

## **Les moteurs cycloïdaux : Etude de performance de vitesse de systèmes d'hélice à pales oscillantes**

### **lien au thème (49/50)**

Le transport maritime, alimenté par les échanges commerciaux, est confronté à un souci de rentabilité et de propreté énergétique, dans un contexte de raréfaction des carburants fossiles et de prise de conscience environnementale. La popularisation des systèmes cycloïdaux équipant des bateaux peuvent y apporter une solution.

### **motivation (48/50)**

Le fonctionnement contre-intuitif de ces moteurs à suscité ma curiosité, et je me suis interrogé sur la diversité technologique du milieu maritime. Le moteur cycloïdal est un objet d'étude sérieux dans la liste des moyens actuels de propulsion marine, et allie la Mer et la Mécanique, deux domaines que j'apprécie.

### **Ce TIPE a fait l'objet d'un travail de groupe**

#### **Liste des membres du groupe :**

de CALAN Arthur

PROUST Quentin

### **Positionnement thématique**

*SCIENCES INDUSTRIELLES* (Génie Mécanique), *PHYSIQUE* (Mécanique)

### **Mots clés**

*(Français)*

Propulsion cycloïdale

Pales oscillantes

hélice

Portance

Traînée

*(Anglais)*

Cycloidal drive

Oscillating blades

Propeller

Lift force

Drag force

### **Bibliographie commentée (585/650)**

A l'exception des roues à aubes, des vis d'Archimède, des hydroglisseurs et autres technologies en voie d'extinction, il existe majoritairement deux types de moyens de propulsion maritime motorisée : les hélices et les propulseurs cycloïdaux. Il existe des hélices de tout type, de 3 à 5 pales, à pas variable, des hélices sabres, des pods-propulseurs, des hydrojets... [1] répondant à des demandes très variées.

Les propulseurs cycloïdaux, et en particulier le Voith Schneider [2], se distinguent justement par leur originalité technologique. Le Voith Schneider est un système de motorisation à pales oscillantes verticales. Embarqués sur de nombreux remorqueurs, les

moteurs cycloïdaux répondent à des problématiques de manœuvrabilité car ils permettent de développer une forte puissance de traction, mais également des déplacements précis et dans n'importe quelle direction.

En plus d'assurer la propulsion du bateau, le Voith Schneider est aussi conçu pour commander sa direction. Une hélice de moteur cycloïdal est composée d'un stator fixé à la coque du bateau, d'un moteur dont le rotor met en mouvement un arbre vertical par un pignon conique, et d'un ensemble de 4 à 6 pales articulées et entraînées en rotation par cet arbre. A la manière d'un rotor d'hélicoptère, les pales sont non seulement entraînées par le moteur dans un mouvement circulaire uniforme mais oscillent également selon une loi (la loi de calage) qui dépend de leur position angulaire instantanée [3]. Cette oscillation se traduit par la variation d'un angle appelé angle de calage [4]. Il est dépendant de la position d'un excentrique, unique pour chaque hélice, fixe pour une allure : marche avant, en crabe, pivotement, etc. Cette position se définit comme le centre instantané de rotation de chacune des pales [5], et est commandée par deux servomoteurs imposant l'allure du bateau [3]. Ce paramétrage est conçu de sorte que la résultante de toutes les actions de l'eau sur les pales - certaines se compensent - soit dirigée dans le sens de la marche [3].

L'eau exerce une force de portance et de traînée [6] sur chaque pale. Les efforts de l'eau s'appliquant sur la pale varient en norme et en sens en fonction de l'angle d'incidence, de la vitesse relative d'écoulement de l'eau par rapport à la pale, mais aussi de son architecture, généralement assimilée à celle d'une aile d'avion NACA. A cause des efforts de dérive dont la direction est orthogonale au mouvement et donc parasite, on utilise tout le temps une deuxième hélice disposée symétriquement par rapport à l'axe de la coque, fonctionnant de manière complémentaire et engendrant une action compensant la dérive.

De nos jours, la propulsion cycloïdale connaît deux variantes reconnues. On distingue d'une part les systèmes dits épicycloïdaux dont fait partie le Voith Schneider. De nombreux bateaux, entre autres des remorqueurs, en sont équipés. D'autre part une évolution de ce système est actuellement en étude et permettrait une vitesse d'avance plus grande. Ce nouveau système, pour le moment seulement théorisé, est appelé propulseur trochoïdal, ou propulseur Lipp [5]. Il se distingue du propulseur épicycloïdal par la plage de variation de la position de son excentrique. Bien qu'apparentés et ayant comme seule différence la variation d'un paramètre cinématique, ces deux systèmes ont une mécanique différente.

Il semblerait qu'un bateau équipé d'un système épicycloïdal ait des performances de vitesse assez réduites. Les prototypes de moteurs trochoïdaux visent à corriger ce défaut majeur. En contrepartie, cette correction non seulement réduit-elle considérablement la force propulsive du bateau [5], mais elle a une influence sur un phénomène de décrochage du bateau. Lors du décrochage, que l'on rencontre pour une plage de paramètres à éviter, le moteur est à plein régime mais ne parvient pas à compenser le frottement de l'eau sur la coque : le bateau freine pour atteindre une vitesse très faible.

Ces deux systèmes fonctionnent donc en apparence de manière complémentaire. Pour les chercheurs, l'enjeu est de pouvoir réunir leurs caractéristiques propres tout en palliant leurs défauts respectifs.

### **Problématique retenue (41/50)**

Compte tenu de leur mécanique particulière, quels sont les domaines d'utilisation respectifs du moteur trochoïdal et du moteur épicycloïdal ?

Comment réunir les conditions optimales de fonctionnement d'un moteur cycloïdal ?

Les systèmes trochoïdaux présentent-il alors des caractéristiques avantageuses vis-à-vis du moteur épicycloïdal ?

### **Objectifs du TIPE (90/100)**

Dans un premier temps, j'étudierai de manière théorique la loi de calage qui régit le comportement angulaire des pales du moteur trochoïdal.

Nous réaliserons une maquette monopale permettant de mesurer les efforts de traînée et de portance exercés par l'eau sur une pale en fonction de l'angle d'incidence. Nous récupérerons ces données à l'aide de dynamomètres.

J'étudierai des lois dynamiques de déplacement du bateau en fonction de ces forces, ce qui me permettra de superposer mon étude à celle de mon binôme et ainsi conclure sur l'optimisation des deux systèmes.

### **Références bibliographiques**

[1] Heliciel.com : Une brève histoire de l'hélice

<https://www.heliciel.com//helice/helice-propulsion/histoire%20helice%20bateau.htm>

[2] : "iVSP", interactive Voith Schneider Propeller, application de simulation de pilotage à la destination des utilisateurs de moteurs Voith - Voith GmbH & Co. KGaA : *entreprise allemande détentrice du brevet de moteur épicycloïdal Voith-Schneider*

<http://www.voith.com/corp-en/drives-transmissions/voith-schneider-propeller-vsp.html?96528%5B%5D=3>

[3] sujet INSA Lyon : Cinématique - DS - Etude d'un système de propulsion par hélice à pas variable - d'après concours ESIM 2003 - Janvier 2009

<https://studylibfr.com/doc/787312/cin%C3%A9matique-etude-d-un-syst%C3%A8me-de-propulsion-par-h%C3%A9lice-%C3%A0...>

[4] J.F. DEVILLERS-T.PICHON et R.ROUCOUS : Etude des performances d'un propulseur cycloïdal nouveau. 5eme Journée de l'hydrodynamique, Rouen, 22, 23, 24 mars 1995.

[http://website.ec-nantes.fr/actesjh/images/5JH/Annexe/5\\_Journee\\_Hydro\\_S4P3.pdf](http://website.ec-nantes.fr/actesjh/images/5JH/Annexe/5_Journee_Hydro_S4P3.pdf)

[5] F.Hauville, R.Lecuyer-Le Bris, F. Deniset, G.Fasse : Optimisation de la loi de calage d'un propulseur cycloïdal. 16ème journée de l'hydrodynamisme, Marseille 2018.

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02140744/document>

[6] mécaflux.com : site et logiciel de mécanique des fluides

<https://www.mecaflux.com/portance.htm>

[7] heliciel. com : *base de donnée de coefficients hydrodynamiques de portance et traînée*

[Heliciel.com](http://Heliciel.com)