

# Résistance totale à l'avancement d'un modèle de navire et puissance propulsive.

Objectif : il se réduit au « modélisme » ; il s'agit donc de déterminer les caractéristiques propulsives d'un modèle connaissant celles du navire réel.

Soyons clair et décomposons ce problème complexe en sous-problèmes plus accessibles :

- La puissance efficace est égale à la poussée à la butée principale multipliée par la vitesse du navire.
- La poussée est égale et opposée à la résistance totale à l'avancement.
- La résistance totale est une somme de résistances dont la résistance de frottement et la résistance résiduaire (cousine de la résistance « de vague » ; « directe » ; ) et de d'autres résistances que l'on peut négliger.
- La résistance résiduaire est fonction de l'aire du maître-couple immergée et de la vitesse
- La résistance de frottement est fonction de la surface dite « mouillée » et de la vitesse

Jusqu'à l'apparition quasi simultanée des bassins de carène (Qui parmi les modélistes, a la possibilité d'utiliser un bassin de carène ?), et des calculateurs, les architectes navals utilisait une formule semblable à celle-ci :

$$R_T = R_D + R_F = k \cdot B \cdot V^m + k' \cdot S \cdot V^{m'}$$

## 1- Calcul de la résistance de frottement $R_F$ , selon la méthode la plus scientifique :

(celle utilisée pour l'étude du modèle **avant** les essais au bassin de carène)

Coefficient de frottement et nombre de Reynolds

Le nombre de Reynolds (sans dimension) est défini par :  $Ry = \left( \frac{V \cdot L_{WL}}{1,08} \right) \cdot 10^6$

Avec :

V = la vitesse en m/s

$L_{WL}$  = la longueur de la surface de flottaison en m

Le nombre de Reynolds entre dans le calcul du coefficient de frottement (sans dimension) :  $C_f = \frac{0,075}{(\log Ry - 2)^2}$

avec : log = logarithme décimal (ex : log 10 = 1, log 100 = 2)

Nota : état de surface : surface peinte.

La résistance de frottement est définie par la formule :  $R_F = \left( \frac{1}{2} \right) \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \cdot C_f$

Avec :

$\rho$  = Masse volumique de l'eau en kg/m<sup>3</sup>

S = Surface mouillée en m<sup>2</sup>

V = Vitesse en m/s

La démarche n'est pas simple ; mais avec nos ordinateurs .... ça le fait.

## 1bis- Calcul de la résistance de frottement $R_F$ , selon la méthode ancienne :

$$R_F = k' \cdot S \cdot V^{m'}$$

Pour utiliser les unités du système SI ; notamment le Newton, il suffit d'adopter des coefficients « modernes ».

Rappel : le cheval vapeur = 75 kgf.m/s = 736 W. Et : 736 / 75 = 0,981 : tiens donc !

La vitesse du navire « V » sera en m/s

La surface mouillée de la carène « S » en m<sup>2</sup> :

Alors que dans mon formulaire, le calcul est assez complexe, on m'a, depuis, gentiment communiqué une méthode empirique beaucoup plus simple. Je n'ai rien changé, car les résultats sont proches.

1. Multiplier la longueur de la surface de flottaison par la somme de la largeur et du tirant d'eau.
2. Selon 3 type de navires :
  - Pour les bateaux à très faible surface mouillée, tels que les voiliers de régata à quille profonde et très fine, multipliez par un facteur de 0,55.
  - Pour les bateaux à surface mouillée moyenne, tels que ceux à grande quille, bi-quilles, ou les voiliers à ailerons, multipliez par un facteur de 0,75.
  - Pour les bateaux à grande surface mouillée tel que les bateaux à moteur ou les voiliers à quille longue, multipliez par un facteur de 1.

Le coefficient « m' » est sensiblement égal à « 2 » ; mettant la vitesse au carré.

Le coefficient « k' » ~ 1 à 2 selon la propreté, la rugosité de la carène. Par mesure de prudence, j'opte pour un coefficient k'=2.

Le résultat en N.

Ainsi, la résistance de frottement selon cette méthode :  $R_F = 2 \cdot S \cdot V^2$

Comparez les résultats de ces deux méthodes. Le formulaire fait la moyenne (en attendant un choix sélectif qui interviendra après quelques essais.

## 2- Calcul de la résistance résiduaire $R_D$ , selon la méthode ancienne :

$$R_D = k \cdot B \cdot V^m$$

La vitesse du navire « V » sera en m/s

L'aire de la partie immergée du maître-couple « B » (on le trouve aussi écrit  $B^2$  sauf qu'il ne faut pas le mettre au carré !

Le coefficient « m » est sensiblement égal à « 2 » ; mettant la vitesse au carré.

Le coefficient « k » ~ 49 (5 \* 9,81)

Le résultat en N.

$$R_D = 49 \cdot B \cdot V^2$$

## 3- Calcul de la résistance totale et de la puissance propulsive :

La résistance totale :  $R_T = R_D + R_F = 2 \cdot S \cdot V^2 + 49 \cdot B \cdot V^2$  ou  $R_T = V^2 \cdot (2 \cdot S + 49 \cdot B)$

La puissance efficace de propulsion :  $P = F_{\text{Poussée}} \cdot V = R_{\text{Totale}} \cdot V$

Avec :

V = Vitesse en m/s

R en Newton

Le résultat en Watt.

Le rendement global de l'ensemble propulsif ; et la puissance à l'arbre moteur :

Ce rendement est très faible ; ainsi si la machine fournit 100 W ; il ne faut pas se désoler si il n'en reste qu'une trentaine pour l'avancement du modèle (et encore, c'est pas mal !).

## Remarque :

Le nombre de Froude (sans dimension) :  $F_N = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}}$  n'a pas été utilisé (mais il figure dans le formulaire).

Le calcul de la vitesse du modèle pouvant se calculer sans lui par homothétie : la vitesse varie avec le carré de l'échelle. Toutefois sa valeur (c'est la même pour le modèle et le réel) indique si nous avons affaire à un navire rapide ( $F_N > 0,4$ ) : « coque planante ». Les résistances calculées ci-dessus en dépendent.

## Références :

Les cours de mes professeurs de L'ENMM de Nantes.

[http://www.itcwiki.org/doku.php/structured\\_dictionary:general](http://www.itcwiki.org/doku.php/structured_dictionary:general)

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Coefficient\\_de\\_bloc](http://fr.wikipedia.org/wiki/Coefficient_de_bloc)

Je me suis aussi largement inspiré de : <http://tpe.navires.free.fr/chap3.htm>

Enfin, Léonard Suykens, car en matière de modélisme, c'est un chef, et moi un vrai débutant !