

# technologie

## 21 DES ARBRES SUR MESURE POUR LES NAVIRES

Un nouveau logiciel novateur pour faire le lien entre théorie et pratique en matière de conception d'arbres.

## 25 COMPRENDRE LA DURÉE DE VIE DES ROUEMENTS

La lubrification et la contamination sont deux des facteurs influant sur la durée de vie des roulements.



## LOGICIEL POLYVALENT

pour la conception de lignes d'arbres de propulsion navale

ShaftDesigner est un logiciel d'ingénierie assistée par ordinateur (IAO) qui procure une aide à la conception, l'installation, la maintenance et la réparation de lignes d'arbres de propulsion navale. Très utile, ce nouveau logiciel fait le lien entre la théorie et la pratique en matière d'alignement et de montage des arbres.

**Ce logiciel intègre** des fonctionnalités intéressantes pour chacune des étapes du cycle de vie d'un arbre à propulsion de navire ; il représente, en effet, avec précision tous les segments de la ligne de propulsion.

Proposé par Machine Support aux Pays-Bas, ce logiciel a pour objectif de simplifier la conception des arbres et des alignements. Il tient compte des besoins du marché identifiés dans le cadre d'une collaboration étroite entretenue pendant la phase de développement avec les sociétés de classification et les fabricants d'équipements d'ori-

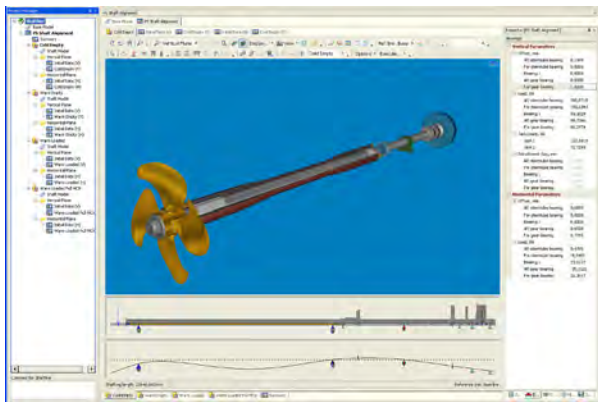


Fig. 1 : fenêtre de l'application d'alignement d'arbres.

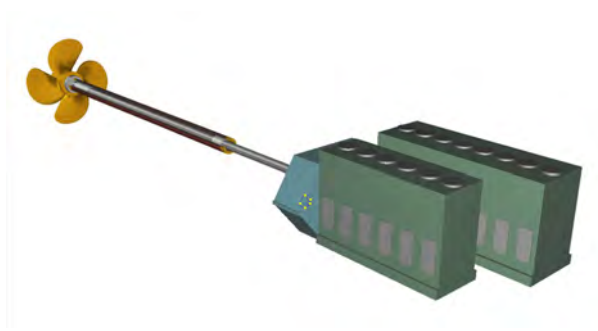


Fig. 2 : modèle d'installation à doubles moteurs.

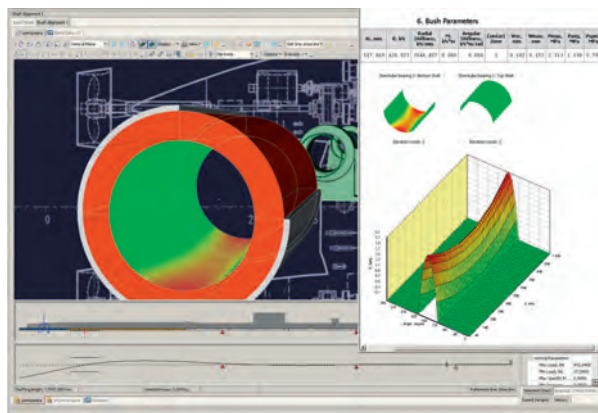


Fig. 3 : pression de contact dans le coussinet.

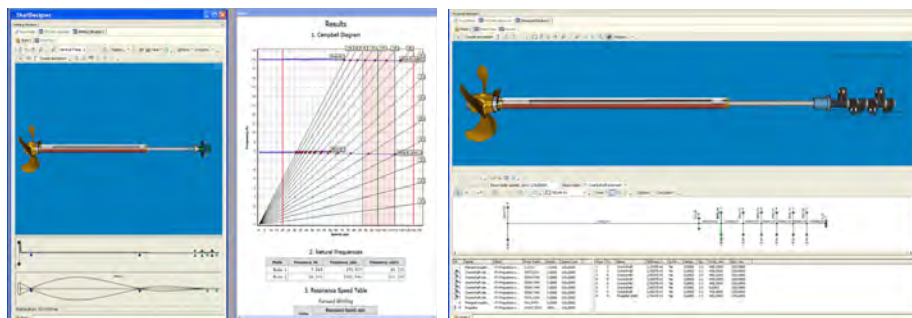


Fig. 4 : vibrations latérales avec effet gyroscopique.

Fig. 5 : modèle de calcul de vibrations de torsion créé automatiquement.

gine spécialisés dans les pièces de ligne de propulsion.

Pour la première fois, les concepteurs disposent d'un modèle unique et polyvalent pour effectuer toutes sortes de calculs sur les arbres. Il leur permet en outre d'analyser différentes conditions de service, de léger (minimum) à pleine charge, à froid et à chaud, ainsi que différentes configurations, du simple segment d'arbre à la ligne complète, moteur, réducteur et hélices compris. Désormais, les concepteurs n'ont plus à gérer de nombreux modèles de données et fichiers différents pour couvrir les nombreux types de calculs et les multiples conditions de service.

Un soin particulier a été apporté à l'interface utilisateur. Cette convivialité se retrouve à travers des fonctionnalités de modélisation 3D simples d'utilisation qui permettent d'obtenir une représentation 3D réaliste du train de propulsion basée sur les trois principales techniques de modélisation (Fig. 1).

#### MODÈLE DE BASE POUR TOUS LES CALCULS

Le logiciel se présente sous forme d'un système IAO multi-projets, multi-lignes d'arbres et multi-états en 3D pour les calculs de trains de propulsion de navires. Il repose sur un modèle de base pour calculer l'alignement des arbres, les vibrations latérales avec effet gyroscopique, les vibrations de flexion (latérales), et les vibrations axiales et de torsion.

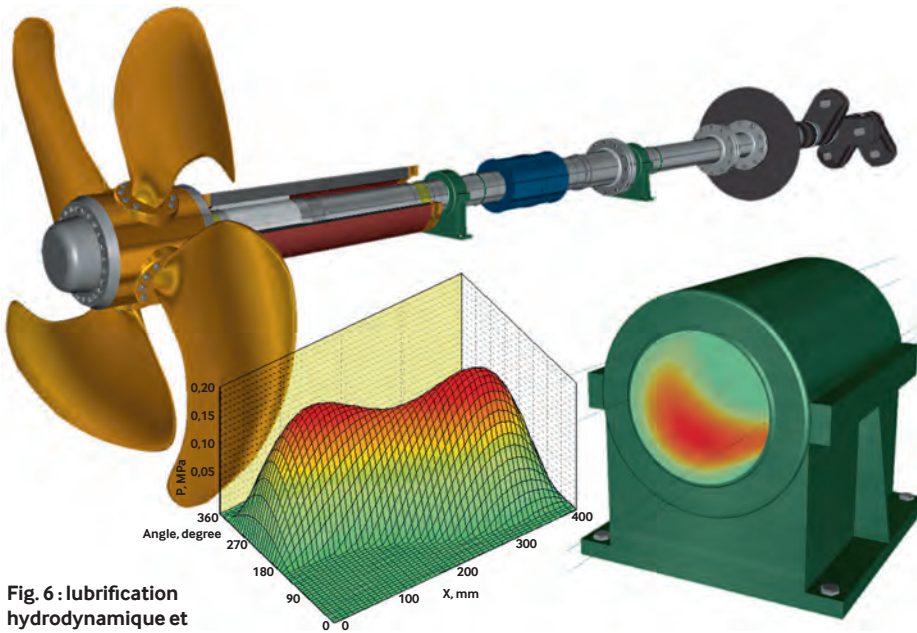
S'agissant d'un système multi-lignes d'arbres, le logiciel peut être utilisé pour n'importe quelle activité de conception, d'une simple ligne d'arbres à des trains de propulsion complets constitués de plusieurs lignes d'arbres, moteurs et autres composants. De plus, chaque application peut gérer un certain nombre d'états des trains de propulsion (Fig. 2).

ShaftDesigner est un modèle de base unique pour l'ensemble des calculs. Une fois créées, toutes les modifications sont automatiquement intégrées via les applications. Comme ce logiciel fonctionne dans un environnement graphique 3D, il est possible de vérifier visuellement ces modifications, ce qui minimise les risques d'erreurs de manipulation (Fig. 6).

#### TROIS TECHNIQUES DE MODÉLISATION

Le logiciel repose sur trois méthodes de modélisation, à savoir :





**Fig. 6 : lubrification hydrodynamique et pression de contact.**

- La modélisation par glisser-déposer libre avec correction ultérieure de la position de l'objet ;
- La modélisation par glisser-déposer avec accrochage à des positions d'objets préalablement définies ;
- Le positionnement groupé par rapport à une position d'origine déterminée.

Toute erreur de modélisation peut être facilement corrigée à l'aide de la fonction « Annuler/Répéter » ou de la fenêtre « Historique ».

#### CALCULS D'ALIGNEMENTS D'ARBRES

L'objectif des calculs d'alignements d'arbres consiste à déterminer l'emplacement des paliers de la ligne d'arbres pendant l'alignement ou d'optimiser la répartition de la charge sur les paliers de la ligne d'arbres. Le but ultime est de garantir un fonctionnement sûr du train de propulsion du navire dans toutes les conditions de service spécifiées.

La position de l'axe des paliers de la ligne d'arbres est déterminée par des décalages verticaux et horizontaux du point central des coussinets des paliers, et les angles formés par la ligne de référence et l'axe des coussinets de paliers. Les flexions de la ligne d'arbres sont calculées automatiquement

lorsque le logiciel est en fonction (Fig. 3).

Le modèle d'application est construit automatiquement à partir du modèle de base. En cas de modification de ce dernier, les flexions de la ligne d'arbres sont immédiatement actualisées. Les techniques d'alignement d'arbres prises en charge par ShaftDesigner sont le calcul direct, l'exploration des décalages, l'alignement géométrique, l'alignement à la corde à piano et l'alignement à l'aide d'une jauge de contraintes. Les fonctionnalités d'ingénierie inverse du logiciel permettent également de calculer des alignements à partir des charges de flexion, contraintes dans les roulements, charges de vérin et pesées de ligne d'arbres Gap & Sag.

Le modèle d'application peut ensuite être peaufiné pour répondre aux exigences d'applications spécifiques. L'utilisateur peut ajouter des composants supplémentaires, comme des forces concentrées, des supports temporaires et vérins, pour vérifier dans la pratique des alignements théoriques. L'introduction de supports et forces supplémentaires entraîne automatiquement le re-calculation immédiat des flexions de la ligne d'arbres.

#### CALCULS DE VIBRATIONS

Cinq modèles d'application sont disponi-

bles pour couvrir, en association avec les modèles de base, les différents types de vibrations : latérales avec effet gyroscopique, en flexion, axiales, en torsion et combinées.

Le calcul des vibrations latérales avec effet gyroscopique a pour objectif d'établir la liste des vitesses critiques pour les vibrations latérales vers l'avant et vers l'arrière (Fig. 4). L'excitation d'un premier ordre correspond à des vibrations latérales synchrones. Les résultats sont présentés sous forme de tableau des résonances et graphiquement sous forme de diagramme de Campbell.

Concernant les vibrations en flexion, l'application calcule des caractéristiques de vibrations libres comme les fréquences naturelles, les modes de formes ainsi que les vitesses de résonance. Les résultats sont présentés sous forme de diagramme de Campbell et d'un tableau des résonances.

Le module vibrations axiales intègre des fonctionnalités de calcul des vibrations libres et vibrations forcées. De nombreuses options sont disponibles pour configurer les paramètres d'excitation et d'atténuation dans les calculs de vibrations forcées. Les résultats sont présentés sous forme d'un tableau des résonances et d'un graphique indiquant les vibrations à différentes vitesses de rotation.

Les calculs des vibrations en torsion sont réalisés à partir du modèle de masse-ressort créé à l'aide de l'éditeur graphique et couvrent également les vibrations à la fois libres et forcées (Fig. 5). Les résultats sont présentés sous forme d'un tableau des résonances et d'un graphique indiquant les vibrations à différentes vitesses de rotation. Pour les vibrations en torsion, il s'avère toutefois plus efficace d'entrer manuellement des valeurs au lieu d'utiliser le modèle de base, car ces vibrations nécessitent des données spécifiques.

L'application vibrations combinées calcule les paramètres de vibrations axiales en torsion pour les installations dotées de moteurs diesels directement couplés. Tous ces calculs sont intégrés au sein d'une solution unique.

Les résultats sont présentés sous forme de rapports détaillés personnalisables au format XML pour être facilement exportés vers d'autres formats. Machine Support a déjà utilisé le logiciel dans plus de 120 projets à travers le monde. Les prochains travaux de développement devraient aboutir à de nouvelles versions du logiciel intégrant des fonctionnalités d'importation de projets



## MACHINE SUPPORT

**Machine Support** fournit des cales et du matériel d'installation, et propose des prestations d'alignement et d'installation de machines. Rachetée par SKF en 2000, l'entreprise compte à son actif plus de 25 années d'expérience dans la fourniture de solutions complètes pour l'installation et l'alignement des machines. Actuellement, une cinquantaine de collaborateurs de Machine Support met son expertise au service des propriétaires, exploitants, constructeurs, prestataires de réparation de navires et fabricants d'équipements d'origine à travers le monde (Fig. 8).

[www.shaftdesigner.com](http://www.shaftdesigner.com)  
[www.machinesupport.com](http://www.machinesupport.com)

**Fig. 8 : Machine Support propose également des services d'usinage sur site.**

3D et de modèles à partir de programmes de CAO 3D tiers.

### APPLICATION CYCLE DE VIE

Le logiciel ShaftDesigner est utile tout au long du cycle de vie du navire : de la phase de conception à la maintenance et aux réparations en passant par la construction. Au cours de la phase de conception – d'un point de vue ingénierie – ShaftDesigner est l'outil idéal pour explorer les décalages, en optimisant les positions des composants du train de propulsion à partir des critères d'acceptation définis par l'utilisateur. Utilisée à un stade précoce, cette fonctionnalité permet d'obtenir une bonne répartition de la charge sur les roulements et, par conséquent, un fonctionnement sûr de la ligne d'arbres. Elle contribue à éviter les problèmes ultérieurs de (ré)alignement fastidieux et coûteux. Parallèlement, les différents modules dédiés aux vibrations permettent de calculer les éventuelles vibrations nuisibles associées à un agencement spécifique du train de propulsion afin de pouvoir étudier les diverses options d'agencement et leurs conséquences.

Au cours de la construction et en l'absence de modèle disponible à l'issue de la phase de conception, les constructeurs peuvent tirer des bénéfices significatifs de la modélisation du train de propulsion avant l'aligne-



**Fig. 7 : installation d'une jauge de contraintes sur un arbre.**

ment proprement dit des arbres. Des valeurs de mesure exactes peuvent être facilement entrées dans le logiciel ShaftDesigner et à chaque nouvelle entrée, le modèle est actualisé automatiquement. Le programme fournit les données nécessaires pour différentes techniques d'alignement d'arbres : charge

de vérin, alignement laser et alignement avec jauge de contraintes, pour une utilisation aux différents stades de l'installation de la ligne d'arbres (Fig. 7).

Enfin, dans le cadre d'actes de maintenance et de réparations, le calcul d'alignement et de vibrations possibles de l'arbre peut permettre d'identifier les problèmes à un stade précoce. Il est ainsi possible de détecter les points des contraintes dans les roulements et de vérifier le niveau d'usure en ces points de manière à éviter toute défaillance nécessitant une coûteuse mise hors service du navire. ■

*Par Geoffrey de Vlaam – SKF Machine Support (Pays-Bas)*

## RÉSUMÉ

**Faciliter les tâches** de conception, installation et réparation des arbres de propulsion navale, tel est le but du nouveau logiciel mis au point par Machine Support aux Pays-Bas. ShaftDesigner est capable de représenter avec précision tous les composants d'un train de

propulsion et offre une multitude d'applications potentielles tout au long du cycle de vie de ces pièces. Il a été conçu pour accroître la précision et simplifier l'ingénierie des arbres et la conception des alignements.