais/Numérique**
- **Base de données**
- **Logiciel**
- **Conclusions/perspectives**

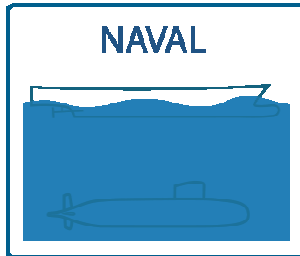
HydrOcean

- Une société spinoff du Laboratoire de Mécanique des Fluides (ECN/CNRS) créée en juillet 2007
 - Volonté de valoriser les outils de simulation numériques du LMF dans le domaine maritime
 - Arrivée à maturité pour de nombreuses applications, fonctionnalités uniques, industriels demandeurs
 - Partenariat fort permettant le transfert vers l'industrie des outils de simulation les plus évolués, gage de précision et de rapidité
- Société de service
 - Etudes industrielles
 - R&D
 - Projets collaboratifs
 - Distribution de licences
- Equipe d'une vingtaine d'ingénieurs
 - Double compétence simulation numérique / ingénierie maritime
 - Dix docteurs ou doctorants participant au développement de nos outils de simulation
- Des outils de simulation et des moyens de calculs
 - Gamme d'outils couvrant toutes les méthodes numériques
 - Des moyens de calculs internes et externes de l'ordre de 2000 coeurs

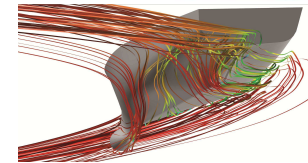


 logo HO.jpg

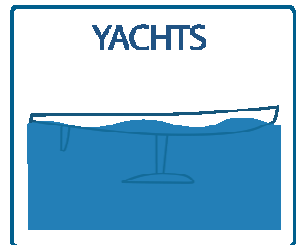
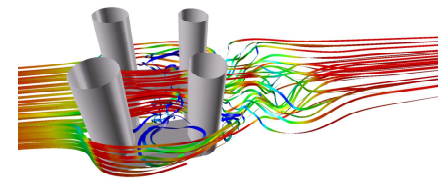
Secteurs d'expertise



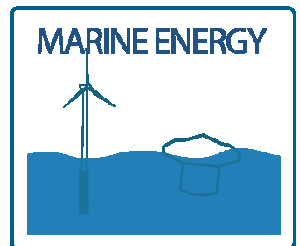
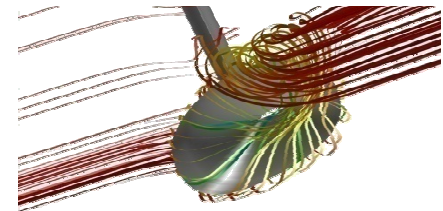
- Complément aux essais sur modèles
- Réduction en terme de délais et coût d'étude
- Evaluation de formes choisie et identification de problèmes
- Amélioration des performances/ Réduction de la consommation



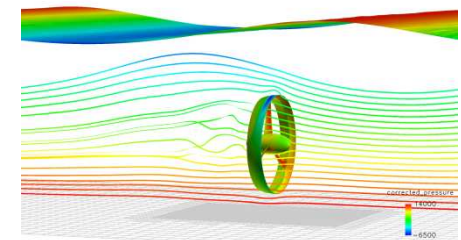
- Complément aux essais sur modèles
- Simulation à échelle réelle
- Simulation de conditions complexes non reproductibles en bassin



- Complément/remplacement des essais sur modèles
- Rapidité et précision pour projets qui demande de la réactivité
- Optimisation numérique coque/voile/ appendices
- Torseur hydro/aéro pour prédiction des performances

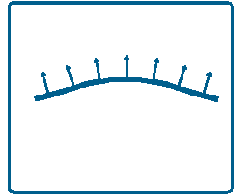


- Optimisation des systèmes : hydrolienne/ houlomoteur
- Prédiction efforts hydrodynamiques
- Prédiction énergies
- Matrice courant/vagues



logo HO.jpg

Codes de calcul



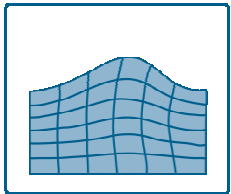
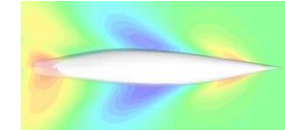
Potential

REVA
AQUA+

Codes de calculs potentiels extrêmement rapides

- Résistance à l'avancement
- Champ de vague d'un navire

- Masses ajoutées
- Efforts et mouvements sur houle



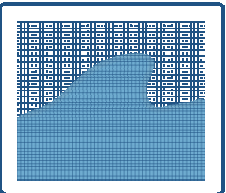
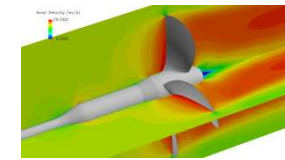
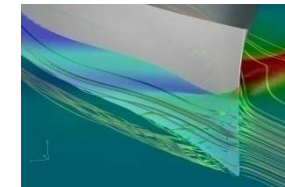
RANSE Def. Mesh

ICARE
VOF-flow
Isis-CFD
StarCCM+

Codes de calculs Navier-Stokes avec surface libre précis et robustes pour de nombreuses applications

- Résistance à l'avancement
- Résistance ajoutée sur houle
- Coefficients de manoeuvrabilité
- Manoeuvrabilité instationnaire
- Tenue à la mer
- Coefficients d'amortissement

- Calculs d'hélices en eau libre
- Autopropulsion par champ de force
- Autopropulsion avec propulseur tournant
- Optimisation de formes de carènes
- Optimisation de propulseurs



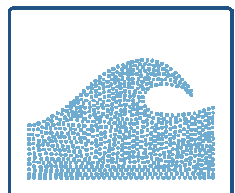
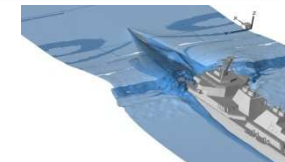
RANSE VOF

SPH-flow

Code de calcul particulière pour les applications les plus complexes

- Impact
- Slamming
- Green Water
- Couplage fluide / structure

- Dynamique rapide
- Ecoulements multiphasiques
- Géométries et topologies complexes

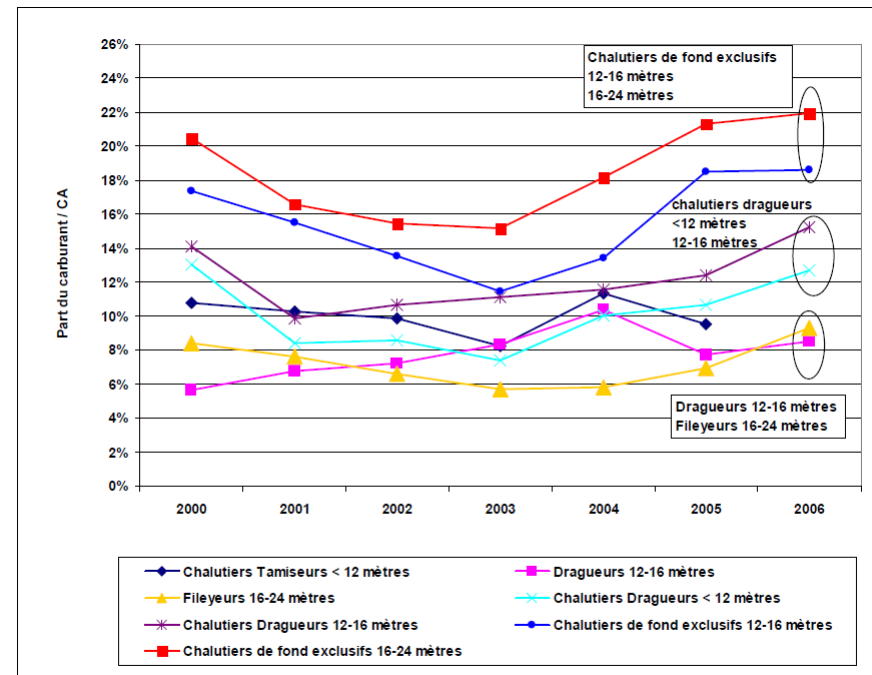
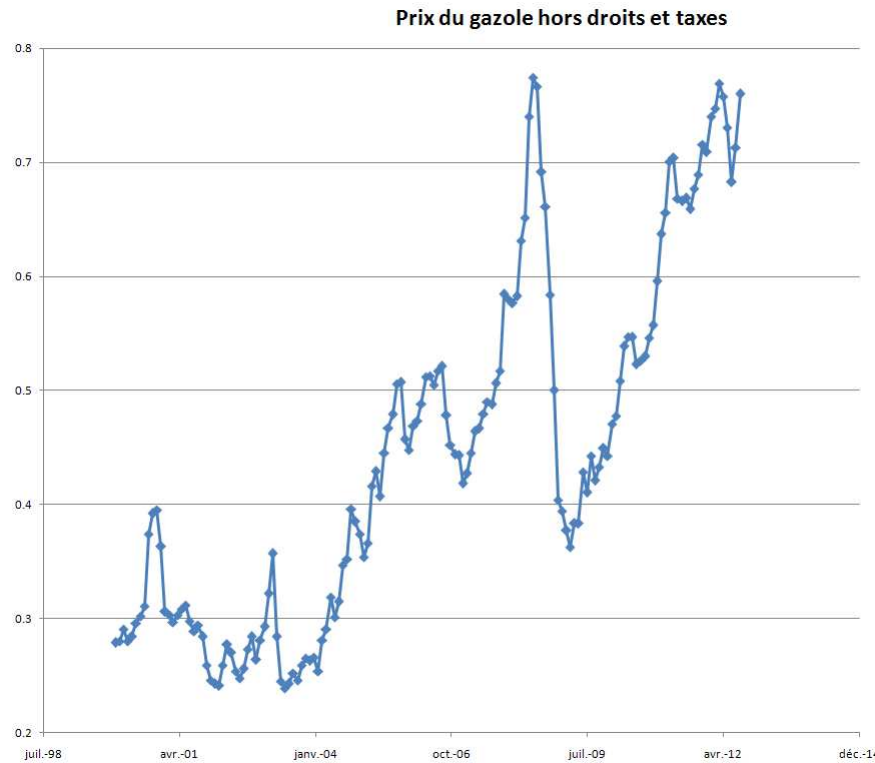


Particles

logo HO.jpg

Contexte général

■ La fin du carburant peu cher



Source : Ifremer – SIH

- Envolée du prix du gasoil depuis 10 ans
- Impact non négligeable sur le CA des structures de pêche

logo HO.jpg

Contexte général

■ Flotte vieillissante

- Moyenne d'âge 20 ans
- Formes ventrues
- Exploitation maximale de la jauge
- Peu d'optimisation hydrodynamique (bulbe standard, etc)



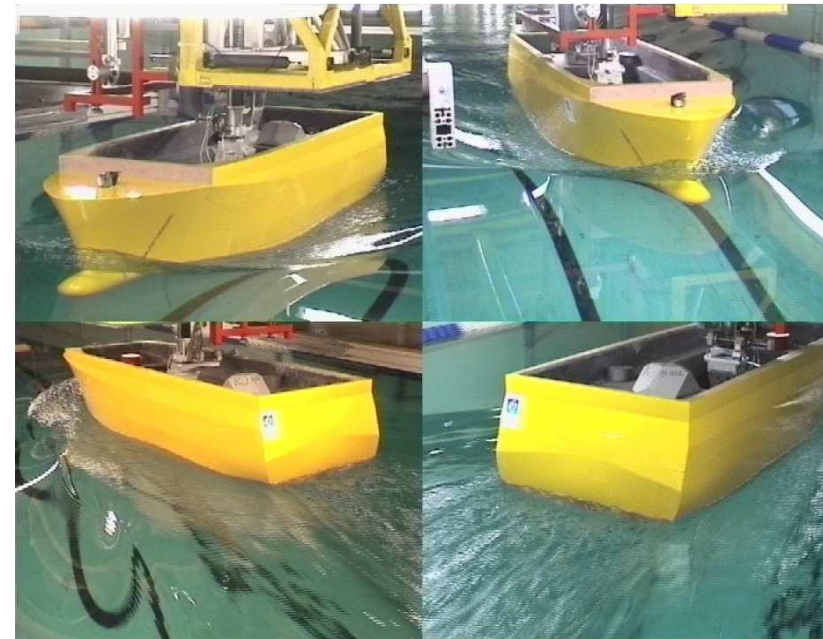
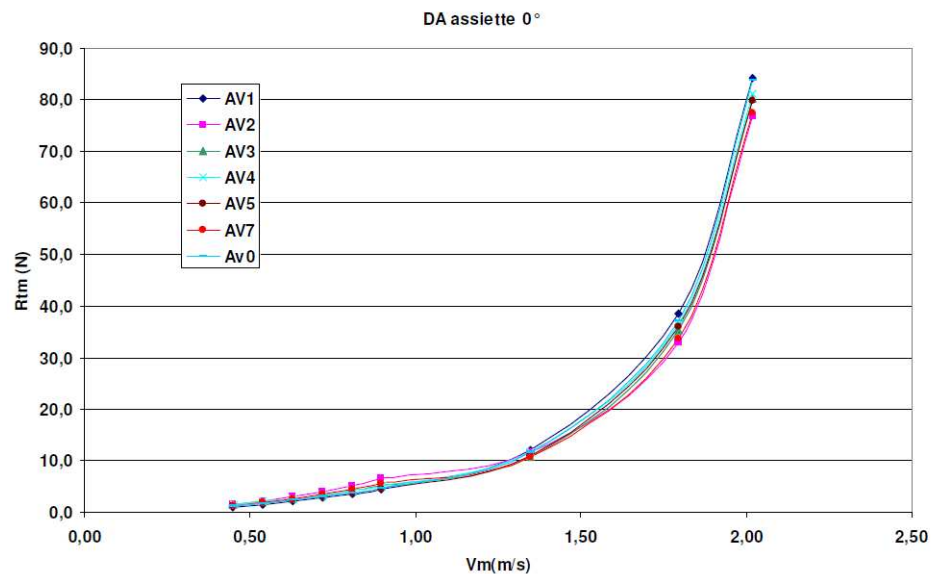
Besoin d'amélioration des performances hydrodynamiques

logo HO.jpg

Contexte général

■ Essais en Bassin de Traction

- Résistance à l'avancement : résistance opposée par le fluide lorsque le navire avance



- Optimisation d'une carène : modifier la carène pour réduire la résistance, et donc la consommation

logo HO.jpg

Contexte général


■ Difficultés de prédiction de performances hydrodynamiques

● Calculs CFD hors de portée des architectes navals

- ★ Temps humain
- ★ Temps et coût de calcul
- ★ Expertise
- ★ Sous-traitance en regard du budget global du projet

● Formules de régression

- ★ Basées principalement sur un faible nombre de navires type cargos
- ★ Pb de l'application aux navires de pêche
- ★ Flottes anciennes (40 ans)
- ★ Estimation grossière de la propulsion nécessaire (+/- 30%)
- ★ Validité en relatif ? (possibilité réelle d'optimisation ?)


 logo HO.jpg

Définition du problème

Mettre à disposition des architectes navals une estimation rapide et précise des performances hydrodynamiques des navires de pêche

Faire le lien :

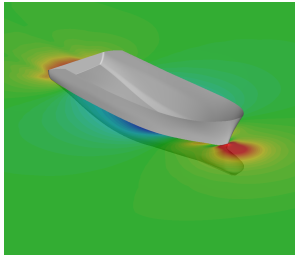
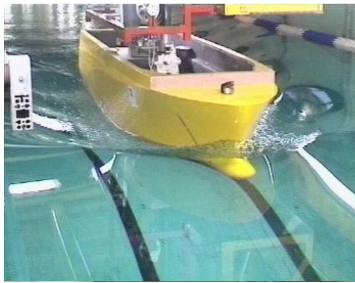
- Calculs CFD (précision)
- formule de régression (rapidité d'utilisation)
- interface graphique (facilité d'utilisation)

 logo HO.jpg

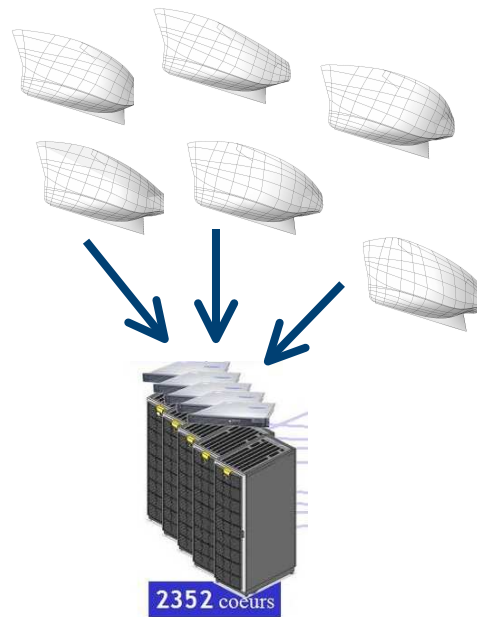
Définition du problème

■ Déroulement

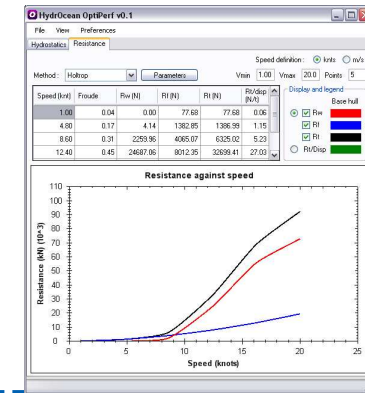
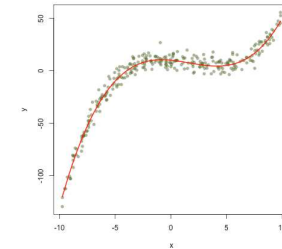
validation



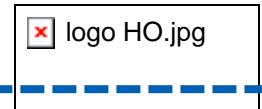
Base de données



Logiciel

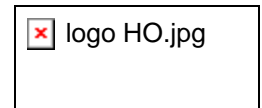


Optimisation



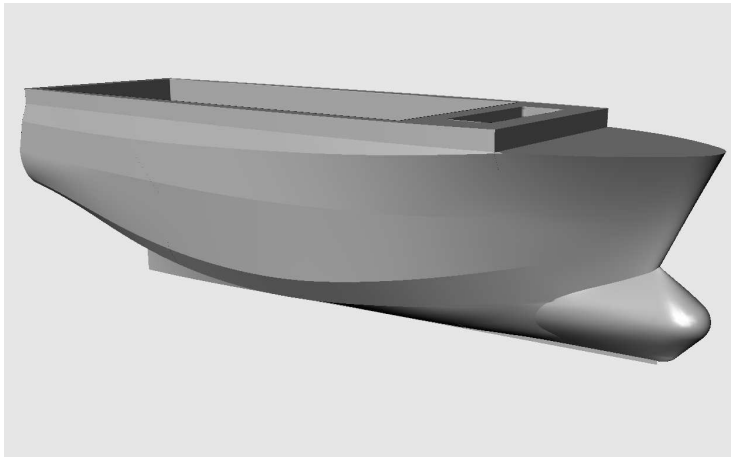


VALIDATION



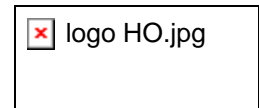
Validation

- **Essais en Bassin de Traction (ECN)**
 - Une forme de référence, représentative



Avant et arrière démontables

- Objectif : validation sur une forme actuelle

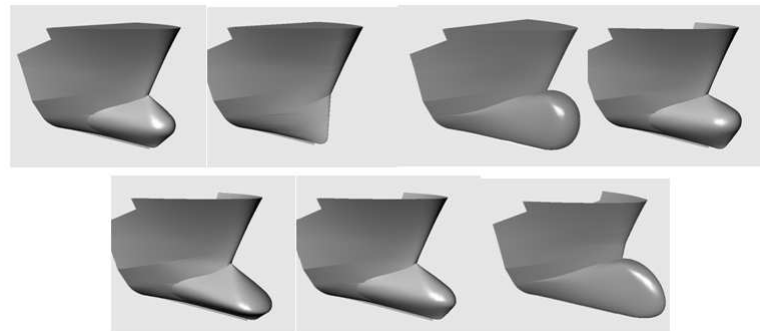


Validation

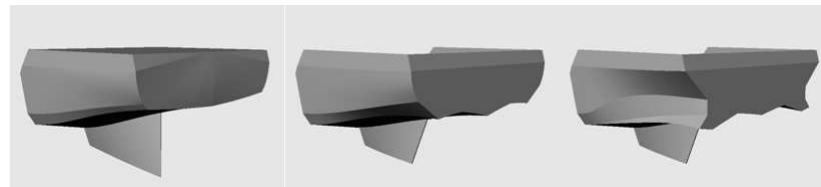


- **Essais en Bassin de Traction (ECN)**

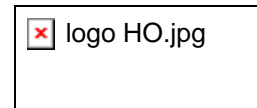
- Variations forme avant



- Variations forme arrière



- Objectif : validation sur des variations de forme

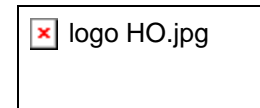


Validation

- **Essais en Bassin de Traction (ECN)**
 - Enregistrements vidéos



- Maquette instrumentée (résistance, enfoncement, assiette)
- Tests de reproductibilité



Conditions d'essais



- **modèle**

- ★ Eau douce
- ★ Échelle 1/10

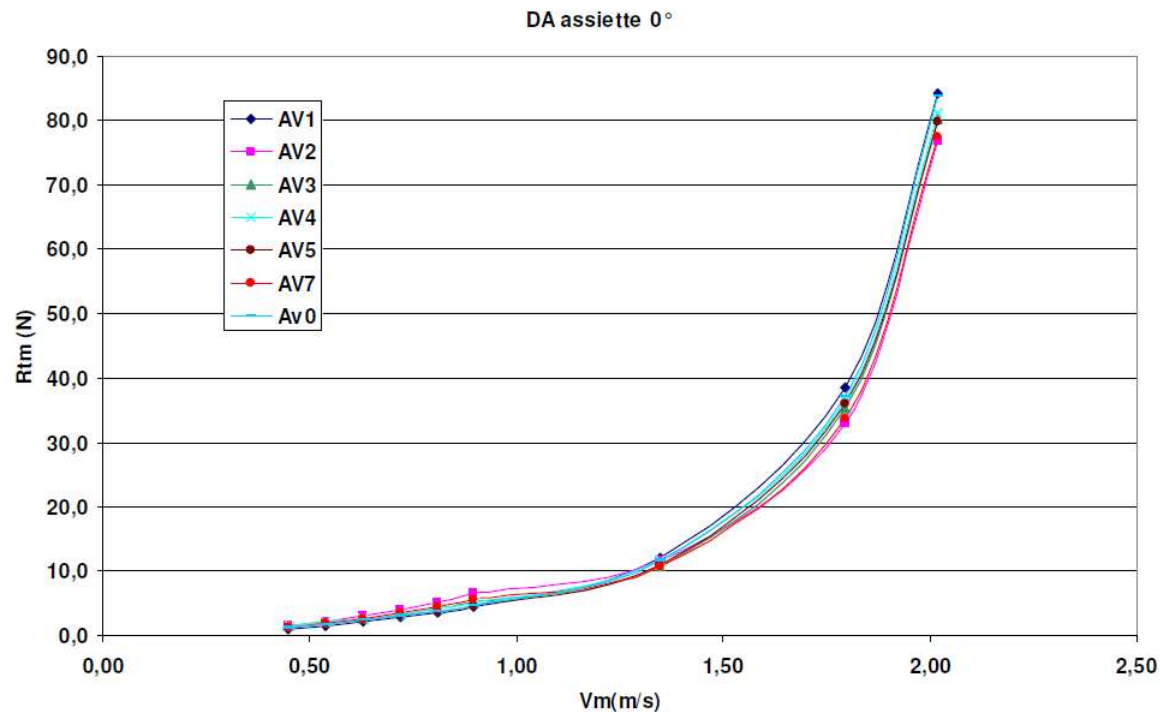
- **Matrice d'essais**

- ★ Variations de forme
- ★ Variations de déplacement (160, 190 et 210 T)
- ★ Variations d'assiette (-1°, 0°, 1° et 2.5°)
- ★ Nombre de Froude compris entre 0.1 et 0.45 (3 à 13 nd)
- ★ 500 runs

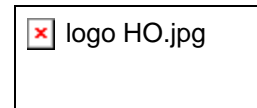
Validation



- **Essais en Bassin de Traction (ECN)**
 - Exemple de résultat (résistance)



- Création d'une base de données expérimentale à disposition du public



Validation

■ Code de calcul Icare

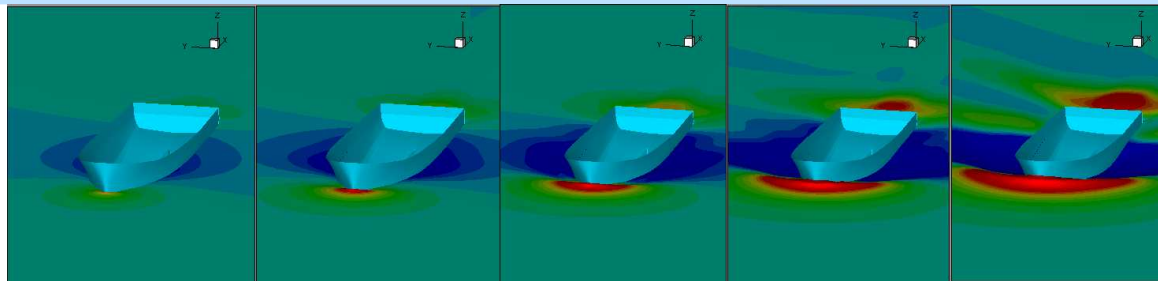
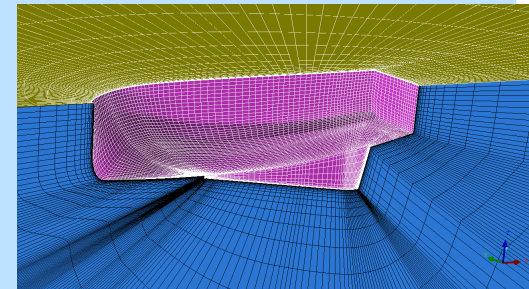
- Outil validé sur de nombreuses d'applications dans le domaine naval
- Développement conjoint ECN/HydrOcean
- Capacités actuelles :

Différences finies

Monobloc

Surface libre par déformation de maillage

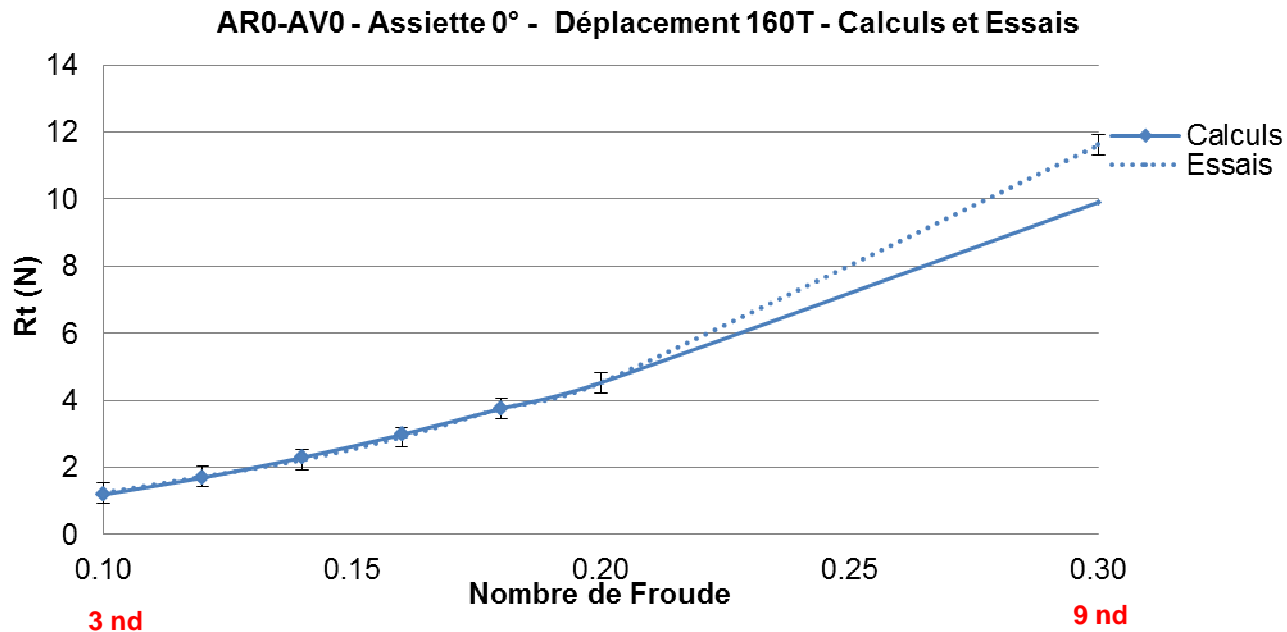
Navier-Stokes (RANS)



logo HO.jpg

Exemple de comparaison calcul/essai

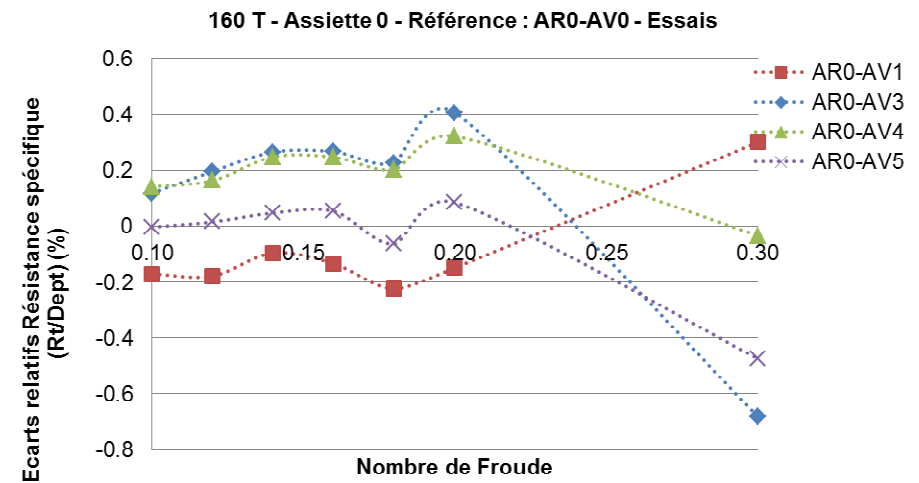
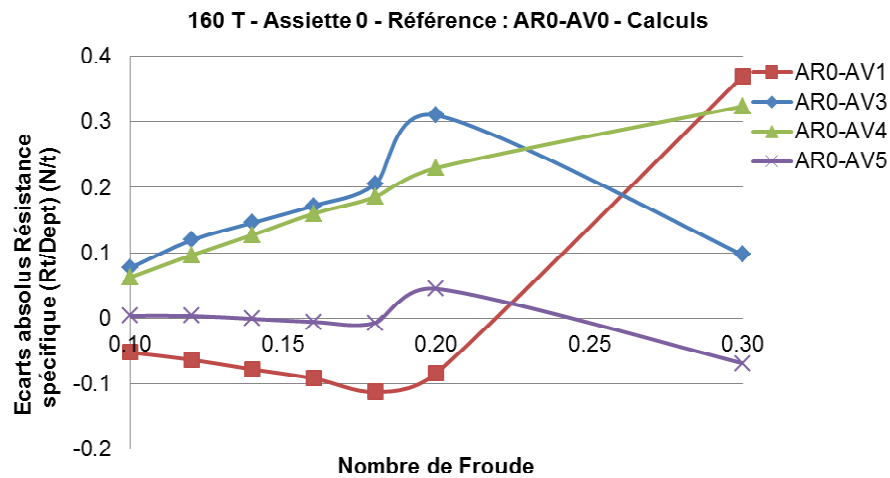
■ Résistance totale



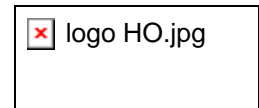
- Très bon accord avec les essais pour une gamme de vitesse 3-6 nds
- Légère déviation à grande vitesse (non prise en compte du déferlement)

Validation

■ Comparaison Expérimental/Numérique

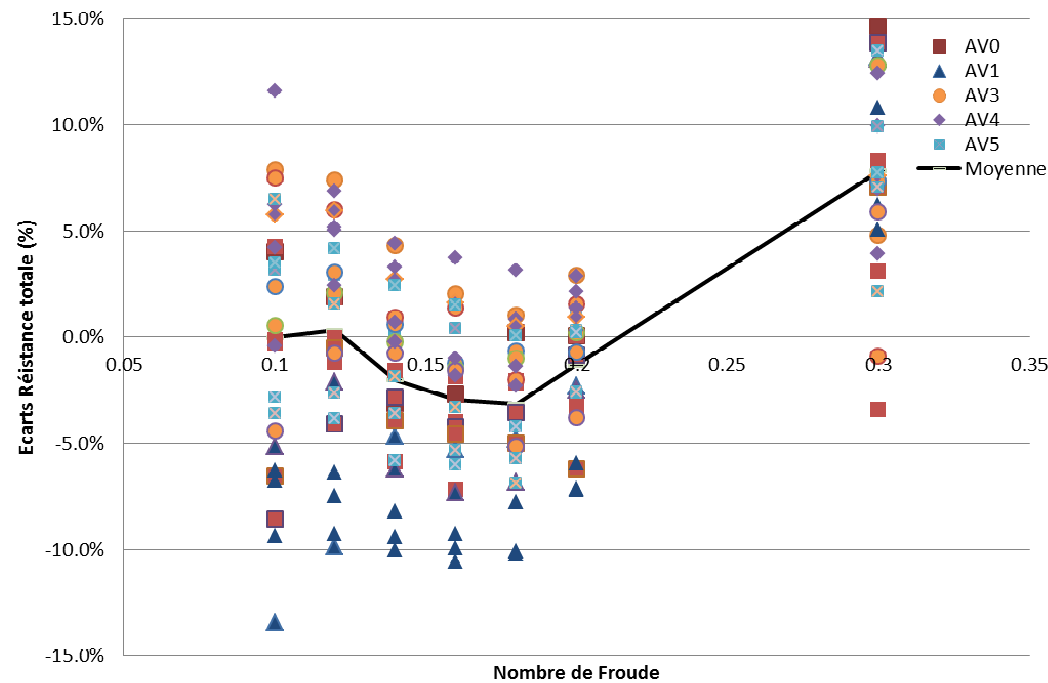


- Très bonne capture des différences entre carènes



Validation

■ Comparaison Expérimental/Numérique



Nombre de Froude	Ecart relatif Résistance Totale (%)			
	Avants		Arrières	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
0.1	5.2%	3.3%	5.9%	5.3%
0.12	4.0%	2.7%	3.1%	2.1%
0.14	3.5%	2.8%	5.0%	2.1%
0.16	3.9%	2.9%	5.6%	2.5%
0.18	3.6%	2.9%	4.9%	2.6%
0.2	2.4%	2.1%	4.1%	4.7%
0.3	8.1%	4.0%	8.8%	4.2%

★ Écarts de l'ordre de 4% sur les formes avant, pour un nombre de Froude ≤ 0.2

★ Écarts de l'ordre de 5% sur les formes arrière, pour un nombre de Froude ≤ 0.2

logo HO.jpg

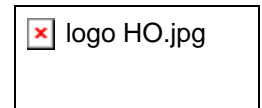
Conclusions sur la validation numérique



- **Ecart numérique/essai de l'ordre de 4 à 5% en moyenne**
- **Origine des écarts :**
 - ★ Modélisation du déferlement à grand nombre de Froude
 - ★ Incertitudes essais et calcul
- **ICARE classe correctement toutes les variations (forme, assiette, déplacement)**
- **Validation du code de calcul sur ce type de carène**



BASE DE DONNEES



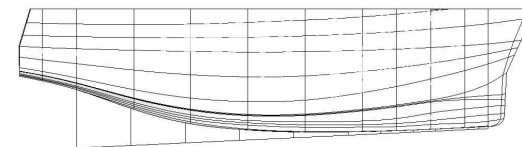
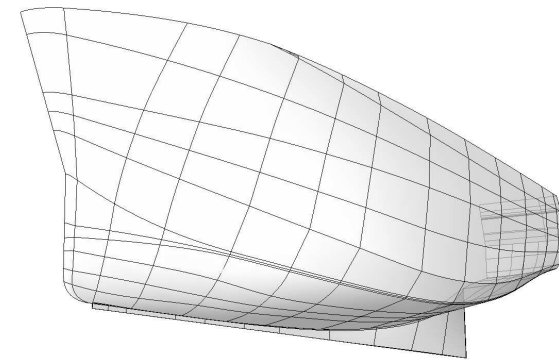
Base de données



■ Déformations

● Objectifs

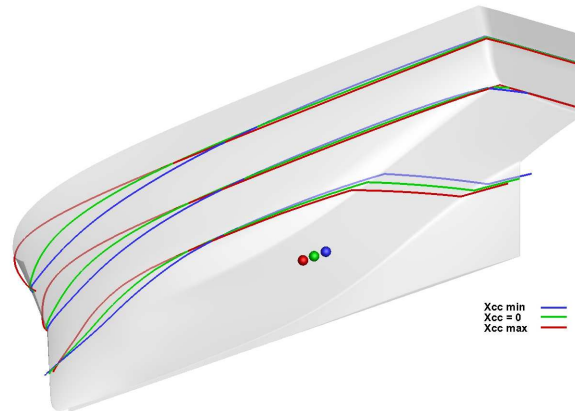
- ★ génération de centaines de carènes
- ★ Couvrir un spectre large de formes
- ★ Alimenter la base de données
- ★ Carènes pas forcément optimales



Base de données

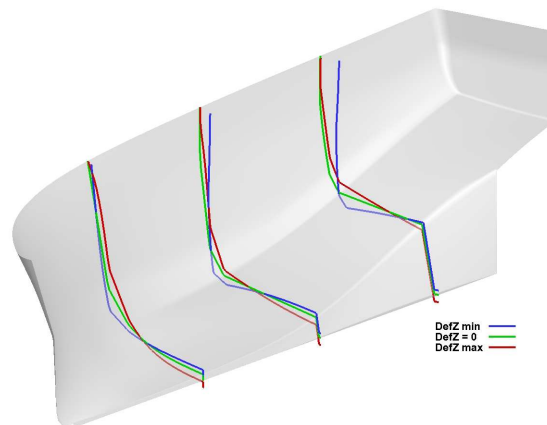


■ Position centre de carène

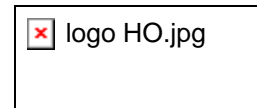


=> Déplacer le volume sur l'avant/arrière

■ Sections Z



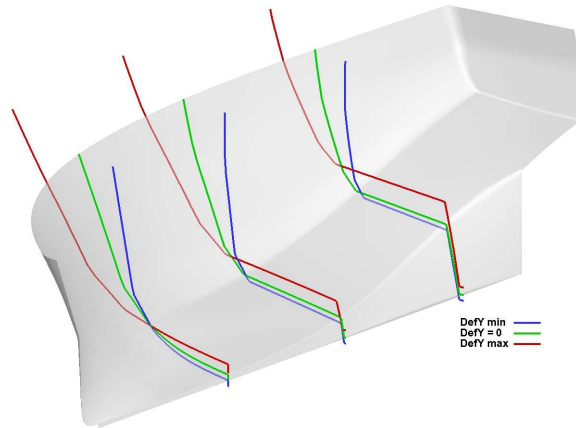
=> Déplacer le volume vers le haut/bas



Base de données

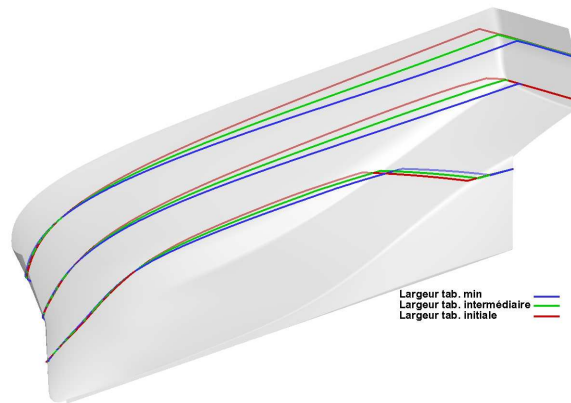


■ Sections Y

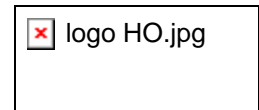


=> Déplacer le volume au centre/côtés

■ Tableau arrière



=> Affiner/élargir l'arrière du navire



Base de données

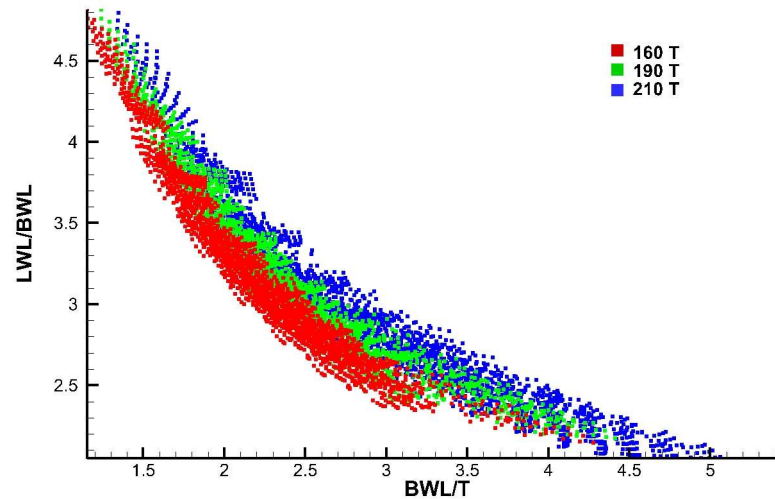
■ Base de données de type 'factorielle'

- Combinaison de toutes les déformations

Déformation	nombre
Xcc	5
Xcc arrière	3
Volume Z	5
Volume Y	5
Tableau arrière	3
Longueur	2

$5 \times 3 \times 5 \times 5 \times 3 \times 2 = 2250$ carènes par déplacement

- Au total : 6750 carènes

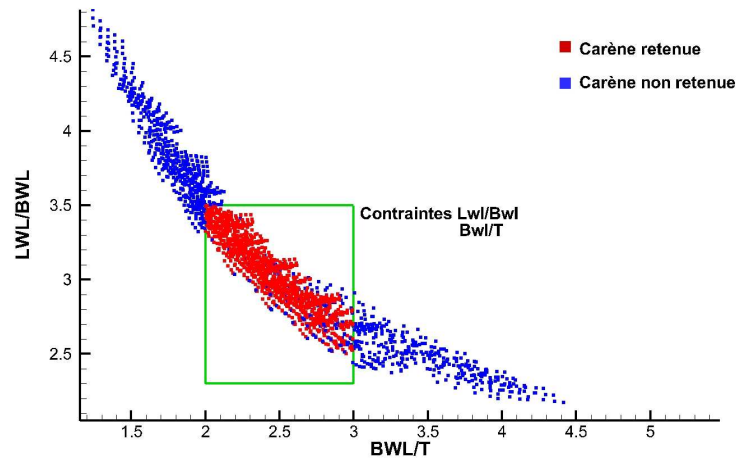


logo HO.jpg

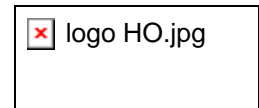
Base de données

■ Critères d'admissibilité

- Fournis par le Bureau Mauric (architecture navale)
 - ★ Ratio longueur/largeur
 - ★ Ratio largeur/Tirant d'eau
 - ★ Block coefficient (indicateur de remplissage de la carène)
 - ★ ...



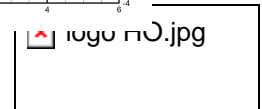
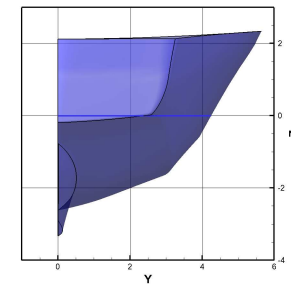
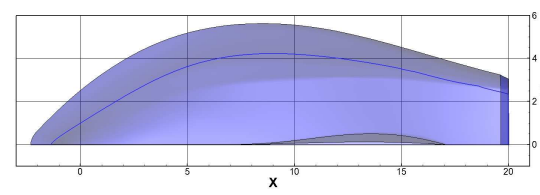
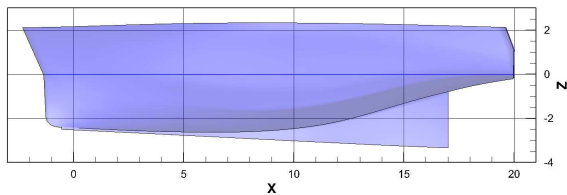
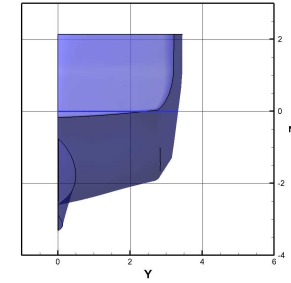
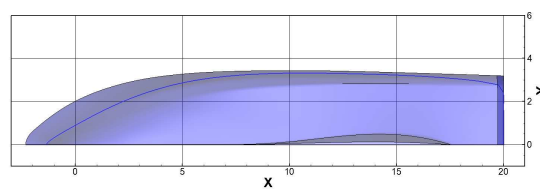
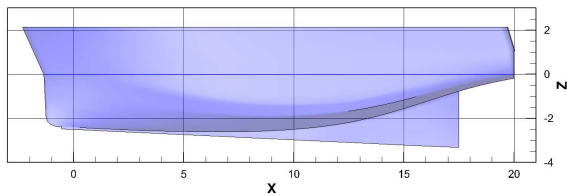
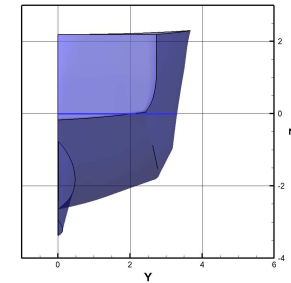
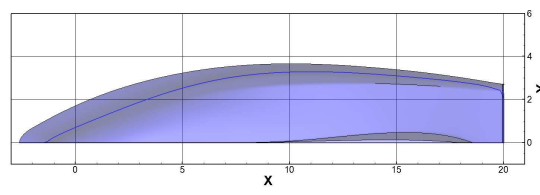
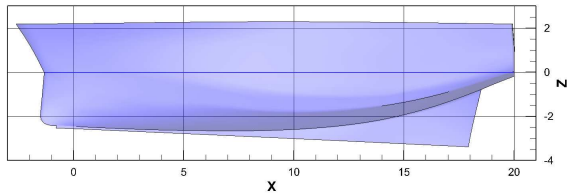
★ 3393 carènes retenues



Base de données



- Quelques exemples de carènes...



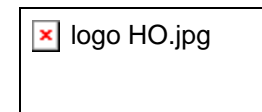
Base de données



- **Calculs sur cluster Caparmor de l'Ifremer**

Cas de chargement	Nombre de carènes	Nombre de Froude	Nombre de calculs
160 T	807	10	8 070
190 T	1226	10	12 260
210 T	1365	10	13 650
		Total	= 33 980

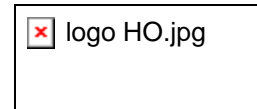
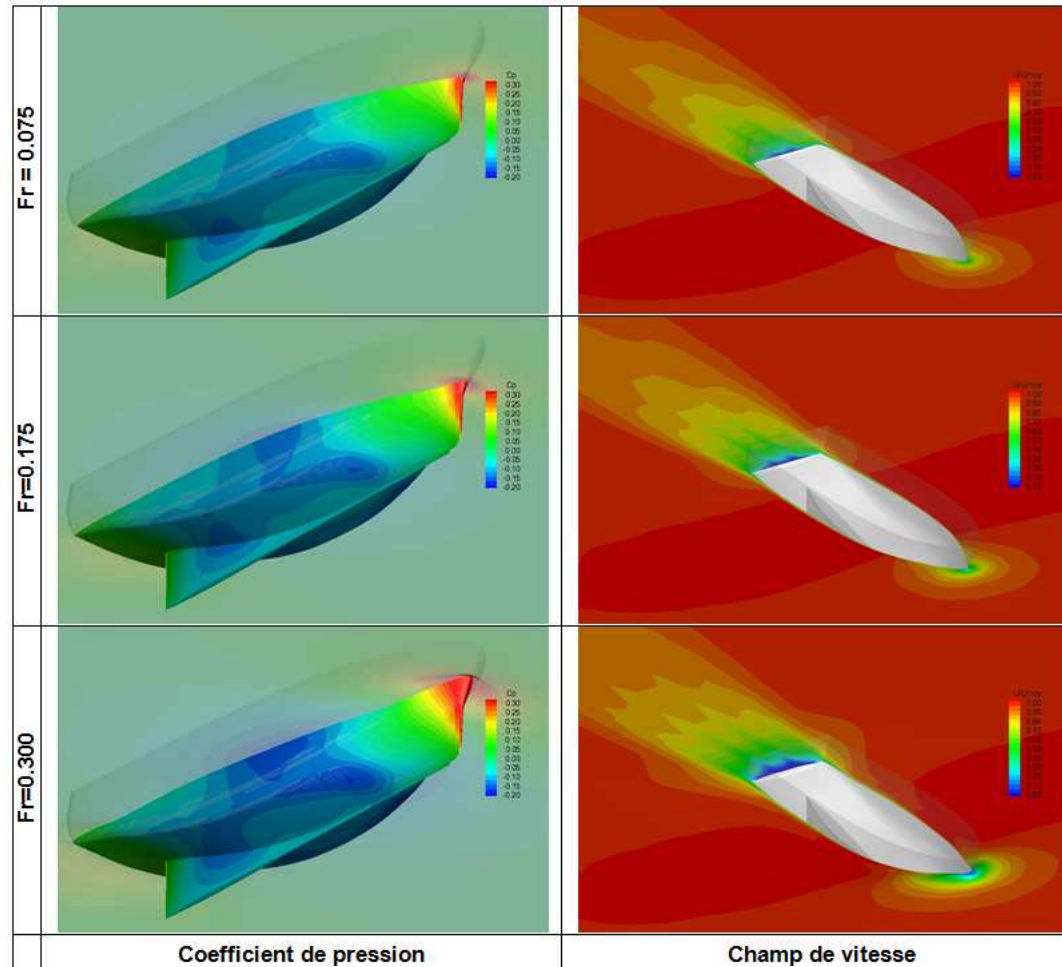
Temps CPU pour évaluer 1 carène pour 1 nombre de Froude	Temps CPU pour évaluer 1 carène sur toute la gamme de Froude	Temps CPU pour évaluer 3398 carènes sur toute la gamme de Froude
100 minutes	100 min x 10 Froudes = 1000 minutes = 16.66 heures	16.66 heures x 3398 carènes = 56633 heures = 2360 jours



Base de données



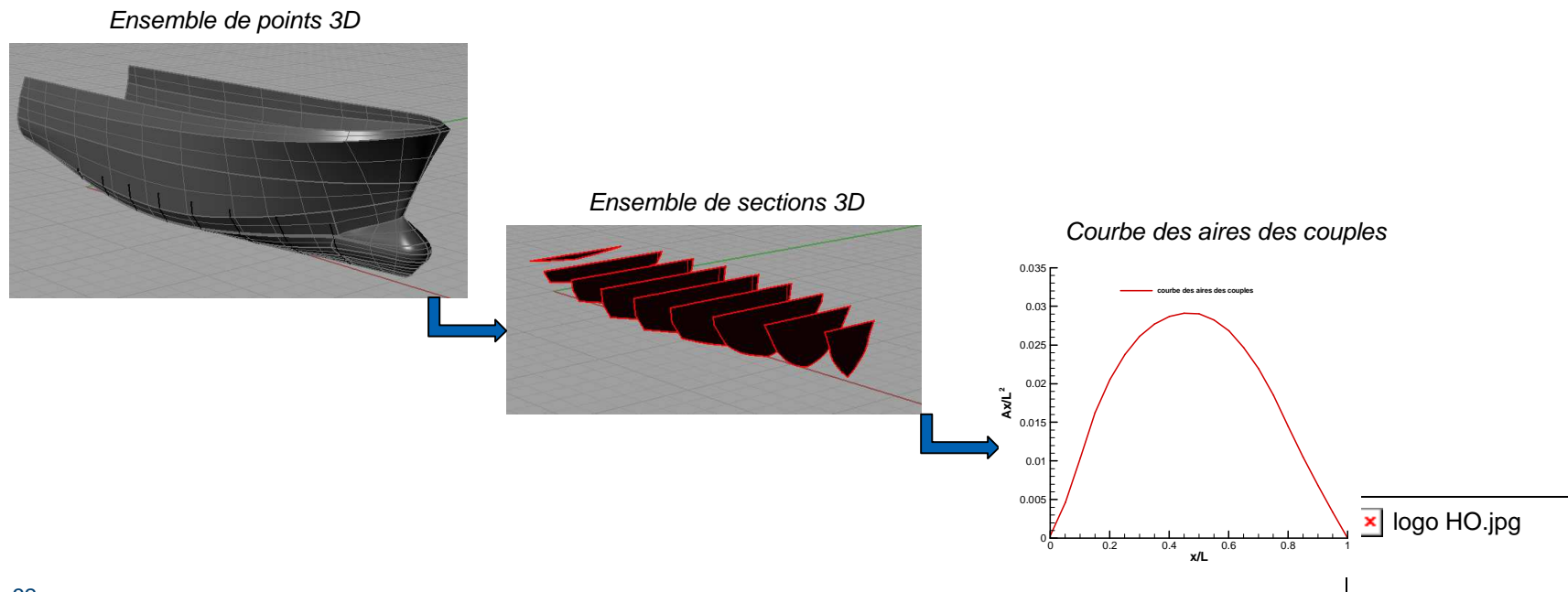
- Exemples de résultats de calcul



Base de données

■ Principe de la formule de régression

- État de l'art : quelques paramètres comme Longueur, Largeur, Tirant d'eau, déplacement (existant de l'époque)
- Tirer partie des moyens actuels
- Enrichir la description géométrique des carènes

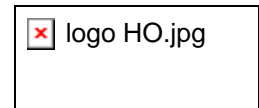


Base de données



▪ Autres indicateurs de précision

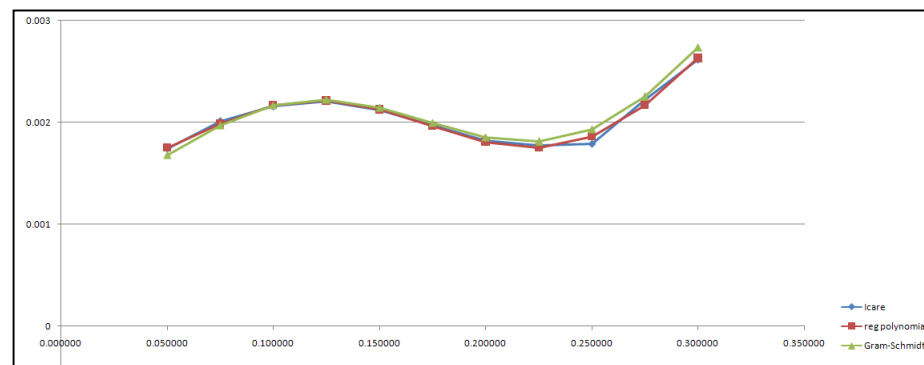
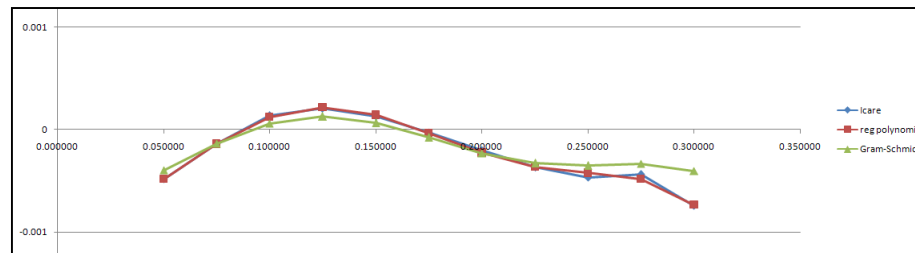
- Classement correct = 97.3%
- Erreur moyenne sur les écarts de résistance = 11%
- Erreur moyenne sur la résistance = 1.3%



Base de données

■ Formule de régression

- Établie sur l'ensemble des carènes calculées par CFD
- Résultats préliminaires sur 100 carènes



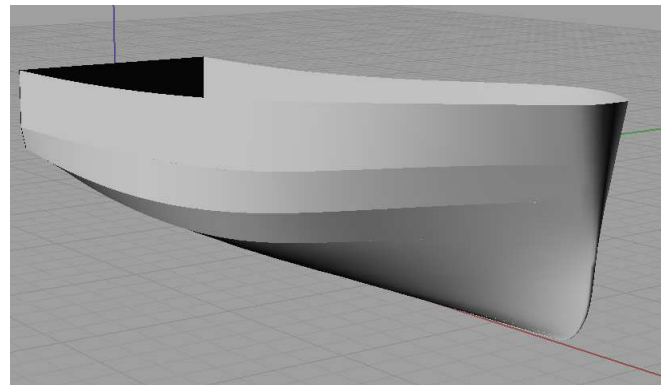
logo HO.jpg

Base de données



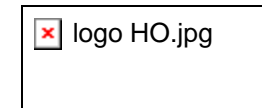
■ **Forme**

- N'appartient pas à la base de données de formes



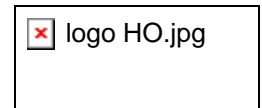
Froude	Rt Expé (kN)	Rt Holtrop (kN)	écart	Rt Optiperf (kN)	Écart
0.2			-33.8%		5.7%
0.25			-37.3%		0.2%

- Prédiction correcte de la résistance





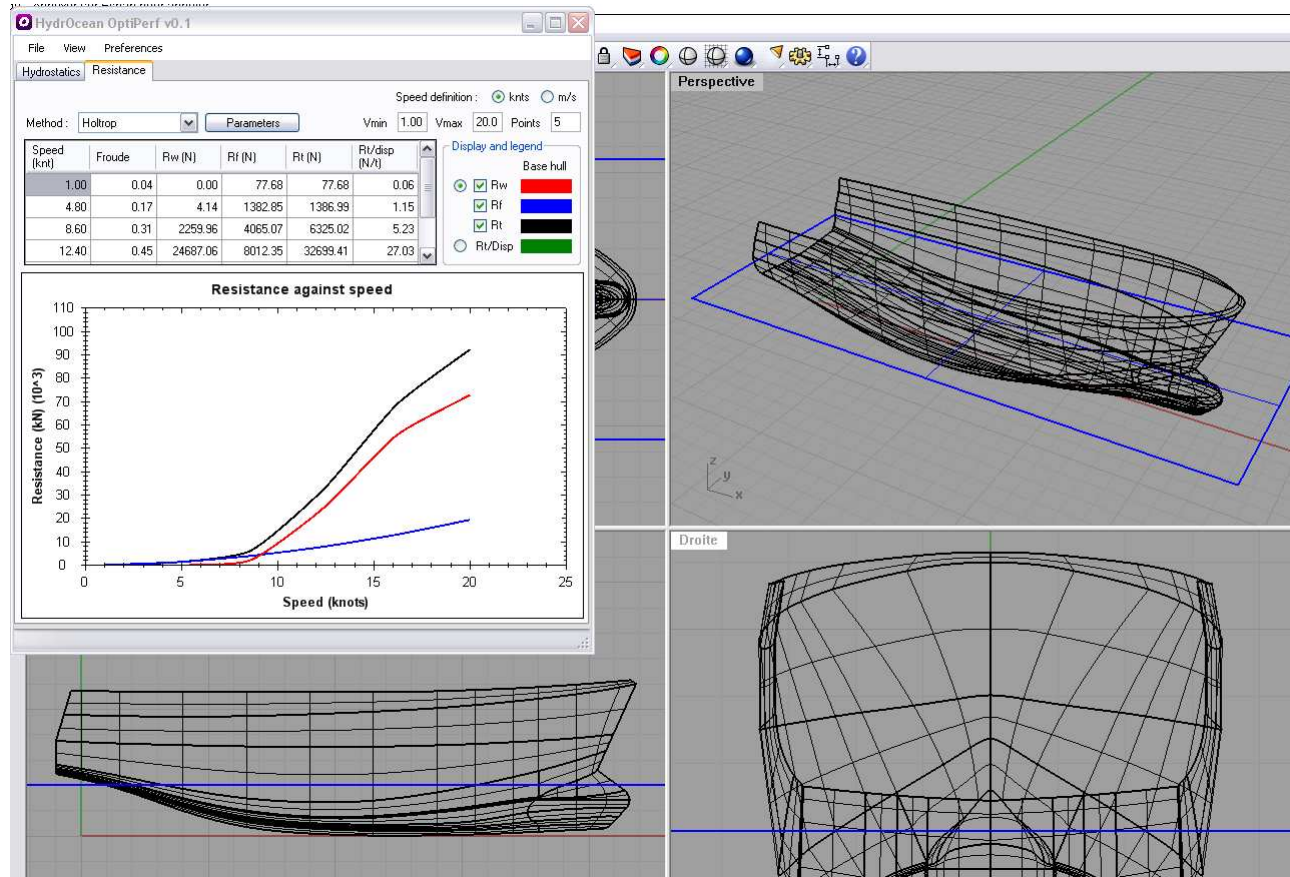
LOGICIEL



Expertise in Marine Hydrodynamics

Logiciel

■ Plug-in Rhinoceros



logo HO.jpg

Conclusions/perspectives

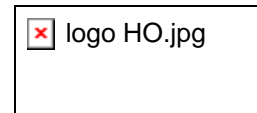


■ Réponse technique adaptée

- Base de données expérimentale
- Code de calcul validé par rapport aux essais
- Formule de régression conforme aux attentes (<1.5% de la CFD)
- Plug-in Rhino
- Montée en expertise

■ Bel exemple de synergie des moyens de recherche à destination de l'industrie

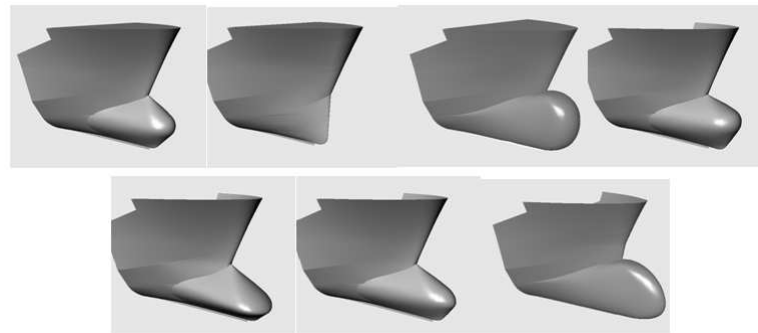
- Ifremer : moyens de calcul
- HydrOcean : régression, modeleur de carène et codes de calcul hydrodynamique navale
- Bureau Mauric : formes de carène et expertise
- Architectes navals



logo HO.jpg

Perspectives

- **Distribution auprès des architectes navals**
 - Première boucle de validation avec partenaire Bureau Mauric
 - Dissémination auprès des cabinets français
- **Prendre en compte l'effet du bulbe à l'avant des navires, dans la base de données**



- **Améliorer les prédictions à haute vitesse**

logo HO.jpg