

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 021 072

②① N° d'enregistrement national :

14 54266

⑤① Int Cl⁸ : **F 02 B 77/08** (2006.01)

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ PROCÉDE DE SUIVI D'UN MOTEUR A EXPLOSION INTERNE DE FORTE PUISSANCE, NOTAMMENT D'UN MOTEUR MARIN.

②② Date de dépôt : 14.05.14.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la demande : 20.11.15 Bulletin 15/47.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 25.01.19 Bulletin 19/04.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *FEUGAS BERNARD* —FR et

⑦② Inventeur(s) : *FEUGAS BERNARD* et *CASTELLA JEAN-PIERRE*.

⑦③ Titulaire(s) : *FEUGAS BERNARD, CASTELLA JEAN-PIERRE*.

⑦④ Mandataire(s) : *AQUINOV*.

FR 3 021 072 - B1



**PROCEDE DE SUIVI D'UN MOTEUR A EXPLOSION INTERNE DE FORTE PUISSANCE,
NOTAMMENT D'UN MOTEUR MARIN**

La présente invention concerne un procédé de suivi d'un moteur à explosion interne de forte puissance, notamment d'un moteur marin.

Dans le domaine du transport maritime, il existe des structures navigantes de forte puissance, c'est-à-dire disposant de moteurs délivrant des puissances de plusieurs milliers à
5 plusieurs dizaines de milliers de chevaux. Il en est de même pour certaines centrales thermiques pour citer d'autres applications.

Ces moteurs peuvent être alimentés avec du fioul, généralement du fioul lourd, ou du gasoil afin de ne pas utiliser du fioul fortement raffiné et d'un coût élevé, voire avec du gaz.

Ces moteurs doivent néanmoins être performants pour limiter les consommations, pour
10 limiter les rejets d'imbrûlés à l'atmosphère, pour faire tourner ces moteurs dans les meilleures conditions afin d'augmenter leur durée de vie.

La combustion de gros moteurs diesel est complexe.

En effet, la taille de ces moteurs engendre des problèmes particuliers.

Par exemple, on sait que dans un moteur de voiture, le diamètre d'un piston est de quelques
15 centimètres, tandis que dans un moteur de forte puissance il peut atteindre des dimensions de l'ordre du mètre.

Ceci pose donc des problèmes ne serait-ce que pour l'alimentation en combustible.

Dans un cycle de moteur diesel il faut vaporiser le carburant de façon divisée, le plus
20 finement possible pour permettre le transfert des calories aussi rapidement que possible ceci jusqu'au point d'auto inflammation.

Néanmoins, si les gouttelettes sont trop finement divisées elles n'ont pas une masse suffisante pour se propager à partir de la buse d'injection dans tout le volume de la chambre de combustion située au-dessus de la tête du piston et pour envahir tout ce volume de façon homogène.

La pression dans la chambre de combustion est aussi un élément important de la qualité de la combustion donc la synchronisation entre l'injection et la compression est aussi très sensible.

De même, plus un écart important de température entre l'air injecté et la température d'auto inflammation est important, plus facile est l'auto inflammation.

Dans un moteur de ce type, il existe généralement les phases de combustion suivantes :

- Compression du volume de la chambre de combustion par remontée du piston dans son cylindre,
- Injection au cours de la remontée du combustible,
- 10 - Auto Inflammation avec un délai d'inflammation lié à la montée en température des gouttelettes,
- Combustion du volume injecté avec compression maximale puisque le piston atteint son point mort haut,
- Poursuite de cette combustion,
- 15 - Poursuite de l'injection de carburant de façon adaptée pour atteindre la pression souhaitée dans le cylindre,
- Arrêt de l'injection,
- Descente du piston et décroissance rapide de la pression simultanément à une post combustion du carburant imbrûlé au cours de la montée en pression maximale par exemple par manque d'oxygène.
- 20

On comprend donc qu'il y a de nombreux paramètres sur lesquels jouer pour assurer une meilleure combustion et surtout pour assurer une plus grande durée de vie du moteur par une usure limitée, du fait du travail du moteur dans des conditions optimales.

Il est prévu de très nombreux capteurs et sondes permettant de disposer de nombreux paramètres moteur en fonctionnement, dits aussi paramètres monitorés.

Néanmoins, si seuls les paramètres sont utilisés sans tenir compte des paramètres mécaniques initiaux, il apparaît que certains défauts ne sont pas corrigés et peuvent, à terme, conduire non seulement à des surconsommations mais aussi à des défauts moteurs susceptibles de provoquer des casses et donc des pannes.

30 Ces pannes sont généralement assurées mais elles coûtent extrêmement chers aux compagnies d'assurance donc aux souscripteurs. En effet, il faut envoyer des remorqueurs

pour ramener dans un port l'unité équipée dudit moteur, il faut prévoir un transbordement de la cargaison sur une autre unité, il faut réparer ledit moteur sur le lieu de rapatriement.

On sait aussi que les équipages sont attachés à une unité que pour une mission et donc les équipes de maintenance missionnées assurent le fonctionnement mais aucunement le suivi et l'évolution des dérives desdits moteurs en fonctionnement si bien que lorsqu'il y a un défaut, celui-ci est compensé.

Il y a une perte de puissance globale, ce n'est grave, la pression ou la quantité de combustible est augmentée par augmentation de la pression d'injection ou de la durée de l'injection, sans se préoccuper de la dérive de fonctionnement d'un injecteur sur un cylindre ou d'un défaut de la pompe ou de la qualité du carburant.

Ainsi, les paramètres anormaux de fonctionnement deviennent au fur et à mesure des paramètres normaux de fonctionnement.

De plus, pour permettre une injection de comburant, c'est-à-dire de l'air avec une forte pression dans la chambre de combustion, il est prévu un turbocompresseur avec une turbine entraînée par les gaz de combustion, turbine qui actionne un arbre support d'une autre turbine qui comprime le comburant à injecter dans la chambre de combustion.

Il est donc nécessaire de prévoir un procédé qui permet d'analyser l'ensemble des paramètres moteurs et ceci de façon comparative afin de permettre des réglages, des remplacements de pièces, des changements de carburant, des nettoyages par exemple.

A cet effet, le procédé selon la présente invention est maintenant décrit en détail suivant un mode de réalisation particulier, non limitatif, applicable à la maintenance globale d'un moteur marin du type à combustible diesel et à explosion interne.

Le procédé selon l'invention consiste à :

- a. Collecter les données du moteur neuf prêt à fonctionner,
- b. Mesurer la puissance maximale P_{Max} de chaque cylindre à différents taux de charge,
- c. Collecter les données du moteur en fonctionnement,
- d. Valider au moins une dérive de fonctionnement moteur lorsqu'au moins une donnée d'au moins une donnée recueillie au moins dans deux des étapes a), b) ou c) varie dans le même sens,
- e. Localiser la cause de ladite dérive, et
- f. Préconiser un remède à cette cause.

Plus particulièrement, l'étape de collecte des données du moteur neuf prêt à fonctionner et des données du moteur en fonctionnement consiste à analyser les gaz de combustion à savoir CO, CO₂, NO, NO₂, O₂, SO₂ et les imbrulés totaux HC, suie et particules.

Ces irrégularités peuvent provenir d'un ou plusieurs cylindres.

5 Si les irrégularités se retrouvent sur l'ensemble des cylindres, alors il y a une origine commune :

- Problème de l'alimentation en combustible : il convient de changer de combustible ou du moins de qualité de combustible.
 - Problème d'alimentation en air compressé : maintenance du turbocompresseur à
- 10 réaliser.
- Problème de refroidissement moteur : dysfonctionnement des pompes et/ou dysfonctionnement des sondes.

Une fois les analyses de gaz effectuées, une fois les irrégularités déterminées, il est en effet possible d'aborder les différents paramètres un par un et de détecter notamment les

15 défauts suivants:

- Allumage prématuré,
 - Retard à l'allumage,
 - Postcombustion,
 - Fuites à l'injecteur,
 - Encrassement injecteur,
 - Faible pression de compression,
 - Conditions des soupapes d'échappement et/ou d'admission.
- 20

Exemple d'irrégularités :

1/ Allumage prématuré

25 La mesure, à l'aide d'un capteur débouchant dans la chambre de combustion, d'une pression de crête anormalement élevée autour du point mort haut du piston dans le cylindre sont le signe d'une auto inflammation prématurée.

Ce décalage par rapport aux autres cylindres et au cycle calculé engendre des cognements (mesurés ou simplement ressentis) dans la transmission piston/bielle/maneton/vilebrequin.

30 Il peut donc y avoir plusieurs raisons à cette auto inflammation prématurée.

- Mauvais calage de la pompe d'injection de combustible,

- Mauvais asservissement du début d'injection en fonction de la charge,
 - Ressorts d'injecteurs brisés ou mal réglés,
 - Mauvaise qualité du combustible, ce qui est déterminé par les mesures élevées des NO, NO₂, CO et CO₂, le taux d'imbrûlés et les températures d'échappement,
- 5 - Surchauffe des pièces de la chambre de combustion, ce qui est déterminé par les mesures élevées des NO, NO₂, et CO et les températures d'échappement.

On peut donc ainsi remédier à ces irrégularités par réglage des calages des pompes et/ou remplacement des pièces usées.

Pour la pompe on peut la régler extérieurement

- 10 Pour l'asservissement, on peut aussi agir extérieurement

Pour les ressorts des injecteurs, il faut les démonter.

2/ Post combustion

- 15 Cette post combustion est causée par une combustion lente ou tardive qui se produit pendant la course détente alors que dans cette phase le combustible a été normalement déjà consommé par la combustion. Il subsiste donc du combustible non totalement brûlé donc expulsé dans le conduit d'échappement ce qui conduit à travers une analyse de gaz à une mesure de NO et NO₂ à un taux très élevé.

- 20 Cette post combustion entretient une température élevée alors que le piston descend et donc le film de lubrification est exposé à de fortes températures d'une part qui peut conduire à sa dégradation et d'autre part à un mauvais balayage des gaz de combustion.

3/ Puissance Maximum :

S'il existe une fuite sur un injecteur, l'analyse combinée des gaz et de la PMax permet de le déterminer.

- 25 Il existe en effet des fluctuations de la pression et de gaz CO₂, NO et NO₂ pendant la détente car il y a combustion secondaire lors de la détente.

Les gaz chauds peuvent retourner vers la buse de l'injecteur du fait de la combustion des gouttelettes formant souvent de la calamine à l'extérieur mais aussi à l'intérieur de la buse.

Il faut alors remplacer et vérifier.

- 30 Les buses peuvent même se boucher entraînant une explosion des conduites sous la puissance d'injection de la pompe.

L'analyse des gaz de combustion montrent dans ce cas une valeur faible du taux de CO₂.

4/ Perte de puissance moteur

On peut mesurer une perte de puissance liée corrélée avec une perte de compression dans une chambre d'un des cylindres. On peut en déduire la rupture, l'usure, le grippage d'un segment dans les gorges qui les portent du fait d'un dépôt excessif de calamine mais si le phénomène est général, cela peut aussi être le signe d'une usure des couples chemise/

5 segments ou le signe d'une mauvaise lubrification.

L'analyse des gaz de combustion et de la perte de la PMax sont révélateurs de ce phénomène.

5/ Soupapes

10 La forme de la courbe de PMax et l'analyse des gaz de combustion permettent de déduire une ouverture prématurée ou tardive de la soupape d'échappement.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de suivi d'un moteur à explosion interne de forte puissance, notamment d'un moteur marin, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- a. Collecter les données du moteur neuf prêt à fonctionner,
- b. Mesurer la puissance maximale PMax de chaque cylindre à différents taux de charge,
- 5 c. Collecter les données du moteur en fonctionnement,
- d. Valider au moins une dérive de fonctionnement moteur lorsque au moins une donnée d'au moins une donnée recueillie au moins dans deux des étapes a), b) ou c) varie dans le même sens,
- e. Localiser la cause de ladite dérive, et
- 10 f. Préconiser un remède à cette cause.

2. Procédé de suivi d'un moteur à explosion interne de forte puissance, notamment d'un moteur marin selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de collecte des données du moteur neuf prêt à fonctionner et des données du moteur en fonctionnement consiste à analyser les gaz de combustion à savoir CO, CO₂, NO, NO₂, O₂, SO₂ et les imbrulés totaux, suie et particules.

15

3. Procédé de suivi d'un moteur à explosion interne de forte puissance, notamment d'un moteur marin selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les défauts détectés sont compris parmi :

- o Allumage prématuré,
- 20 o Retard à l'allumage,
- o Postcombustion,
- o Fuites à l'injecteur,
- o Encrassement injecteur,
- o Faible pression de compression,
- 25 o Conditions des soupapes d'échappement et/ou d'admission.

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- Le demandeur a maintenu les revendications.
- Le demandeur a modifié les revendications.
- Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

DE 10 2009 009796 B3 (ORANGE GMBH [DE])
7 octobre 2010 (2010-10-07)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

EP 2 184 476 A1 (YANMAR CO LTD [JP])
12 mai 2010 (2010-05-12)

DE 10 2012 020903 A1 (DAIMLER AG [DE])
25 avril 2013 (2013-04-25)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT