

2èmes JOURNEES DE L'HYDRODYNAMIQUE

13 au 15 Février 1989 - Nantes

OPTIMISATION DE LA RESISTANCE DE VAGUES DE CARENES SEMI-SUBMERSIBLES

J.J. MAISONNEUVE
SIREHNA

J.C. NAHON
Bureau d'Etudes MAURIC

Un navire semi-submersible trimaran a été conçu dans le cadre du projet ARGO pour tenter de résoudre certains problèmes rencontrés sur les SWATH* classiques. Des premiers essais en bassin ont mis en évidence une traînée élevée due en grande partie à la résistance de vagues de chaque coque. Afin de tester de nouvelles formes susceptibles d'être meilleures, l'outil informatique a été choisi plutôt qu'une campagne d'essais longue et coûteuse. Le code de calcul de résistance de vagues REVA a donc été utilisé pour calculer, outre la résistance de vagues, les répartitions de pressions et les lignes de courant sur les carènes de façon à permettre une meilleure compréhension de l'écoulement et à en déduire des formes performantes.

In order to try to solve some problems encountered on classical SWATH*, a semi-submersible trimaran has been imagined. This project is called ARGO. Towing tests have been performed which have displayed a great wave resistance on each hull. Computer tools have then be chosen to test other hull shapes, rather than long and expensive towing tests series. The wave resistance code REVA has been used to compute, not only the wave resistance, but also pressure distribution and streamlines on the hulls to get a better understanding of the flow, and to deduce better hull shapes.

* Small Waterplane Area Twin Hull

I - INTRODUCTION

Les navires semi-submersibles, lointains dérivés des plates-formes semi-submersibles, posent à l'architecte naval de délicats problèmes de conception hydrodynamique. L'absence d'expérience préalable, la multiplicité des degrés de liberté dans les choix architecturaux et d'autres facteurs, rendent inefficaces ou même inapplicables les outils conventionnels. L'utilisation des méthodes numériques les plus récentes est la seule voie permettant à la fois de balayer un vaste champ d'hypothèses et de traiter le problème hydrodynamique dans toute sa complexité.

Le projet ARGO d'un navire semi-submersible de type trimaran, et non pas catamaran (SWATH), tend à surmonter, par une conception originale, certains problèmes inhérents au schéma plus classique type SWATH : notamment réduction des efforts dans la structure, réduction du poids de coque, suppression des problèmes de slamming... La mise au point hydrodynamique de cet ensemble est rendue tout spécialement délicate par la présence de trois coques et par les interactions importantes entre elles. La résistance de vagues des navires semi-submersibles est souvent élevée, et une première campagne d'essais au bassin a confirmé qu'il en était ainsi pour le trimaran ARGO. Plus que les interactions entre flotteurs, c'est le dessin même des flotteurs qui s'est avéré inadéquat, et générateur d'une traînée élevée. Plutôt que d'entreprendre une coûteuse et longue campagne d'essais systématiques en bassin de carènes, il est apparu judicieux de calculer grâce au programme REVA une série de formes et de n'essayer à titre de confirmation expérimentale que les meilleures.

Le programme REVA permet de calculer l'écoulement tridimensionnel de fluide parfait autour d'une carène en mouvement de translation uniforme en eau calme. Il est basé sur une méthode de singularités de Rankine réparties sur la carène et la surface libre.

La méthode est particulièrement bien adaptée au cas des navires semi-submersibles, seules quelques précautions concernant l'arrière des carènes ont du être prises.

Les variations de formes ont porté sur plusieurs aspects : variantes de courbes des aires, variantes de maître couple, variantes de déplacement, variantes de jambes. Ces modifications ont mis en évidence l'influence dominante de la courbe des aires sur la résistance de vagues. Un certain type de formes, en "bi-bosses", s'est révélé particulièrement intéressant. D'autres modifications dont on pouvait espérer des résultats favorables se sont par contre avérées inefficaces : notamment un maître couple intégrant jambe et coque.

II - LE PROJET ARGO

II.1 - LES SEMI-SUBMERSIBLES DE TYPE SWATH

Dans le souci de diminuer les mouvements sur houle des plates-formes pétrolières flottantes, les architectes navals ont été conduits à adopter des formes présentant une surface de flottaison minimum, compatible avec une bonne stabilité. L'ensemble du volume portant se trouve ainsi concentré sous la flottaison.

Ces plates-formes sont appelées semi-submersibles. Leur forme les rend insensibles aux houles de courte période ($T < 8s$) alors que pour ces mêmes périodes les navires conventionnels présentent des mouvements importants. La faible surface de flottaison entraîne l'obligation d'utiliser plusieurs piles écartées de façon à obtenir une stabilité suffisante.

Dans le but d'améliorer la tenue à la mer des navires, il était naturel d'appliquer le même principe : surface de flottaison la plus faible possible. De même que pour les plates-formes pétrolières, une faible surface de flottaison entraîne l'obligation d'utiliser plusieurs coques écartées les unes des autres pour obtenir une stabilité suffisante, ce qui conduit au concept de catamaran semi-submersible (SWATH : Small Water-plane Area Twin Hull) étudié aux USA aux environs de 1970.

Par rapport aux monocoques conventionnels, ces navires ont une tenue à la mer considérablement meilleure. Les accélérations, notamment de tangage et de pilonnement, sont divisées par un facteur 4 à 5.

Les Coast Guards Américains ont organisé une expérience particulièrement démonstrative dans ce domaine. Ils ont fait naviguer en 1978, côte à côte, trois navires :

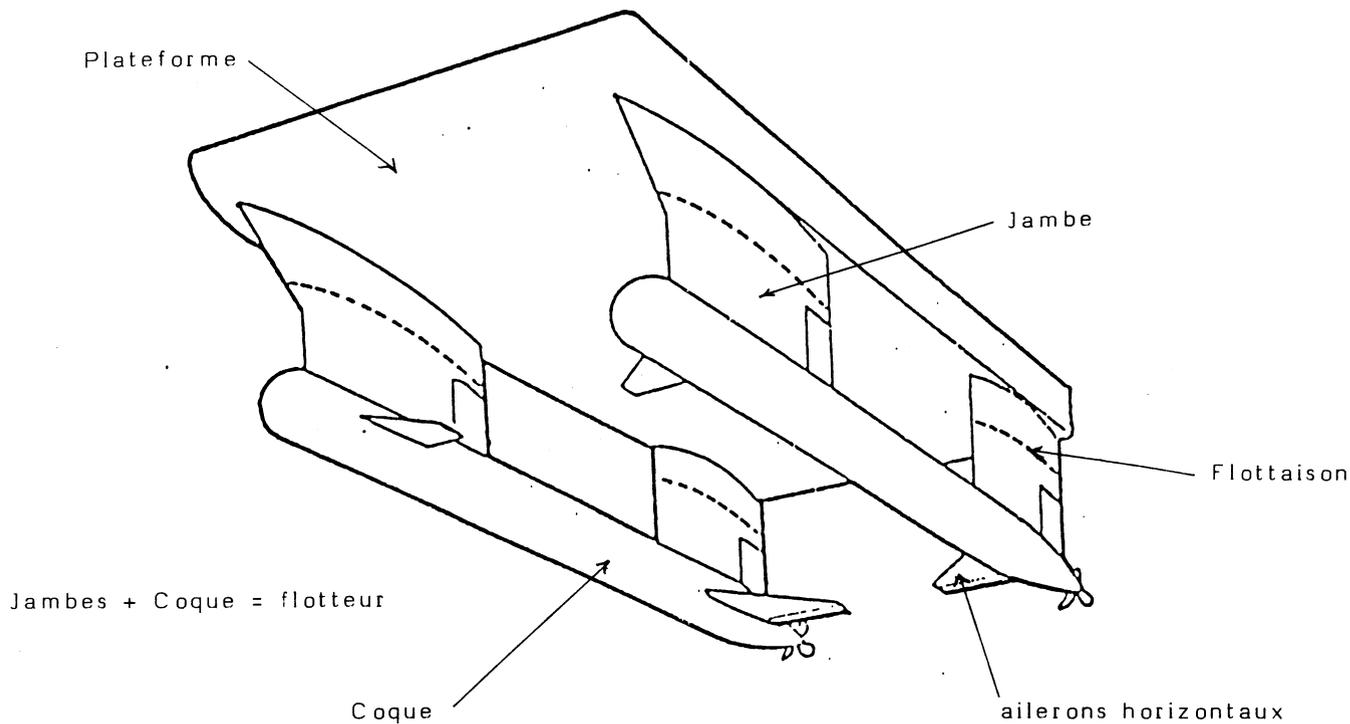
- Une vedette de 100 t, le CAPE CORWIN.
- Un semi-submersible de 200 t, le KAIMALINO.
- Un navire de surveillance de 3 000 t de type WHEC, le MELLON

Les résultats, reproduits ci-contre, montrent que le semi-submersible a un meilleur comportement que le MELLON dont le déplacement est quinze fois plus élevé. Par rapport à la vedette, les mouvements du NSS sont 4 à 5 fois plus faibles.

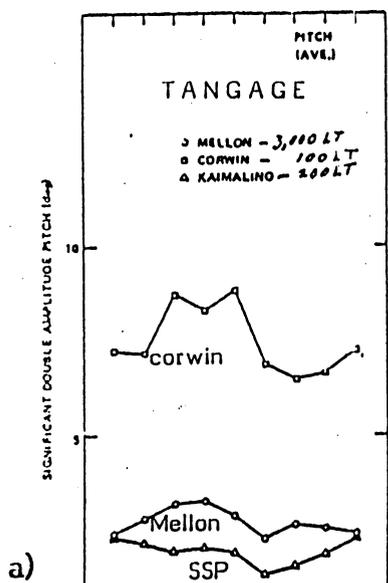
Toujours par rapport au monocoque le NSS apporte une surface de pont considérable et permet grâce à ses faibles mouvements de plate-forme d'embarquer un hélicoptère sur un tout petit navire. Le même KAIMALINO est ainsi le plus petit bâtiment à être qualifié par l'US Navy pour "full daylight operations with SH-2F Lamps I helicopter".

Autre avantage du navire semi-submersible, un volume habitable considérable dans la plate-forme reliant les coques, et les superstructures qu'on peut installer par dessus. De plus ce volume est facile à aménager car toute en ligne droite comme une construction terrestre.

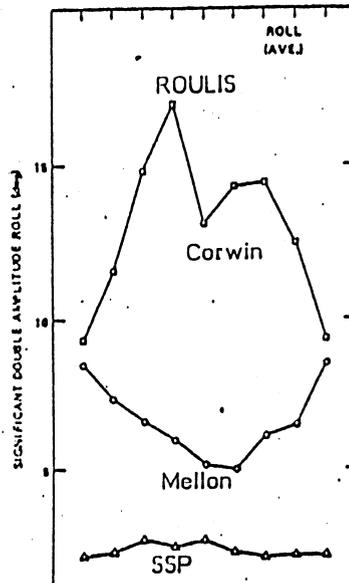
Ces deux qualités essentielles ont conduit à la construction de par le monde d'une dizaine de SWATH ; plusieurs autres sont actuellement en chantier, le projet le plus important étant le T-AGOS 19 de l'US Navy, navire de 70,9 mètres de longueur et 3450 tonnes de déplacement.



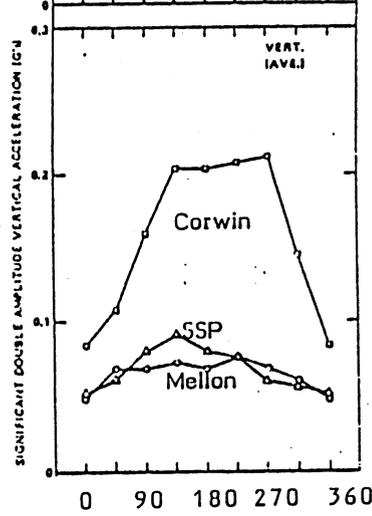
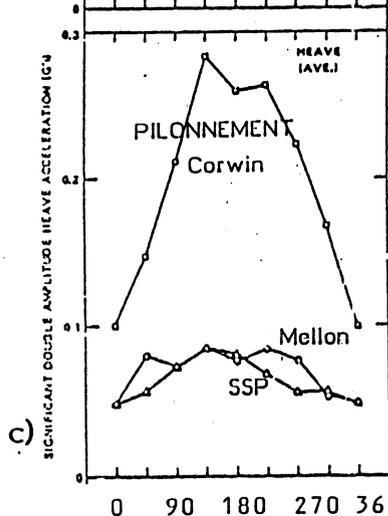
Tangage
Double amplitude
significative (deg)



Roulis
Double amplitude
significative (deg)



Accélération
verticale (g)
Double amplitude
significative



(180° = mer de face)

II.2 - L'ARCHITECTURE TRIMARAN

Indépendamment des avantages liés au caractère semi-submersible du navire, la forme type catamaran ne va pas sans certains inconvénients.

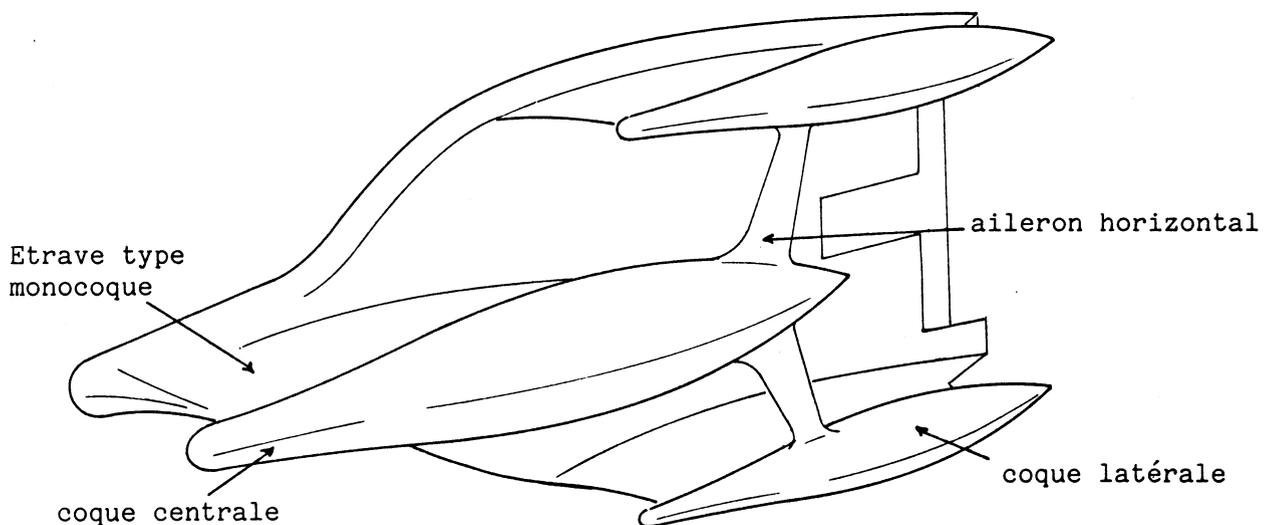
Les principaux concernent le devis des poids où la part de la structure est trop élevée. Plusieurs facteurs concourent à ce poids important de coque :

- des efforts de flexion et de torsion appréciables à la connexion jambes /plate-forme et donc des renforcements conséquents.
- de fortes pressions de slamming sous la plate-forme à l'avant et donc là aussi des renforcements.
- des surfaces de "torpille" et de jambe élevées.
- une grande surface de plateforme.

Il en résulte à déplacement constant une part réduite laissée à la charge utile, principale raison d'être du navire. Cette situation est particulièrement gênante sur les petites unités et rend tout dépassement de poids de coque dramatique.

Pour remédier radicalement à ces inconvénients nous avons imaginé dès 1983 avec l'aide de M.Forestier au sein des sociétés INNOMER, et "Bureau d'études A.MAURIC" une architecture complètement différente.

Notre navire semi-submersible est de type trimaran. Plus précisément, il comporte un flotteur central représentant à peu près la moitié du volume de carène et deux flotteurs latéraux sensiblement plus petits. Le flotteur central est décalé en avant des flotteurs latéraux. Trois jambes, une par flotteur, relie les coques immergées à la plate-forme supérieure de forme sensiblement triangulaire. Des ailerons horizontaux s'étendent entre les coques immergées des flotteurs latéraux d'une part et celle du flotteur central d'autre part.



TRIMARAN SEMI-SUBMERSIBLE "ARGO"
Brevet Européen n° 0161.953

Cette architecture très particulière économise le poids de coque en réduisant tant les efforts, notamment la torsion qui disparaît, que les surfaces de coque et de jambe. Elle permet un rééquilibrage des caractéristiques du navire par rapport au SWATH. Celui-ci offre beaucoup de surface, beaucoup de volume, mais peu de charge utile. Notre trimaran procure moins de surface et de volume mais plus de charge utile. D'autres avantages apparaissent aussi, par exemple une économie de surface mouillée d'environ 9% à longueur et déplacement identiques...

II.3 - LES PROBLEMES DE RESISTANCE DE VAGUES

D'une manière générale les navires semi-submersibles sont des navires lents ou de vitesse moyenne. Leur trainée provient d'une surface mouillée élevée et d'une résistance de vagues appréciable. La plupart des films des navires existants montrent des sillages importants et tourmentés.

Le projet "ARGO" s'appuie sur l'étude conceptuelle d'un navire de 42 m. de longueur et de 480 tonnes de déplacement. C'est une unité de fort déplacement, construite en acier, avec une charge utile élevée. L'objectif de vitesse est de 18 à 20 noeuds en continu. Ce cas d'école, un peu sévère sans doute, se situe à l'opposé des SWATH tout aluminium à la charge utile faible.

La conception hydrodynamique du navire a été immédiatement centrée sur les problèmes d'interaction de vagues entre les différents flotteurs. Tant la forme que la position relative des flotteurs ont été étudiées pour créer des interférences de vagues favorables entre le flotteur central avancé et les flotteurs latéraux. Nous nous sommes appuyés dans ce développement initial sur des travaux anciens conduits avec des flotteurs classiques et très élancés.

Deux campagnes d'essais au bassin, l'une début 86 et l'autre début 88 ont montré l'utilité de cette approche mais aussi son insuffisance:

- d'une part le navire global a une résistance effectivement plus faible que la somme des résistances des trois flotteurs pris isolément. Cependant le champ de vagues est très tourmenté et paraît complexe.

- d'autre part la résistance individuelle de chaque flotteur est trop élevée.

Devant ces difficultés, nous avons décidé dans un premier temps d'étudier l'amélioration des flotteurs isolés. Ensuite l'étude des trois flotteurs en interaction devrait être plus simple car la diminution de la résistance de vagues devrait rendre les phénomènes plus linéaires.

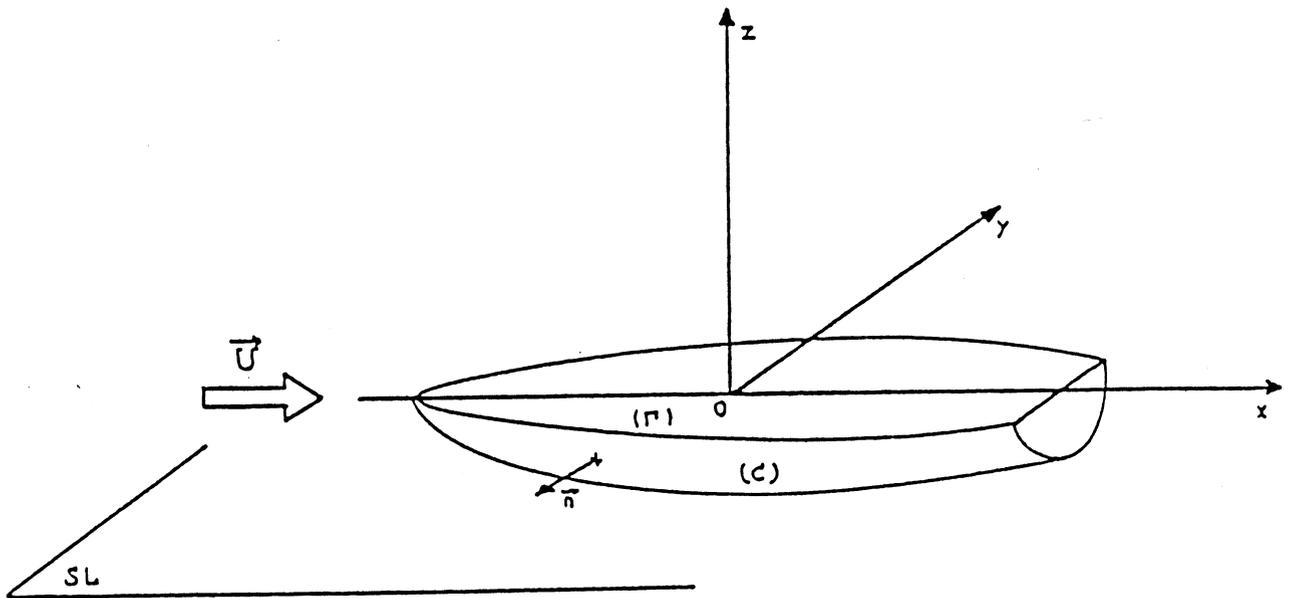
La première partie du programme de recherche a ainsi consisté en la conception et le calcul de la résistance de vagues d'une série de formes de flotteurs isolés dans le but d'améliorer la forme initiale.

III - LE PROGRAMME REVA

Le programme REVA, développé au Laboratoire d'Hydrodynamique Navale de l'ENSM, permet de calculer l'écoulement autour de corps avançant à vitesse constante en présence d'une surface libre initialement calme à l'aide d'une méthode de singularités de Rankine. Les grandes lignes de cette méthode sont rappelées ci-dessous.

III.1 - LE PROBLEME

Les notations sont les suivantes :



L'écoulement est représenté dans le repère relatif lié au corps.

(C)	:	carène
(Γ)	:	contour de la flottaison de la carène
SL	:	surface libre
(O, x, y, z)	:	repère direct lié à la carène (Oz verticale ascendante)
$U = U \cdot i_x$:	vitesse du fluide à l'infini amont
Φ	:	potentiel relatif de l'écoulement
l	:	abscisse curviligne le long des lignes de courant
$\vec{n} \begin{cases} p \\ q \\ r \end{cases}$:	normale extérieure à la carène
σ	:	densité de source

Le problème est posé dans le cadre des hypothèses suivantes :

- le fluide est supposé parfait, isovolume,
- le domaine fluide est le siège d'un écoulement dérivant d'un potentiel scalaire Φ .

L'équation de continuité, la condition de glissement sur la carène et éventuellement sur les parois, la condition de surface libre et la condition de radiation constituent le problème complet.

La condition de surface libre est une combinaison des conditions cinématique et dynamique. Elle est de plus écrite sur les lignes de courant de la surface libre de façon à en simplifier l'écriture et la résolution.

Le problème exact s'écrit alors :

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta\phi = 0 \quad \text{dans le domaine fluide} \\ \phi_n = 0 \quad \text{sur la carène} \\ \phi_{\ell}^2 \phi_{\ell\ell} + g \phi_z = 0 \quad \text{sur la surface libre d'élévation } \zeta \\ \quad \text{avec } \zeta = \frac{1}{2g} [U^2 - \phi_{\ell}^2] \\ \phi \rightarrow Ux \quad \text{à l'infini} \end{array} \right.$$

La condition de surface libre étant non linéaire et appliquée sur une surface a priori inconnue, elle doit être simplifiée. Une méthode consiste à décomposer le potentiel en un potentiel du double modèle Φ_r et un potentiel de complément Φ_w dont les termes quadratiques sont négligés par rapport aux autres. La condition est de plus affichée dans le plan de la surface libre au repos. Elle s'écrit alors :

$$(\phi_{r\ell}^2 \phi_{\ell})_{\ell} + g \phi_z = 2 \phi_{r\ell\ell} \phi_{r\ell}^2 \Big|_{z=C}$$

III.2 - METHODE DE RESOLUTION

Les équations intégrales du problème, obtenues à l'aide de la troisième formule de Green, sont les suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Sur la carène : } \frac{\sigma(M)}{2} - \frac{1}{4\pi} \iint_{C+SL} \sigma(M') K(M, M') dS(M') = -\vec{U} \cdot \vec{n}_M \\ \text{Sur le plan } z=0 : \frac{\sigma(M)}{2} - \frac{1}{4\pi} \iint_{C+SL} \sigma(M') K(M, M') dS(M') = -\phi_z \end{array} \right.$$

avec $K(M, M') = \frac{\partial}{\partial n_M} \left(\frac{1}{|MM'|} + \frac{1}{|MM'_1|} \right)$ pour $M' \in C$

et $K(M, M') = \frac{\partial}{\partial n_M} \frac{1}{|MM'|}$ pour $M' \in SL$

où M'_1 est le symétrique de M' par rapport au plan $z = 0$

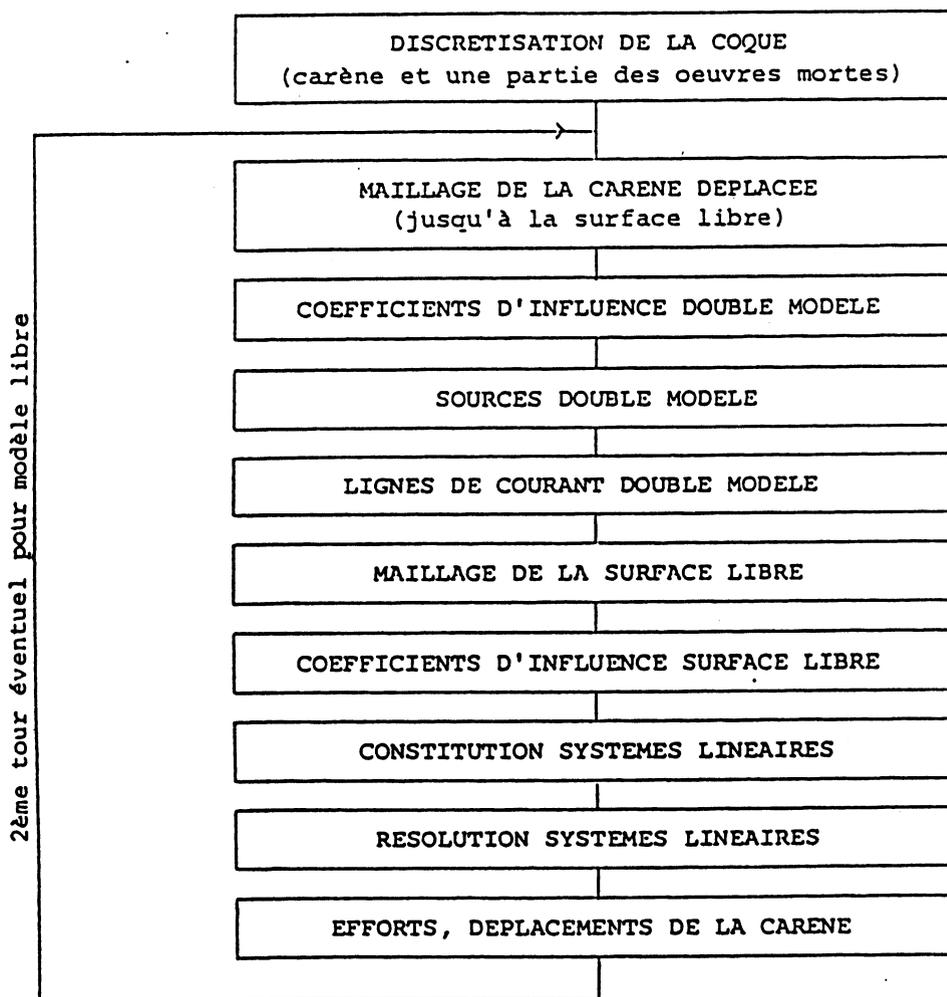
La carène et une partie de la surface libre sont alors maillées en facettes de façon à discrétiser les équations précédentes. Les dérivées des vitesses, nécessaires pour obtenir le terme Φ_z , sont évaluées par différences finies sur le maillage de la surface libre. Le schéma de différences finies choisi est celui préconisé par Dawson [1], [2], soit un schéma à 4 points décentré amont, qui permet de satisfaire simultanément la condition de radiation.

Cette discrétisation du problème conduit à un système linéaire col-localatif dont les inconnues sont les densités de sources, supposées constantes par facette. Une fois ces densités connues, la cinématique dans tout le fluide peut être calculée, et donc les efforts, déformée de surface libre, etc...

III.3 - LE PROGRAMME

III.3.1 - Organisation

L'organisation du programme est la suivante :



Les déplacements de la carène calculés lors du premier passage peuvent permettre de remailler le corps dans sa nouvelle position pour refaire un calcul.

Deux méthodes de maillage de la surface libre sont possibles : soit des lignes de courant du double modèle dans le plan de la surface libre sont calculées par intégration numérique de l'équation différentielle, soit ces lignes de courant sont obtenues à partir de la fonction de courant calculée de façon globale par différences finies.

Des méthodes directes ont été utilisées pour résoudre les systèmes linéaires (GAUSS ou LU).

III.3.2 - Sorties

Les résultats pouvant être fournis par REVA sont les suivants :

- vitesses dans le fluide,
- lignes de courant,
- répartition des pressions dynamiques ou totales sur la carène,
- déformée de surface libre,
- efforts sur la carène, résistance de vagues,
- enfoncement et assiette dynamiques.

Ces renseignements permettent à l'architecte d'estimer la résistance à l'avancement dans les cas classiques, de positionner au mieux les appendices sur la carène, et surtout de comparer plusieurs formes, les représentations graphiques de l'écoulement devant permettre de mieux comprendre les écarts de résistance de vagues entre elles. C'est la démarche qui a été utilisée ici.

III.3.3 - Cas pouvant être traités

Le programme REVA peut traiter les cas de monocoques, catamarans ou trimarans symétriques ou non. Les navires à tableaux arrière immergés posent encore quelques problèmes, notamment en ce qui concerne l'évaluation de la résistance de vagues. La présence d'un fond et de parois peut être prise en compte pour simuler un écoulement en canal ou en eau peu profonde, à un nombre de Froude inférieur au nombre de Froude critique. Le cas des vedettes rapides et des profils portants peut être traité mais les résultats doivent encore être validés à l'aide de résultats expérimentaux fiables.

De nombreuses applications ont déjà été effectuées, mais le code doit encore être utilisé avec précaution, notamment en ce qui concerne le maillage de la surface libre.

III.3.4 - Machines utilisées - Temps de calcul

La méthode utilisée conduisant à résoudre de gros systèmes linéaires pleins et non symétriques par des méthodes directes nécessite l'emploi d'ordinateurs relativement puissants. Le programme a été exploité jusqu'à présent sur quatre machines : microVaxII, VAX 8700, CRAY1-S, CRAY2. Les temps de calcul sur ces différentes machines pour un cas à 625 facettes et un seul nombre de Froude sont les suivants :

microVAX II	2957 s	(50 minutes)
VAX 8700	350 s	(6 minutes)
CRAY1-S	17,4 s	
CRAY2	12,2 s	

III.4 - APPLICATION AU PROJET ARGO

III.4.1 - Adaptation

L'application au projet ARGO n'a pas nécessité d'adaptation particulière du programme. Des tests de stabilité des résultats en fonction du maillage de la surface libre ont été effectués : une petite variation de l'un des paramètres n'a pas d'influence notable. De même, la méthode de maillage de la surface libre a été modifiée sans aucun effet sur les résultats. Les calculs ont finalement été effectués avec environ 250 facettes sur la carène et 400 facettes sur la surface libre.

Le temps de calcul pour une courbe complète de 15 points sur une coque est de l'ordre de 50 minutes sur VAX 8700.

Seul le traitement de l'extrémité arrière du flotteur a nécessité une étude particulière. L'arrière étant tronqué par un plan vertical, le calcul a été fait dans deux cas avec trois types de fermeture pour le maillage : arrière fermé droit, arrière fermé en prolongeant la forme, arrière laissé ouvert. Le classement entre deux formes n'étant pas modifié par ces différentes hypothèses, on a choisi d'utiliser un arrière ouvert pour tous les calculs, afin de simuler grossièrement un décollement. En effet, l'arrière fermé droit induit des survitesses importantes sur des facettes qui contribuent beaucoup à la résistance, et les résultats avec l'arrière prolongé dépendent trop de la forme arbitrairement choisie.

Les calculs ont été menés en supposant le corps fixe, puisque les notions d'enfoncement et d'assiette n'ont aucun sens sur un flotteur séparé du reste de la structure.

III.4.2 - Validation

Afin, entre autres, de valider les résultats du code REVA sur ce type de navire, des essais ont été réalisés au Bassin d'Essais des Carènes de Paris, sur la coque centrale et la coque latérale du trimaran ARGO initial.

Les figures 1 et 2 présentent une comparaison entre la résistance de vagues de ces carènes obtenue par REVA et la résistance résiduaire obtenue en otant la résistance de frottement à la résistance totale mesurée en bassin.

L'accord a été jugé suffisamment bon pour permettre l'étude d'optimisation des formes.

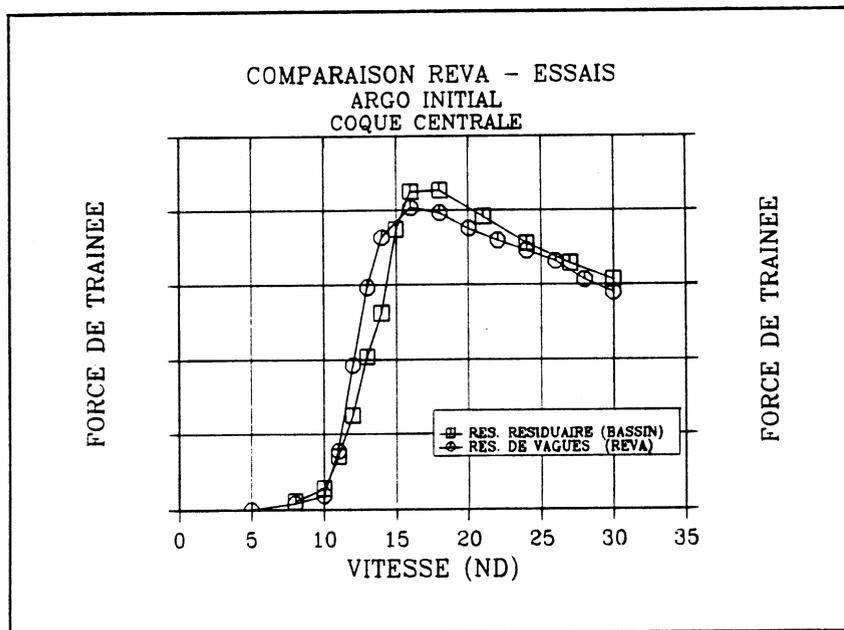


Figure 1

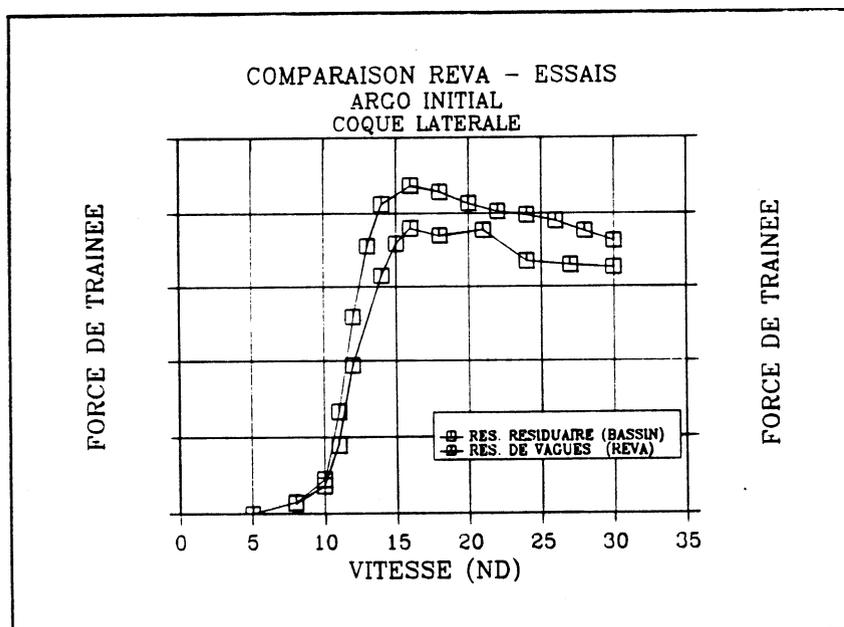


Figure 2

IV - LES RESULTATS DE L'ETUDE

IV.1 - VARIATIONS DE FORMES

Nous avons successivement recherché l'influence :

- de la courbe des aires des couples
- de la forme du maitre couple
- de la forme de la jambe
- du déplacement du flotteur

A déplacement et longueur constants, nous avons fait varier la forme de la courbe des aires depuis une forme "normale" présentant un seul maximum jusqu'à une forme en haltère présentant deux maxima distincts. Bien sûr nous avons étudié une forme cylindrique avec un maximum s'étendant sur une certaine longueur du navire. D'une manière générale les courbes étudiées sont assez remplies et sensiblement symétriques. Les formes de flotteurs résultant de ces courbes sont un peu inattendues et nous avons dû en rejeter certaines, incompatibles avec des contraintes extérieures: alimentation de l'hélice par exemple.

Le maitre couple initial est composé d'une jambe à parois verticales rapportée sur une coque de forme sensiblement circulaire. Nous avons étudié une variante consistant à intégrer la jambe et la coque dans une forme continue avec un retour de galbord. L'ensemble a été conçu à courbe des aires, déplacement et longueur de coque constants, de même la surface de flottaison de la jambe est inchangée, afin de ne pas modifier les caractéristiques en tenue à la mer.

Nous avons prévu deux jambes différentes du profil initial. L'une est un profil NACA, et l'autre comporte une partie rectiligne raccordée à un bord d'attaque et à un bord de fuite.

Comme nous l'indiquons plus haut le déplacement du navire a été volontairement tenu assez haut au départ, et nous avons donc étudié l'influence d'une diminution du déplacement. La finesse initiale est de :

$$\left| \Delta + \left(\frac{L_{PP}}{10} \right)^3 \right| = 7,67$$

Les variantes ont des finesesses de 6,25 et de 5,5. Nous nous sommes contentés de réduire le déplacement tout en conservant la courbe des aires et la longueur immergée.

IV.2 - RESULTATS DES CALCULS

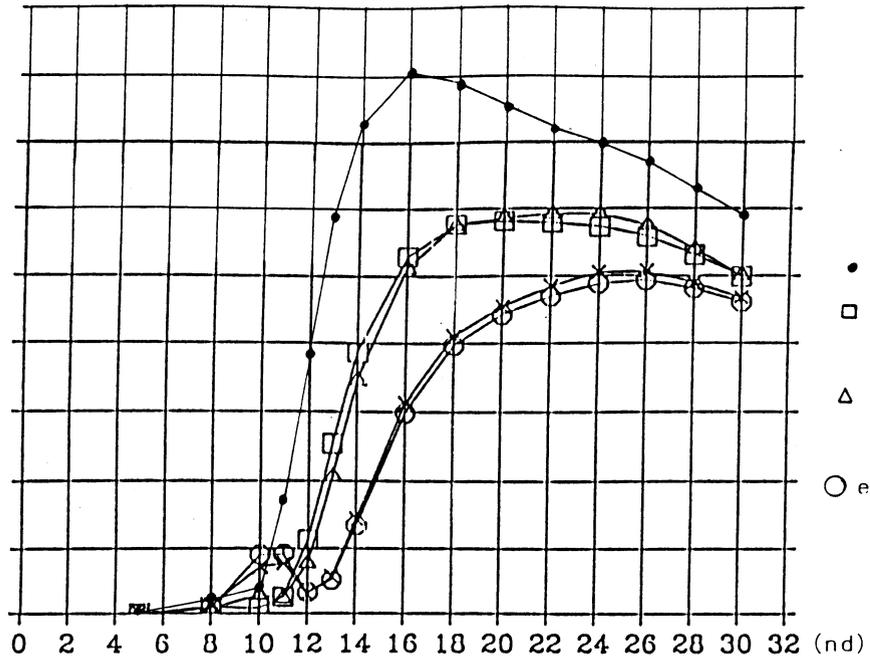
Les variations les plus importantes proviennent des changements de courbe des aires. Les courbes de trainée sont groupées en trois ensembles:

- la courbe initiale
- les courbes relatives à des formes ayant un seul maitre couple, ou une partie cylindrique.
- les courbes relatives aux formes "bi-bosses"

Ces dernières procurent une amélioration significative de 37% environ par rapport à la forme initiale. Elles dominent les formes classiques sauf dans la zone 8 - 11,5 nds. Parmi les formes classiques la forme cylindrique est comparable à une forme évolutive. Aux grandes vitesses, au delà de 25 noeuds, la résistance de vagues diminue et les différentes courbes tendent à converger.

Comparaison des courbes des aires

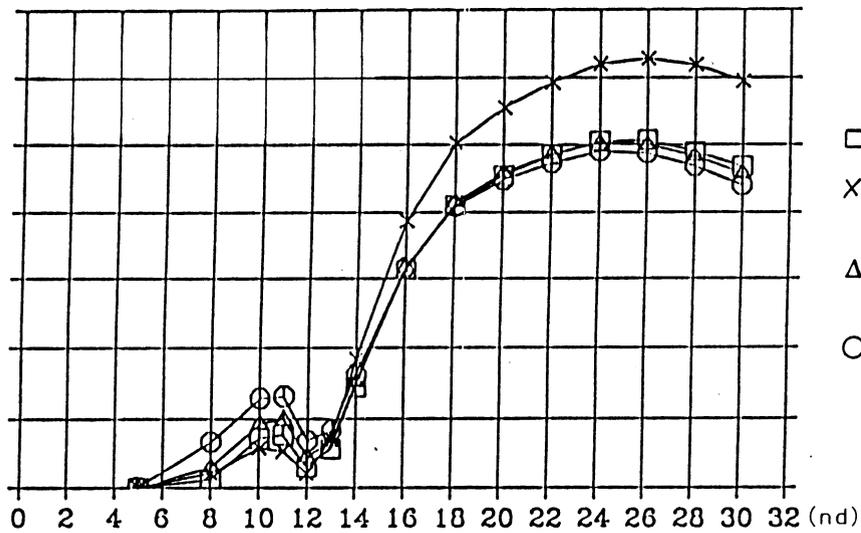
Force de trainée



- = aire initiale
- = aire classique à prismatique élevé
- △ = aire avec partie cylindrique
- et X = Aires bibosses

Comparaison des formes de la jambe et du maitre couple

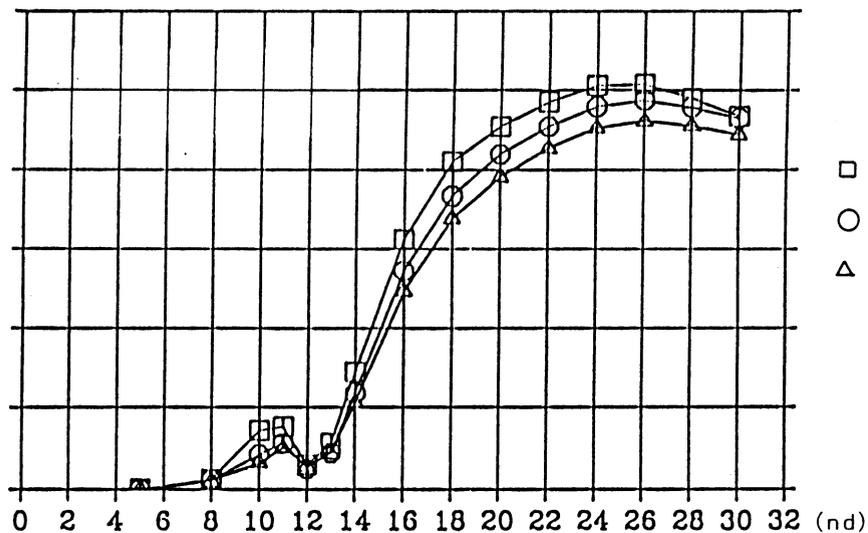
Force de trainée



- = Jambe initiale
- X = Jambe et coque intégrées
- △ = Jambe avec profil NACA.
- = Jambe avec partie rectiligne

Comparaison des déplacements

Force de trainée



- = finesse : 7,67
- = finesse : 6,25
- △ = finesse : 5,5

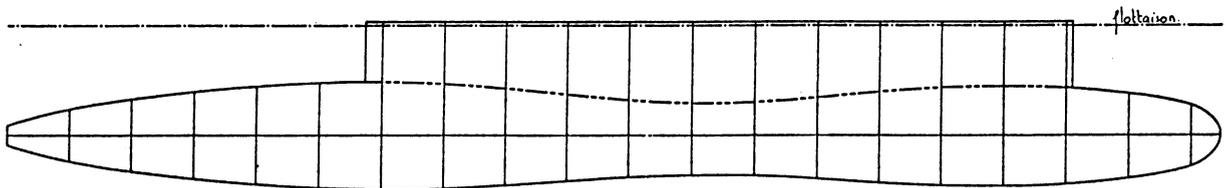
La forme à retour de galbord intégré est moins bonne que la forme initiale sauf aux très basses vitesses où elle est à peine meilleure. Cette comparaison porte, bien sûr, sur deux formes ayant la même courbe des aires.

Les variations de jambe sont peu significatives sauf dans la zone 6 - 13 noeuds où la jambe initiale est la plus performante.

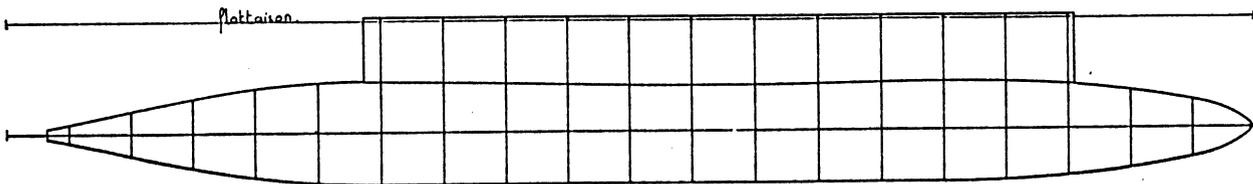
Les changements de finesse sont plus sensibles et les formes se classent suivant leur déplacement. Cependant entre la forme la plus fine et la forme d'origine l'écart est de 5% sur la résistance rapportée au déplacement, alors que le déplacement varie lui de 28% (76,8 m³).

IV.3 - INTERPRETATION DES RESULTATS

Les résultats fournis par le programme REVA permettent un classement des différentes formes et la sélection de la forme la meilleure dans une gamme de vitesses donnée. La valeur absolue de la résistance de vagues calculée par le programme reste cependant une donnée un peu abstraite difficilement mesurable au bassin. L'expérience fournit une résistance résiduaire qui englobe la résistance de vagues en fluide parfait mais aussi d'autres causes de résistance. Cette résistance résiduaire dépend évidemment de la valeur attribuée à la résistance de frottement et au coefficient de forme ($1 + k$), puisqu'elle s'obtient en ôtant de la résistance mesurée la résistance de frottement. La comparaison bassin/calculs valide en fait le calcul REVA et le coefficient de forme adopté. Il est ensuite possible sur des carènes analogues de calculer un judicieux coefficient de forme et d'obtenir par REVA une valeur absolue de la résistance totale à priori précise. Cette démarche souligne la nécessité de se recalibrer périodiquement sur un essai au bassin.



Formes en haltère



Forme cylindrique

V - CONCLUSION

L'utilisation du programme REVA a permis de sélectionner quelques formes de flotteur semi-submersible dont la résistance de vagues calculée est nettement plus faible que celle du flotteur initial. Des essais au bassin limités aux meilleures de ces formes devraient confirmer les résultats acquis par le calcul.

Le programme a d'autre part montré quels sont les paramètres de conception sensibles et permis de constituer un début de base de données de formes semi-submersibles. D'autres formes devraient prochainement être rajoutées à ce catalogue.

L'étape suivante devrait permettre de calculer la résistance des trois flotteurs du trimaran en interaction; le meilleur des dessins des flotteurs individuels devrait diminuer la résistance de vagues de l'ensemble. Si la comparaison avec l'expérience s'avère positive, il sera alors possible de chercher par le calcul à "optimiser" le navire complet, notamment les positions respectives des flotteurs.

VI - REFERENCES

- (1)- C.W. DAWSON - A practical computer method for solving ship-wave problems.
Second International Conference on Numerical Ship Hydrodynamics.
University of California, Berkeley, 1977 pp.30-38
- (2)- G. DELHOMMEAU, J.J. MAISONNEUVE - Application de la méthode des Singularités de Rankine au calcul de la résistance de vagues.
Bulletin de l'A.T.M.A. n° 86 Paris 1986
- (3)- G. DELHOMMEAU, J.J. MAISONNEUVE - Extensions du code de calcul de résistance de vagues REVA : prise en compte des effets de fond et de portance.
Compte rendu des Premières Journées Françaises de l'Hydrodynamique-ENSM Nantes (1987).