

Le pop-pop Volant

Par Jean-Yves

Un jour, pendant que j'essayais de construire un modèle mathématique du moteur pop-pop, j'ai fait un rêve : le pop-pop Volant. Ce rêve est devenu réalité. Le voici.



Juste pour le fun il ressemble (grossièrement j'en conviens) à un avion. Mais derrière cela se cache quelque chose de plus scientifique.

1°) Conditions de point fixe :

La poussée et la fréquence du moteur ont été mesurées au point fixe. Ainsi, j'avais une idée de ses caractéristiques, et en supposant le mouvement de l'eau sinusoïdal (ce qui n'est pas loin de la réalité comme on a pu le voir à plusieurs occasions) cela m'a permis d'estimer la vitesse maximale du jet.

2°) Pop-pop volant :

J'ai laissé le pop-pop Volant tourner de lui-même et j'ai mesuré sa vitesse. Naturellement, elle était plus rapide que ce qu'elle aurait été sur un bateau en raison de la faible résistance de l'eau. Pas de vague, ni frottement, ni résistance due à la coque... Seulement deux petits bouts de tuyaux trempaient dans l'eau.

3°) Navigation pop-pop :

Pour compléter les essais précédents, l'hydravion a été posé sur l'eau et sa vitesse mesurée.

4°) Résistance hydrodynamique :

Résistance de frottement, résistance de vague, résistance de l'air...quelles que soient leurs effets individuels ont été mesurées toutes ensemble. Pour ce faire, un couple bien connu (une masse suspendue par un fil très fin enroulé sur un tambour via une poulie) a été appliqué au mobile et la vitesse correspondante (t/mn du mobile) a été mesurée.

Caractéristiques du moteur :

Le premier moteur à spires visible sur la photo n'a pas donné satisfaction. Aussi, j'ai saisi l'opportunité de tester un moteur de Slater (voir www.sciencetoysmaker.org). La seule modification fut une inclinaison des tuyaux vers le bas et l'addition de deux tuyères cylindriques de diamètre 5mm.

Rayon de giration (entre l'axe vertical et les tuyères) = 220mm

Résultats :

Précisions: Chaque mesure de vitesse est la moyenne de 10 enregistrements. L'erreur la pire (WCE = Worse Case Error) est 9% sauf dans le cas d'autopropulsion (20%). L'erreur probable (TPE = Typical Probable Error) est 4% pour toutes les valeurs.

Fréquence mesurée: 6.6Hz.

Poussée au point fixe: 19mN.

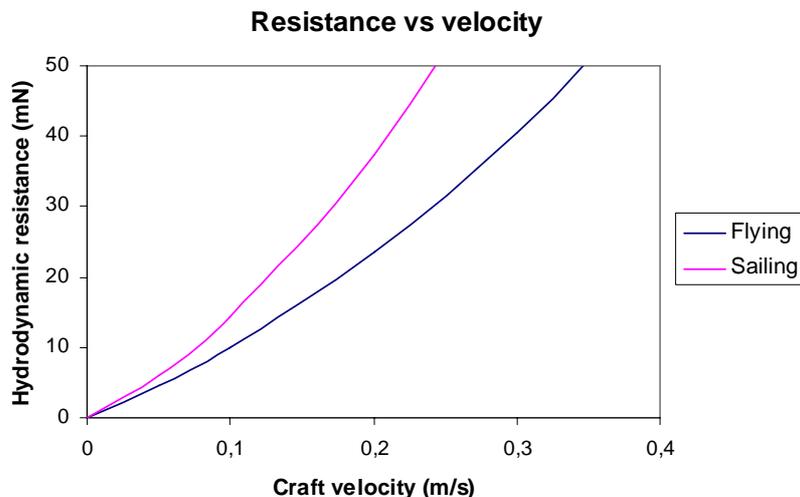
Vitesse du pop-pop volant: 13,6t/mn soit 0,157m/s.

Vitesse du pop-pop flottant : 10,1t/mn soit 0,116m/s.

Résistance hydrodynamique :

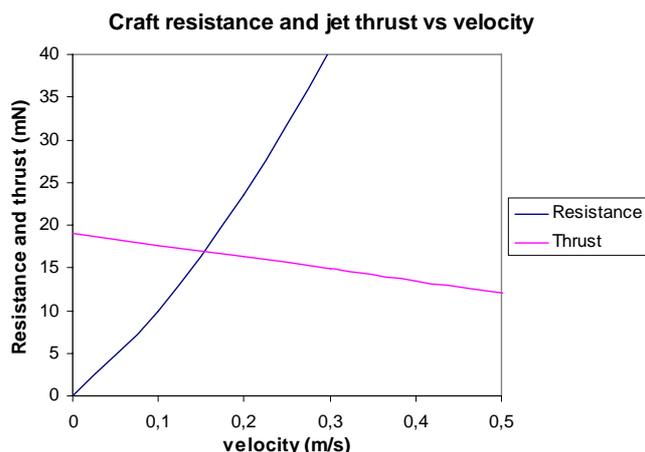
Hydrodynamic resistance:

| | | | |
|------------------------|---|-------|-------|
| Poussée (mN) | 0 | 21 | 42 |
| Pop-pop flottant (m/s) | 0 | 0,133 | 0,216 |
| Pop-pop volant (m/s) | 0 | 0,183 | 0,307 |



Nota: En raison de divers facteurs (un peu de frottement dans les paliers, hauteur de calibration limitée à 3m, variations de poussée du moteur pop-pop...) il ne s'agit pas de mesures de laboratoire. Cependant, la plupart des erreurs sont les mêmes dans les deux cas. La tendance est clairement visible. La courbe violette est nettement au-dessus de la courbe bleue.

Calculs :



En fonction d'expériences précédentes, par des calculs ces données ont permis de déterminer:

La cylindrée $C = 1.31\text{cm}^3$ par tuyère.

$$\left(\text{Car } T_{\text{moy}} = \pi\rho\left(\frac{CF}{d}\right)^2\right)$$

La vitesse maximum du jet $V = 1.38\text{m/s}$. (Car $V_{\text{max}} = \pi CF/s$)

Sur le même graphe on peut tracer la résistance hydrodynamique des tuyaux qui traînent dans l'eau et la

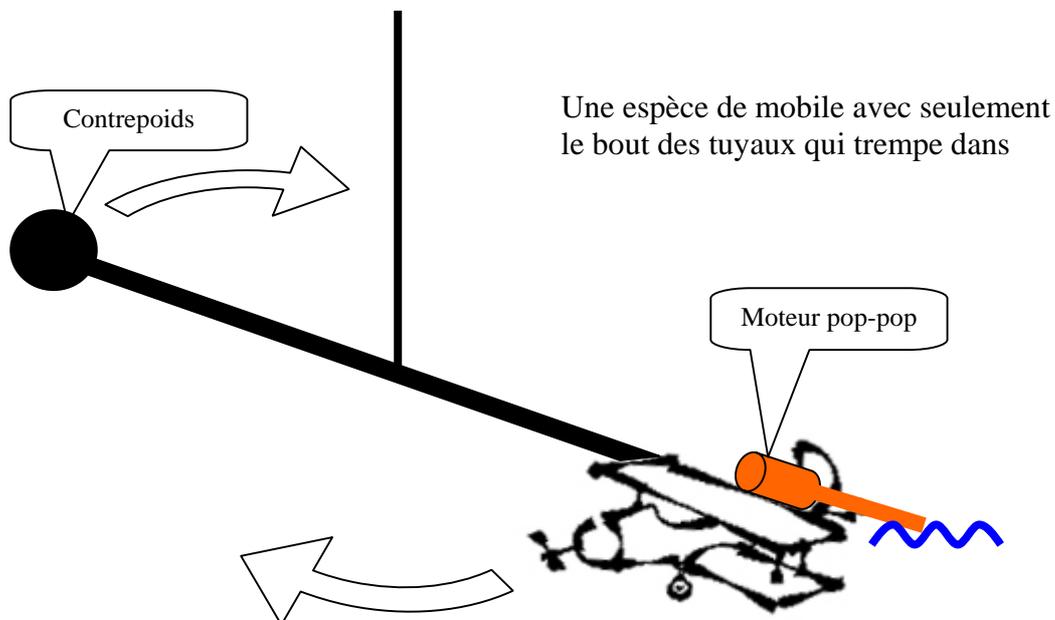
poussée délivrée par les deux hydrojets en fonction de la vitesse.

On peut en déduire que le point de fonctionnement devait être 0,155m/s (et 16,9mN) quand on a mesuré 0,157m/s. Pas loin.

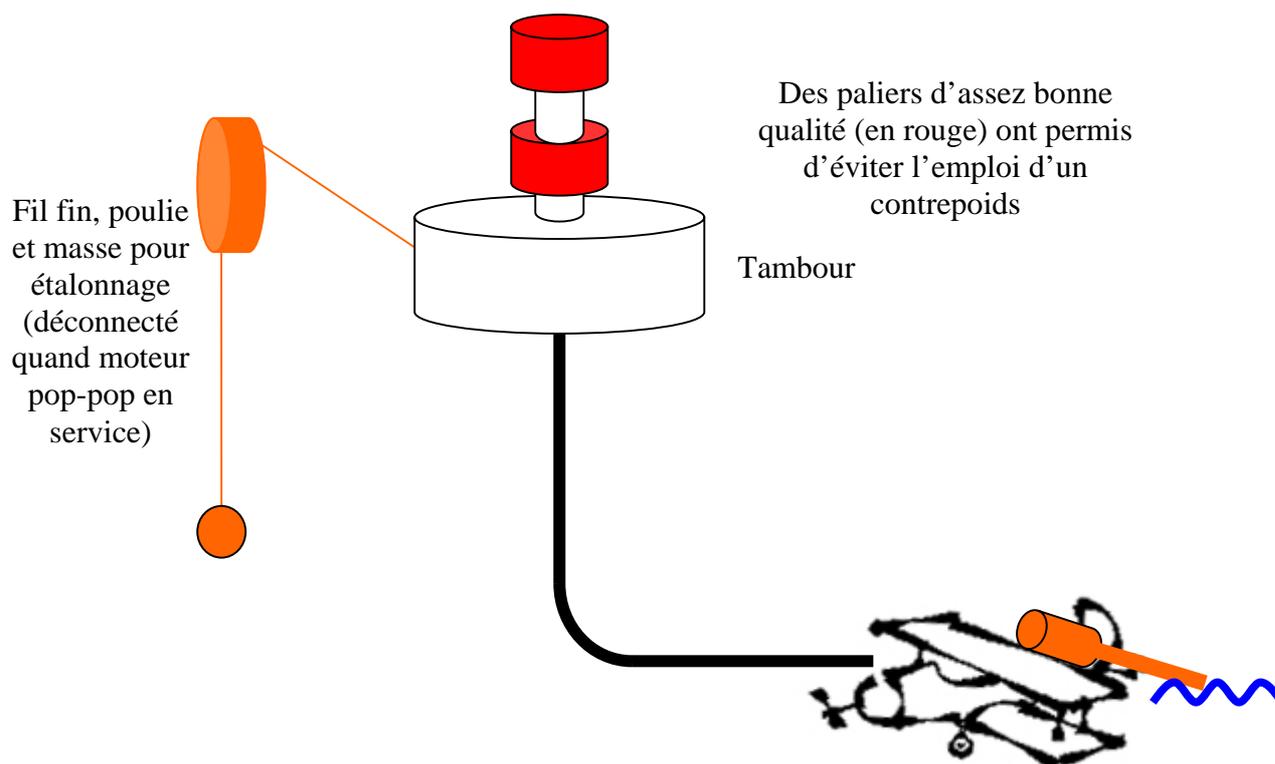
Nota: Les tuyaux du moteur pop-pop étaient un peu trop inclinés et trop profondément immergés. Avec quelques précautions supplémentaires le résultat aurait pu être meilleur. Une prochaine fois ?...

Annexe :

1°) Le rêve :



2°) Une approche plus scientifique :



3°) Naissance du pop-pop volant.



Un mât cassé de dériveur, ses barres de flèche, et un oeuf de Pâques (c'était le week-end de Pâques) furent les matières premières. Quatre rivets pop-pop (Oui, je sais elle est facile mais je ne pouvais pas résister), du tissu de verre et de la résine époxy firent le complément.

Mais il me fallait deux bons paliers pour supporter le soit disant pop-pop volant. Par hasard, mon copain Michel avait à ce moment des problèmes avec son vieux coupe bordures. Il n'a plus de problème de coupe bordures. Il n'a plus de coupe bordures du tout. J'ai utilisé les paliers du moteur électrique pour guider l'axe de mon manège. (Michel et moi sommes toujours copains).



Palier supérieur

Juste en dessous du palier inférieur j'ai fixé un tambour enroulant un fil très fin pour générer le couple d'étalonnage.

Le tambour est une roue de tondeuse. Pas prise à Michel ! Elle a été achetée neuve au magasin de bricolage le plus proche pour cette application. Diamètre : 172mm.



Fil



Et ci-contre l'engin vole au-dessus de l'eau (grâce au bras relié à son aile droite). De petites vagues sont visibles derrière les extrémités des tuyaux.

Pendant cet essai on a pu observer aussi les mouvements de l'eau. Pendant que l'engin tournait dans un sens, l'eau du bac d'essai tournait dans l'autre sens (Troisième loi de Newton) à une vitesse approximativement 20 fois plus lente que celle de l'engin.