

ETUDE DES FLUXS

L'hydrodynamique navale étudie la résistance à l'avancement des navires. La résistance à l'avancement correspond à la force de poussée que devra produire l'hélice. Cette résistance est composée de forces provenant de plusieurs phénomènes que l'on distingue dans l'étude mais dont les interactions sont intimement mêlées.

Les résultats des calculs ou des mesures sont le plus souvent donnés sous forme de coefficients hydrodynamique **Ch**, mettant en rapport la résistance hydrodynamique **Rh**, et le poids du volume d'eau déplacé (**Ch=Rh/Déplacement**)

*le déplacement d'un navire est le poids d'eau qu'il déplace, donc son volume immergé X masse volumique de l'eau.

Nous supposerons que l'environnement est calme (ni houle ni courant ni vent) et nous limiterons notre discussion en négligeant la résistance de superstructure (environ 3% de Rh), à l'étude de la résistance à la marche coque nue en la décomposant en **deux parties** : résistance visqueuse et résistance à la vague. (voir Froude)

1. **la résistance visqueuse(Rv)**, dont le coefficient de résistance visqueuse(**Cv**) est lié au e Reynolds (Re) et à la rugosité (K) relative à la longueur de la coque(L)

- $Rv = Cv \cdot (Re \cdot K/L)$

Si l'objet évolue près de la surface, la résistance visqueuse ou traînée sera accompagnée d'une résistance due à la formation de vagues en surface:

2. **la résistance de vagues(Rw)**, dont le coefficient de résistance à la vague(**Cw**) est lié au nombre de Froude(Fr)

on distingue différentes formes et causes de vagues (resistance de vagues en savoir plus)

- $Rw = Cw \cdot (Fr)$
- $Cw = Rw / (1/2) \rho \cdot S \cdot v^2$ (ρ masse volumique de l'eau, S surface mouillée, v vitesse.

Au total le coefficient de résistance hydrodynamique (Ch=Rh/Déplacement) pour une coque nue évoluant près de la surface est donc défini comme:

- $Rv = Cv \cdot (Re \cdot K/L)$
- $Rw = Cw \cdot (Fr)$
- $Ch = Cw \cdot (Fr) + Cv \cdot (Re \cdot K/L)$

Différents types d'approches permettent d'évaluer le Coefficient hydrodynamique (Ch) :

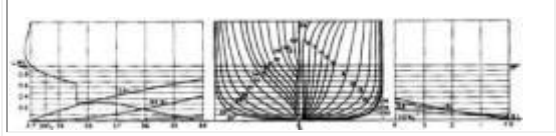
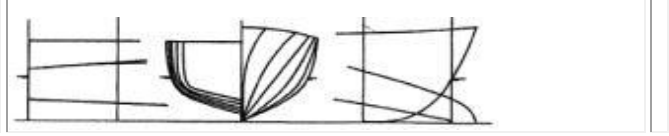
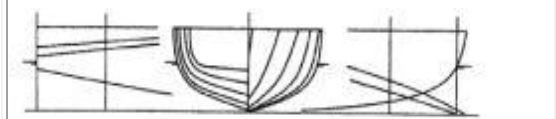
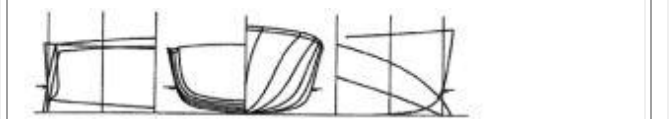
- Méthode d'essais de modèles réduits en bassins de carènes:

Malgré les avancées dans le domaine de la modélisation informatique, les essais de modèles sont encore incontournables. Les effets de frottements mesurés expérimentalement en bassins de carènes sont eux-mêmes soumis à des problèmes de changement d'échelle résolus grâce aux lois de similitudes. (voir Froude)

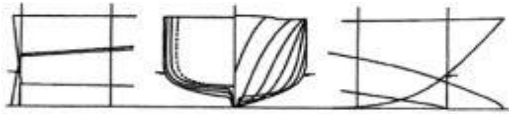


essais de modèle réduit en bassin de carènes

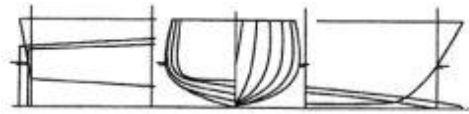
- Méthode des séries : Une autre technique d'évaluation des comportements hydrodynamique consiste à comparer des données mesurées sur des séries de formes types et extrapoler les conséquences des changement de formes. La résistance hydrodynamique spécifique ($R_h/\text{Déplacement}^*$) est donnée en fonction du nombre de Froude dans des séries:

la série de Tailleur 	la série de NPL 
la série de Nordstrom 	les 63 séries 

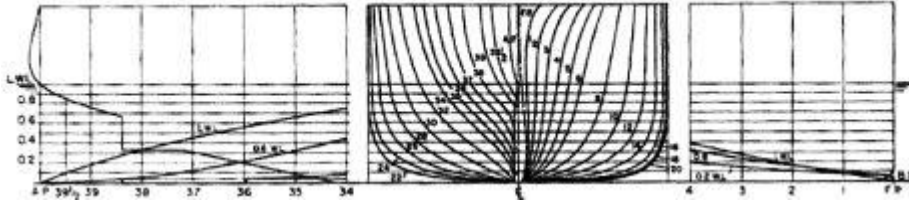
la série de SSPA



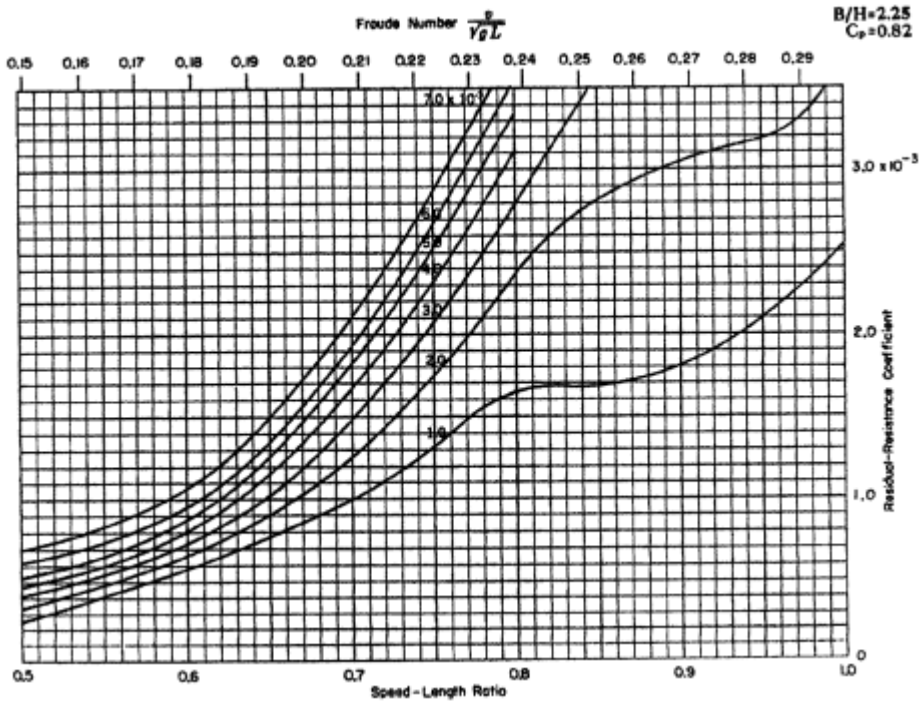
les 64 séries



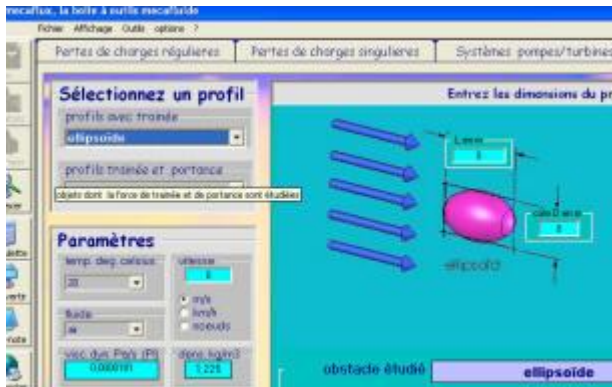
- ici la série de tailleur, par amiral Taylor au bassin modèle expérimental dans Ashington



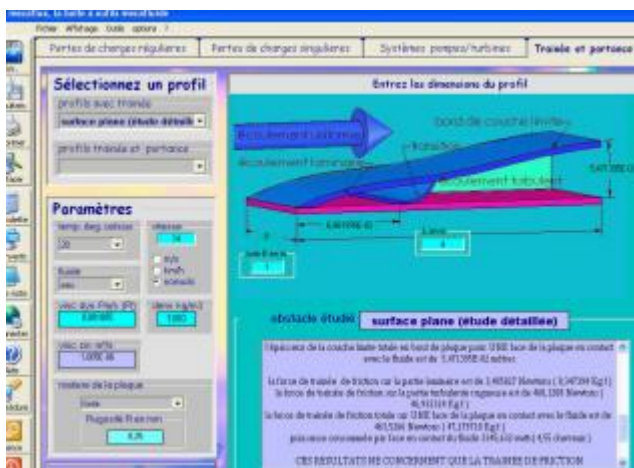
La série de tailleur est encore aujourd'hui tenue pour la recherche la plus complète dans les effets sur la puissance efficace.



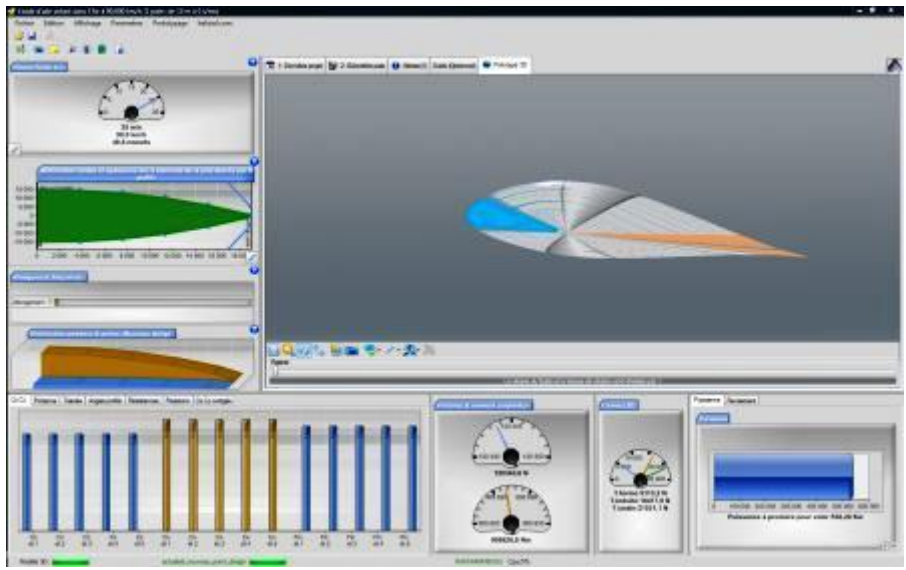
- En hydrodynamique navale, pour évaluer la résistance visqueuse indépendamment de la résistance de surface, on utilise parfois une méthode (la méthode des doubles modèles). Elle consiste à remorquer en immersion profonde une forme, composée du modèle de carène d'un navire et de son symétrique à la ligne de flottaison. La traînée mesurée est ensuite divisée par deux. Cette expérimentation en mer étant coûteuse et complexe, on la réalise en soufflerie. Pour une évaluation simple et rapide, sans trop de précision, il est possible d'utiliser le logiciel mecaflux: Le profil ovoïde dont la traînée(Cx) est déjà paramétrée dans Mecaflux peut servir à évaluer la résistance hydrodynamique visqueuse.



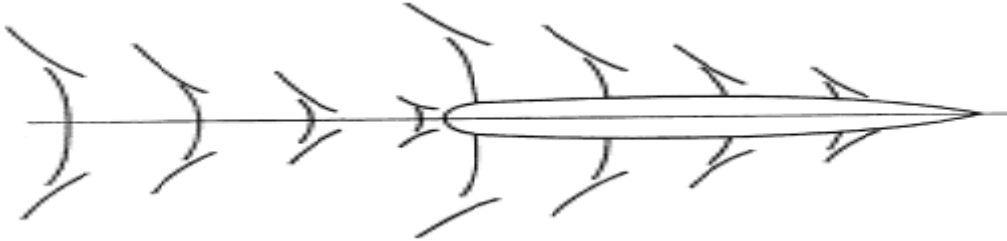
Cette résistance visqueuse est composée de la résistance de frottement et de la résistance de forme. On estime que la rugosité est très faible (poli aérodynamique). Si la rugosité est plus forte, La résistance de frottement due a la rugosité peut être calculée avec l'étude détaillée plaque plane dans Mecaflux(onglet traînée-portance/profils avec traînée).



- Calcul carène bateau sous marin :** Pour une évaluation plus précise de la traînée hydrodynamique d'une carène de bateau ou de sous marin, le logiciel HELICIEL permet de choisir un profil hydrodynamique et de calculer ses performances de traînée puis d'exporter en 3D sa géométrie pour une conception avec CAO .



- la résistance de vagues(R_w), dont le coefficient de résistance à la vague(C_w) est lié au nombre de Froude(Fr)
 - $R_w = C_w \cdot (Fr)$
 - $C_w = R_w / ((1/2) \rho \cdot S \cdot v^2)$ (ρ masse volumique de l'eau, S surface mouillée, V vitesse.



Un corps qui se déplace sur la surface calme de l'eau produit un système de vague. Ce système est produit par le champ de pression autour du corps et l'énergie des vagues est donnée par le corps. Ce transfert d'énergie à partir du corps au système environnant produit notre résistance de vague. (En bref le bateau fait des jolies vagues pour le ski nautique mais ça lui coûte de l'énergie et c'est pour ça que c'est cher le ski nautique...)



Il y a deux types de systèmes de vagues produits par la coque:

- un système de vagues divergentes inclinées par rapport à l'axe du bateau
- un système de vagues transversal perpendiculaire à l'axe du bateau.

Le système de vagues transversal est l'acteur principal de la résistance de vague aux faibles nombre de Froude. il est produit par l'étrave (avant du navire) et la poupe (arrière du navire) . L'interférence entre ces systèmes de vagues génère des creux et des crêtes le long des proies de la coque.

Pour en savoir plus: sur [l'hydrodynamique des carènes de bateaux et le calcul de la résistance à l'avancement d'une carène](#)

Au total le coefficient de résistance hydrodynamique(C_h) est défini comme:

$$C_h = C_w \cdot (Fr) + C_v \cdot (Re \cdot K/L)$$

$$(C_h = R_h / \text{Déplacement})$$

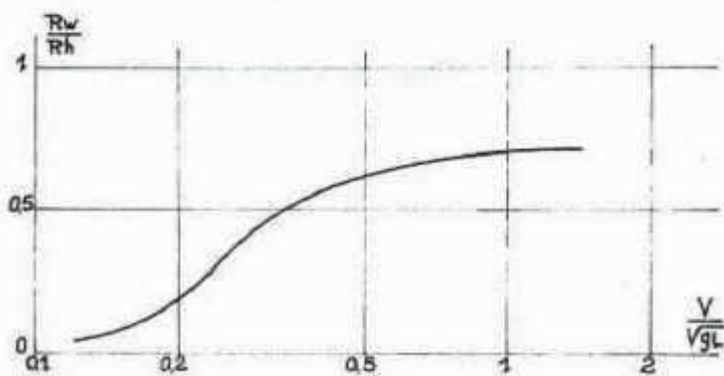
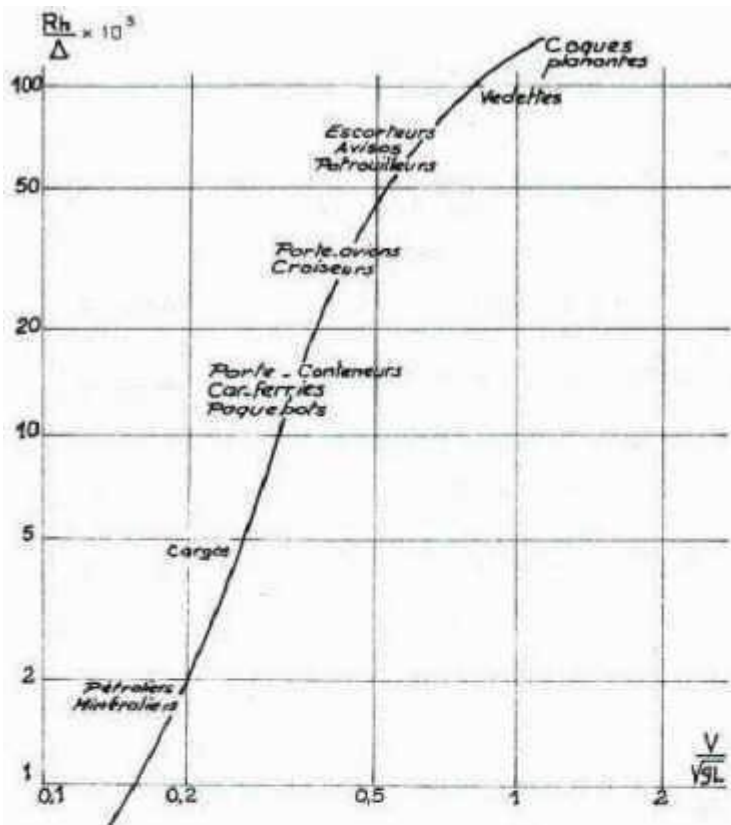


Fig. 3 - Ordre de grandeur de la résistance hydrodynamique spécifique $\frac{R_h}{\Delta}$ et du rapport $\frac{R_w}{R_h}$ en fonction du nombre de Reech-Froude $\frac{V}{\sqrt{gL}}$