



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**12.10.2016 Bulletin 2016/41**

(51) Int Cl.:  
**B63H 23/10 (2006.01) B63H 3/10 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **16164433.1**

(22) Date de dépôt: **08.04.2016**

(84) Etats contractants désignés:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Etats d'extension désignés:  
**BA ME**  
Etats de validation désignés:  
**MA MD**

(30) Priorité: **08.04.2015 FR 1553019**

(71) Demandeurs:  
• **Canavese, Sebastien**  
**13008 Marseille (FR)**  
• **Delaunay, Pierrick**  
**13840 Rognes (FR)**

• **Roverc'h, Jean-Eudes**  
**22800 Saint-Brandan (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **Canavese, Sebastien**  
**13008 Marseille (FR)**  
• **Delaunay, Pierrick**  
**13840 Rognes (FR)**  
• **Roverc'h, Jean-Eudes**  
**22800 Saint-Brandan (FR)**

(74) Mandataire: **Roman, Alexis**  
**Cabinet Roman**  
**35, rue Paradis**  
**B.P. 30064**  
**13484 Marseille Cedex 20 (FR)**

(54) **PROCEDE ET SYSTEME POUR MODIFIER LA PROPULSION D'UN NAVIRE**

(57) L'invention a pour objets un procédé et un système pour modifier la propulsion d'un navire, laquelle propulsion est assurée par au moins une ligne d'arbre comprenant :

- une hélice à pas variable solidaire d'un arbre d'hélice,
- deux moteurs comprenant chacun un arbre moteur.

Le navire navigue initialement dans une configuration où :

- les groupes électrogènes fournissent l'énergie électrique,
- un seul moteur par ligne d'arbre est activé pour fournir l'énergie propulsive,

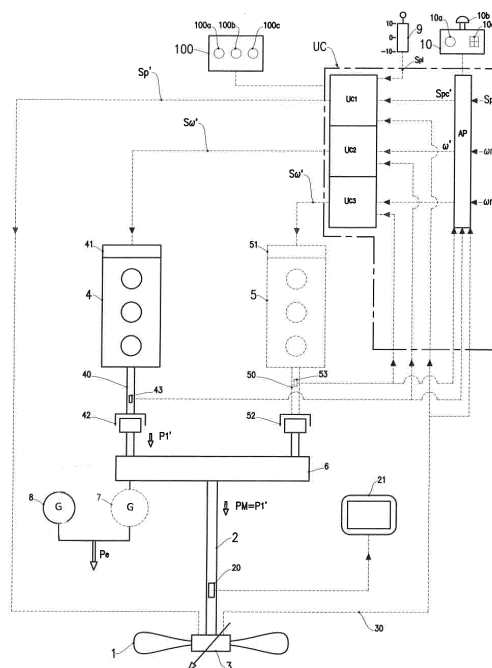
La puissance initiale développée par ledit moteur activé, en fonction de la valeur initiale du pas d'hélice et de la vitesse nominale de rotation de l'arbre moteur dudit moteur activé, génère une vitesse de croisière initiale du navire.

Dans cette configuration de navigation, on émet de nouvelles consignes de commandes adaptées pour régler :

- un nouveau pas d'hélice qui augmente le couple sur l'arbre d'hélice,
- une nouvelle vitesse de rotation de l'arbre moteur du moteur activé qui est inférieure à la vitesse nominale de rotation dudit arbre moteur.

Les réglages du nouveau pas d'hélice et de la nouvelle vitesse de rotation de l'arbre moteur sont effectués de manière à ce que la puissance développée par le mo-

teur activé soit maintenue à sa valeur initiale, ou à une valeur proche de cette valeur initiale, et que le navire navigue à une nouvelle vitesse de croisière supérieure à la vitesse de croisière initiale.



**Fig. 2**

## Description

### Domaine technique de l'invention.

**[0001]** L'invention a pour objets un procédé et un système pour modifier la propulsion d'un navire.

**[0002]** Elle concerne le domaine technique des navires propulsés par des moteurs thermiques, et plus particulièrement des aménagements permettant de régler la propulsion de navires, par exemple pour le transport de passagers, le transport de marchandises, etc.

### État de la technique.

**[0003]** Les navires sont habituellement pourvus d'une ou plusieurs lignes d'arbre assurant leur propulsion.

**[0004]** Sur la figure 1, la ligne d'arbre comprend une hélice 1 dont le pas est variable et qui est solidaire d'un arbre d'hélice 2. L'hélice 1 est associée à un variateur 3 qui permet de faire varier son pas de sorte que, en rotation, la modification dudit pas entraîne une modification du couple sur l'arbre d'hélice 2.

**[0005]** Deux moteurs à combustion interne 4 et 5, par exemple des moteurs diesels suralimentés, sont également installés sur la ligne d'arbre. Ces moteurs 4, 5 sont identiques et sont dimensionnés de manière à pouvoir assurer seuls la propulsion du navire. Ces moteurs suralimentés 4, 5 sont initialement prévus pour un fonctionnement à puissance nominale et à vitesse de rotation constante. Ils comprennent chacun un arbre moteur, respectivement 40 et 50.

**[0006]** Un régulateur de vitesse 41, 51 est associé à chacun des moteurs 4, 5. Chaque régulateur de vitesse 41, 51 permet de maintenir la vitesse de rotation de l'arbre moteur 40, 50 du moteur 4, 5 auquel il est associé. A cette vitesse de rotation correspond une consigne de commande.

**[0007]** Un réducteur 6 est adapté pour modifier le rapport de vitesse et le couple entre chaque arbre moteur 40, 50 et l'arbre d'hélice 2. Il permet par exemple de réduire de cinq fois la vitesse de rotation des arbres moteurs 40, 50 et ainsi d'augmenter de cinq fois le couple sur l'arbre d'hélice 2. Ce réducteur 6 comprend généralement des engrenages qui barbotent dans de l'huile de lubrification. Le couplage mécanique de chaque arbre moteur 40, 50 au réducteur 6 est réalisé au moyen d'accouplements débrayables 42, 52.

**[0008]** Un alternateur attelé 7 (ou générateur électrique de courant alternatif) permet de fournir de l'énergie électrique  $P_e$  au navire lorsque ledit alternateur est accouplé à au moins un des arbres moteurs 40 ou 50, par l'intermédiaire du réducteur 6. La fréquence du courant généré dépend directement de la vitesse de rotation dudit ou desdits arbre(s) moteur(s).

**[0009]** L'énergie électrique  $P_e$  peut également être fournie par un ou plusieurs groupes électrogènes 8 lorsque ces derniers sont activés.

**[0010]** Une unité de gestion électronique  $U_c$  gère le

fonctionnement de la ligne d'arbre. Cette unité de gestion électronique comprend un ou plusieurs processeurs ou microprocesseurs et une ou plusieurs mémoires dans laquelle ou lesquelles sont enregistrés un ou plusieurs programmes informatiques dont les instructions, lorsqu'elles sont exécutées par le processeur, permettent de réaliser les fonctionnalités décrites plus avant dans la description.

**[0011]** Sur la figure 1, l'unité de gestion  $U_c$  est subdivisée en trois sous-unités respectivement  $U_{C1}$ ,  $U_{C2}$ , et  $U_{C3}$ . Ces sous-unités sont généralement physiquement séparées les unes des autres et sont autonomes. Elles peuvent toutefois être physiquement regroupées au sein d'une même unité.

**[0012]** La sous-unité  $U_{C1}$  gère la charge des moteurs 4, 5. La « charge » est le rapport entre le travail effectif fourni à un certain régime moteur sur le travail maximal autorisé au même régime moteur. Etant donné que le travail d'un moteur correspond au couple sur un tour de rotation, nous pouvons dire que la charge correspond au rapport du couple effectif, sur le couple maximal. La charge n'a donc pas d'unité et est exprimée en pourcentage. La charge est associée à la partie résistante qui correspond à l'hélice 1 et par conséquent au couple résistant ainsi qu'au pas d'hélice. Concrètement, la charge  $C_h$  détermine la valeur du couple résistant induit par l'hélice 1 sur l'arbre d'hélice 2, suite au réglage de son pas, qui est compensé par le couple moteur  $C$  délivré par les arbres moteurs 40, 50.

**[0013]** La sous-unité  $U_{C1}$  transmet au variateur 3, une consigne de commande  $S_p$  qui règle le pas de l'hélice 1 à une valeur initiale. Cette valeur initiale dépend d'une consigne  $S_{pl}$  donnée par un levier 9, lequel levier est actionné manuellement depuis la passerelle de pilotage du navire. Cette consigne  $S_{pl}$  est par exemple comprise entre  $[0 ; +10]$  lorsque le navire navigue en marche avant et entre  $[0 ; -10]$  lorsqu'il navigue en marche arrière.

**[0014]** La valeur du pas de l'hélice 1 dépend également d'une consigne  $S_{pc}$  de limite de charge, ce qui se traduit par :

$$S_p = f(S_{pl} ; S_{pc})$$

où «  $f$  » est une fonction de transfert.

**[0015]** La consigne de limite de charge  $S_{pc}$  correspond à une valeur limite de pas de l'hélice 1 appliquée à la consigne de pas demandée  $S_{pl}$ . En deçà de cette valeur de pas, il n'y a aucune limitation quand à l'action du levier 9 ; cependant, au delà de cette valeur, le pas de l'hélice 1 reste bloqué à ladite valeur et le levier 9 n'a plus d'action sur ledit pas. La consigne de limite de charge ( $S_{pc}$ ) est généralement fixée à une valeur proche de 80% pour éviter que les moteurs 4 ou 5 ne dépassent 80% du couple maximal ( $C_{1max}$ ) ainsi que de la puissance maximale ( $P_{1max}$ ), réglages adaptés à un usage prolongé.

**[0016]** Les valeurs de consigne de limite de charge  $S_{pc}$

sont généralement préconisées par le constructeur, mais peuvent être réglées manuellement par l'utilisateur, entre 0% et 110%, notamment en fonction des conditions de navigation. Par exemple, en cas d'avarie sévère (voie d'eau, incendie,...), la consigne de limite de charge peut être réglée à 110 %.

**[0017]** Par exemple, si la passerelle actionne le levier 9 pour demander un pas maximum de « 10 » (sur une échelle de 0 à 10), et que l'on applique une limitation de charge de 80% (consigne  $S_{pc}$ ), la sous-unité  $U_{C1}$  émet une consigne  $S_p$  telle que le variateur 3 règle le pas de l'hélice à une valeur correspondant à 80% du couple maximal disponible ( $C_{1max}$ ), ou de la puissance maximale ( $P_{1max}$ ) disponible s'il s'agit de moteurs à vitesse de rotation constante.

**[0018]** Les sous-unités  $U_{C2}$  et  $U_{C3}$  gèrent les vitesses de rotation respectivement des moteurs 4 et 5. Elles transmettent aux régulateurs de vitesse 41, 51 des consignes de commande, respectivement  $S_{\omega}$ , lesquelles consignes maintiennent la vitesse de rotation de l'arbre moteur correspondant, respectivement 40, 50, à une vitesse nominale de rotation  $\omega_n$ . Cela peut se traduire par la formule suivante :

$$S\omega = g(\omega_n)$$

où « g » est une fonction de transfert.

**[0019]** La vitesse nominale de rotation  $\omega_n$  est prédéfinie par le constructeur, comme cela est expliqué plus avant dans la description.

**[0020]** Actuellement, on distingue trois modes de fonctionnement distincts pour répartir la puissance dite propulsive  $P_M$  et la puissance électrique  $P_e$ , nécessaires pour faire avancer le navire et fournir le courant du bord.

**[0021]** Dans un mode dit « générateur », les moteurs 4, 5 délivrent à eux seuls la puissance propulsive  $P_M$  via l'arbre d'hélice 2, ainsi que la puissance électrique  $P_e$  via l'alternateur attelé 7. Il est également possible de n'activer qu'un seul des deux moteurs 4 ou 5, l'autre étant désactivé et désaccouplé du réducteur 6. Dans ce mode, le ou les groupes électrogènes 8 sont désactivés.

**[0022]** La vitesse de rotation  $\omega_n$  des arbres moteurs 40 et 50, dite nominale, doit rester constante afin de produire le courant de bord avec une fréquence donnée. En effet, l'alternateur attelé 7 génère un courant dont la fréquence dépend directement de la vitesse de rotation de l'arbre moteur 50. Il est essentiel de maintenir constante la fréquence du courant (+/- 1Hz), au risque d'altérer les appareils électriques desservis. La vitesse nominale  $\omega_n$  de rotation des moteurs 4 et 5 est par exemple de 79 rad/s.

**[0023]** Les moteurs 4, 5 délivrent chacun une puissance qui varie selon la charge  $Ch_1$  de l'hélice 1 (figure 3a), ainsi que la charge du réseau électrique, jusqu'à atteindre une puissance nominale  $P_{1n}$  fixée généralement à 80 % de la puissance maximale  $P_{1max}$ , selon les cons-

tructeurs.

**[0024]** C'est donc le réglage de la consigne de limite de charge  $S_{pc}$  qui détermine le couple nominal  $C_{1n}$  ainsi que la puissance nominale  $P_{1n}$  des moteurs 4, 5 (en cas de vitesse de rotation constante).

**[0025]** Dans un mode dit « propulsif », la puissance  $P_{1n}$  de chacun des deux moteurs 4, 5 est entièrement dédiée à la propulsion du navire ( $P_M = 2 \times P_{1n}$  en prenant comme hypothèse qu'il n'y ait pas de perte au niveau du réducteur 6). La puissance électrique  $P_e$  est fournie exclusivement par le ou les groupes électrogènes 8, l'alternateur attelé 7 étant désactivé. Les moteurs 4, 5 fonctionnent à vitesse nominale constante  $\omega_n$ .

**[0026]** La figure 3a est un diagramme sur lequel la puissance motrice  $P_M$  disponible sur l'arbre d'hélice 2 correspond aux ordonnées gauches, et la vitesse de rotation  $\omega$  des arbres moteurs 40, 50 correspond aux abscisses, étant entendu que cette vitesse de rotation  $\omega$  est directement proportionnelle à la vitesse de rotation de l'arbre d'hélice 2.

**[0027]** Sur cette figure 3a, les courbes en trait gras sont des courbes d'iso-vitesse, permettant de déterminer la vitesse V du navire.

**[0028]** Les courbes en trait d'axe sont des courbes d'iso-charge permettant de déterminer la charge  $C_h$  sur l'arbre d'hélice 2. On rappelle ici que cette charge  $C_h$  est un pourcentage correspondant au couple résistant induit par l'hélice 1 suite au réglage de son pas, compensé par le couple C délivré par les arbres moteurs 40, 50 (auquel est appliqué le coefficient de réduction induit par le réducteur 6).

**[0029]** Les courbes en trait plein sont des droites d'iso-couple permettant de déterminer le couple moteur C sur les arbres moteurs 40, 50.

**[0030]** Sur la figure 3a, au point de fonctionnement 1n, le navire fonctionne avec un seul moteur 4 ou 5. A la vitesse de rotation nominale  $\omega_n$  (ex : environ 79 rad/s), et pour une charge nominale  $C_{h1n}$ , la puissance motrice nominale développée par ce moteur est égale à  $P_{1n}$  et la vitesse du navire est égale à  $V_{1n}$  (ex : environ 16 noeuds). La puissance motrice nominale  $P_{1n}$  (ex : environ 3900 kW) correspondant à environ 80 % de la puissance maximale  $P_{1max}$  (ex : environ 4900 KW). Le couple moteur nominal  $C_{1n}$  (ex : environ 240 kN.m sur l'arbre d'hélice 2) correspond au couple résistant de la charge nominale  $C_{h1n}$  de 80 % (les courbes d'iso-couple et d'iso-charge se rencontrent en ce point 1 n).

**[0031]** Au point de fonctionnement 1<sub>max</sub>, le navire fonctionne encore avec un seul moteur 4 ou 5. A la vitesse de rotation nominale  $\omega_n$ , et pour une charge maximale  $C_{h1max}$ , la puissance motrice maximale développée par ce moteur est égale à  $P_{1max}$  (ex : environ 4900 kW) et la vitesse du navire augmente de  $V_{1n}$  à  $V_{1max}$  (ex : environ 18,2 noeuds). Le couple moteur maximal  $C_{1max}$  (ex : environ 315 kN.m sur l'arbre d'hélice 2) correspond au couple résistant de la charge maximale  $C_{h1max}$  de 100 % (les courbes d'iso-couple et d'iso-charge se rencontrent en ce point 1<sub>max</sub>).

**[0032]** Au point de fonctionnement  $2_n$  le navire fonctionne avec les deux moteurs 4 et 5 activés. A la vitesse de rotation nominale  $\omega_n$ , on augmente la charge  $C_{h2n}$ . La puissance motrice disponible sur l'arbre d'hélice 2 augmente alors à une valeur  $P_{2n}$  (ex : environ 7800 kW ;  $P_{2n} = 2 \times P_{1n}$ ) et la vitesse du navire augmente de  $V_{1n}$  à  $V_{2n}$  (ex : environ 20,4 noeuds). Le couple moteur  $C_{2n}$  (ex : environ 480 kN.m sur l'arbre d'hélice 2) correspond au couple résistant de la charge  $C_{h2n}$  (les courbes d'iso-couple et d'iso-charge se rencontrent en ce point 2).

**[0033]** Ce mode propulsif permet un fonctionnement sur un ou deux moteurs par ligne d'arbre. Le fait d'avoir un seul moteur activé par ligne d'arbre est économique, puisque la consommation au mille est intéressante, mais le rendement propulsif (directement lié à la vitesse  $V$  du navire) est dégradé ; l'hélice 1 ne travaillant pas dans sa plage efficiente d'utilisation.

**[0034]** Le fait d'avoir deux moteurs activés par ligne d'arbre permet un rendement propulsif intéressant, mais la consommation au mille est maximale du fait d'avoir les moteurs 4, 5 ainsi que le ou les groupes électrogènes 8 en fonctionnement.

**[0035]** Dans un mode dit « combinatoire », la vitesse de rotation  $\omega$  des arbres moteurs 40, 50 n'est plus constante, mais varie avec la charge  $C_h$  de l'hélice 1.

**[0036]** Comme dans le mode propulsif, la puissance des moteurs 4, 5 peut alors être entièrement utilisée pour la propulsion du navire. La puissance électrique  $P_e$  est fournie exclusivement par le ou les groupes électrogènes 8. En effet, dès lors que la vitesse de rotation  $\omega$  des arbres moteurs 40, 50 varie et que la fréquence du courant généré doit rester constante, l'alternateur attelé 7 doit être désactivé.

**[0037]** Étant donné que dans ce cas, la vitesse de rotation  $\omega$  des arbres moteurs 40, 50 varie parallèlement avec la charge  $C_h$  de l'hélice 1, le couple  $C$  délivré par les arbres moteurs 40, 50 est ainsi optimisé. Ce couple ne dépasse toutefois pas sa valeur nominale  $C_{1n}$ , toujours atteinte à la limite de charge (environ 80 % du couple maximal  $C_{1max}$ ) et à la vitesse nominale  $\omega_n$  (limite supérieure).

**[0038]** Ce mode est intéressant pour les montées en charge et les allures transitoires du navire. Il en résulte une meilleure accélération du navire ainsi qu'une optimisation du pas de l'hélice 1, du fait de favoriser le couple  $C$  délivré par les arbres moteurs 40, 50 plutôt que leur vitesse de rotation  $\omega$ .

**[0039]** Dans le cas où la vitesse nominale de rotation  $\omega_n$  des arbres moteurs 40, 50 est constante, seule la charge varie jusqu'à atteindre la limite de charge fixée par la consigne de limite de charge  $S_{pc}$ . Étant donné que la vitesse de rotation de l'ensemble propulsif reste constante, le réglage de la limite de charge détermine dans ce cas précis la limite de la puissance motrice.

**[0040]** La formule suivante relie, pour chaque moteur 4, 5 : puissance, couple, et vitesse de rotation :

$$P = C \times \omega$$

Où:

- $P$  correspond à la puissance en W (Watt) délivrée par le moteur 4, 5 ;
- $C$  correspond au couple en N.m (Newton mètre) de l'arbre moteur 40, 50 ;
- $\omega$  correspond à la vitesse de rotation en rad/s (radian par seconde) de l'arbre moteur 40, 50.

**[0041]** Cette formule s'applique de la même façon, lorsque les deux moteurs 4 et 5 sont activés.

**[0042]** La vitesse nominale de rotation  $\omega_n$  ainsi que la puissance maximale disponible au point de fonctionnement  $2_n$  ( $P_{2n} = 2 \times P_{1n}$ ) des moteurs 4 et 5 sont déterminées par le constructeur. Ces valeurs sont sélectionnées lors de la construction du navire pour être compatibles avec le choix de l'hélice 1. En se référant à la figure 3a, au point de fonctionnement  $2_n$ , ainsi que tout le long de la courbe  $Ch_{2n}$ , l'hélice 1 travaille dans sa plage efficiente d'utilisation, ladite hélice étant dimensionnée pour fonctionner avec deux moteurs à environ 80 % de leur puissance maximale.

**[0043]** La conception de l'alternateur attelé 7, et notamment son bobinage, découle directement de la vitesse nominale de rotation  $\omega_n$  des arbres moteurs 40, 50, dès lors que la fréquence du courant généré par ledit alternateur doit rester constante (par ex : 50 Hz ou 60 Hz, +/- 1 Hz).

**[0044]** Les moteurs 4, 5, l'hélice 1, et l'alternateur attelé 7 étant tous les trois interdépendants, il est impossible, en mode générateur, de modifier un de ces appareils sans en modifier au minimum un autre. Ces appareils ainsi que leurs réglages sont donc propres au navire et restent, a priori, les mêmes tout au long de son exploitation.

**[0045]** La vitesse nominale  $\omega_n$  des arbres moteurs 40, 50, est donc déterminée à la construction du navire, et doit être maintenue à une valeur constante en mode générateur, afin que l'alternateur attelé 7 puisse fournir un courant électrique avec une fréquence sans variation. A la fréquence de 50 Hz il est toléré une variation de +/- 1 Hz, soit une erreur de +/- 2%.

**[0046]** Les régulateurs de vitesse 41, 51, par l'intermédiaire des sous-unités de gestion  $U_{C2}$  et  $U_{C3}$ , maintiennent donc constante la vitesse de rotation nominale  $\omega_n$  des arbres moteurs 40, 50 et intègrent indirectement la charge (c'est-à-dire le couple induit par l'hélice 1) en agissant sur l'injection de combustible dans les moteurs 4, 5, pour conserver cette vitesse nominale. Sur la figure 1, la vitesse de rotation des arbres moteurs 40, 50 est contrôlée au moyen de capteurs de vitesse 43, 53 installés sur lesdits arbres.

**[0047]** Dans les cas où la vitesse de rotation des arbres moteurs 40, 50 est constante et maintenue à la vitesse

nominale  $\omega_n$ , la puissance des moteurs 4, 5 varie jusqu'à atteindre une puissance nominale ( $P_{1n}$ ) à la limite de charge  $C_{h1n}$ , et par conséquent, selon la formule  $P = C \times \omega$ , un couple variable limité (couple nominal  $C_{1n}$ ) :  $P_{1n} = C_{1n} \times \omega_n$ .

**[0048]** Il existe donc trois modes avec chacun leurs avantages : les modes générateurs et combinatoires étant optimisés et le mode propulsif étant économique dans le cas d'un seul moteur activé 4 ou 5 par ligne d'arbre. Ce mode propulsif est toutefois peu optimisé dans les conditions initiales.

**[0049]** En effet, en mode propulsif avec un seul moteur activé par ligne d'arbre (ex : moteur 4), la puissance motrice  $P_M$  disponible sur l'arbre d'hélice 2 est divisée par deux ( $P_M = P_{2n}/2 = P_{1n}$ ). La vitesse de rotation de l'arbre moteur 40 étant toujours constante et égale à la vitesse nominale  $\omega_n$ , le couple disponible  $C_{1n}$  sur cet arbre moteur 40 et donc sur l'arbre d'hélice 2, est alors lui aussi divisé par deux ( $C_{1n} = C_{2n}/2$ ). Lorsqu'un seul moteur est activé (par exemple le moteur 4), à la vitesse de rotation nominale  $\omega_n$ , et pour une charge  $C_{h1}$ , alors la puissance motrice  $P_M = P_{1n}$  et la vitesse du navire  $V = V_{1n}$ . En maintenant la vitesse de rotation  $\omega_n$  constante, et en augmentant la charge  $C_h$  (c'est-à-dire le pas de l'hélice 1) à une valeur  $C_{h1max}$  telle que  $C_{h1max} > C_{h1}$ , alors la puissance motrice disponible sur l'arbre d'hélice 2 augmente à une valeur  $P_{1max}$  telle que  $P_{1max} > P_{1n}$  et la vitesse du navire passe de  $V_{1n}$  à  $V_{1max}$ , avec  $V_{1max} > V_{1n}$ . Au point de fonctionnement critique  $1_{max}$ , la puissance propulsive  $P_{1max}$  augmente par exemple d'environ 20 %, mais le couple  $C_{1max}$  devient trop important pour assurer un fonctionnement prolongé.

**[0050]** Avec un seul moteur activé par ligne d'arbre, du fait que la puissance motrice  $P_M$  et le couple disponible sur l'arbre d'hélice 2 sont divisés par deux, le rendement propulsif, ou vitesse du navire, est fortement dégradé. L'hélice 1 ne travaille plus dans sa plage efficace d'utilisation.

**[0051]** L'invention vise à remédier à cet état des choses. En particulier, un objectif de l'invention est d'améliorer le rendement du mode propulsif dans le cas le plus économique, c'est-à-dire avec un seul moteur activé par ligne d'arbre.

**[0052]** On connaît par le document brevet BE 677.295 (BBC) un système permettant de limiter le rendement propulsif du navire. Ce système permet de traiter un cas extrême où, l'hélice étant réglée en vue de la vitesse maximale, qui correspond à la puissance maximale, on doit en même temps absorber une charge supplémentaire du réseau électrique de bord. Les moteurs diesel du navire n'étant pas à même d'absorber la surcharge, la vitesse de l'arbre porte-hélice diminue fatalement. Le document BBC préconise de veiller, lors de telles charges extrêmes, à ce que l'angle d'attaque de l'hélice du navire se modifie jusqu'à ce que la vitesse de rotation nominale soit rétablie. La solution préconisée dans ce document consiste à réduire l'angle d'attaque de l'hélice (et donc de diminuer le couple sur l'arbre d'hélice) dans le but de

soulager les moteurs diesel du navire. La puissance diminue grâce à ce système, afin de maintenir constante la vitesse de rotation des moteurs diesel. Ce système ne peut en aucun cas permettre d'augmenter le rendement du mode propulsif du navire, notamment avec un seul moteur activé par ligne d'arbre.

### Divulcation de l'invention.

**[0053]** La solution proposée par l'invention est un procédé pour modifier la propulsion d'un navire, laquelle propulsion est assurée par au moins une ligne d'arbre, ledit procédé consistant à :

- 15 - installer une ligne d'arbre comprenant :
  - o une hélice à pas variable solidaire d'un arbre d'hélice,
  - o un variateur adapté pour faire varier le pas d'hélice de sorte que, en usage, la modification dudit pas entraîne une modification du couple sur l'arbre d'hélice,
  - o deux moteurs suralimentés à combustion interne comprenant chacun un arbre moteur, un ou deux moteurs étant activés pour assurer la propulsion du navire,
  - o un régulateur de vitesse associé à chacun des moteurs, lequel régulateur est adapté pour maintenir la vitesse de rotation de l'arbre moteur du moteur auquel il est associé, à une vitesse de rotation correspondant à une consigne de commande,
  - o un réducteur adapté pour modifier le rapport de vitesse et le couple entre chaque arbre moteur et l'arbre d'hélice,
  - o des accouplements débrayables adaptés pour coupler chaque arbre moteur au réducteur,
  - o un alternateur attelé adapté pour fournir de l'énergie électrique au navire lorsqu'il est activé, lequel alternateur est accouplé à au moins un des arbres moteurs par l'intermédiaire du réducteur,
- 45 - installer dans le navire un ou plusieurs groupes électrogènes adaptés pour fournir de l'énergie électrique audit navire lorsqu'ils sont activés,
- faire naviguer le navire en activant un ou deux moteurs par ligne d'arbre et transmettre : - au variateur, une consigne de commande adaptée pour régler le pas d'hélice à une valeur initiale ; - au régulateur de vitesse, une consigne de commande adaptée pour maintenir la vitesse de rotation de l'arbre moteur du ou des moteurs activés, à une vitesse nominale de rotation prédéfinie.

**[0054]** Ce procédé est remarquable par le fait qu'il consiste à faire naviguer le navire dans une configuration où :

- l'alternateur attelé est désactivé,
- le ou les groupes électrogènes sont activés,
- un seul moteur par ligne d'arbre est activé avec son arbre moteur couplé au réducteur pour assurer la propulsion du navire, l'autre moteur étant désactivé et/ou a son arbre moteur désaccouplé dudit réducteur, de sorte que la puissance initiale développée par ledit moteur activé, en fonction de la valeur initiale du pas d'hélice et de la vitesse nominale de rotation de l'arbre moteur dudit moteur activé, génère une vitesse de croisière initiale du navire.

**[0055]** Ce procédé est également remarquable par le fait que dans cette configuration de navigation, ledit procédé consiste à émettre de nouvelles consignes de commandes adaptées pour régler :

- un nouveau pas d'hélice qui augmente le couple sur l'arbre d'hélice,
- une nouvelle vitesse de rotation de l'arbre moteur du moteur activé qui est inférieure à la vitesse nominale de rotation dudit arbre moteur.

**[0056]** Les réglages du nouveau pas d'hélice et de la nouvelle vitesse de rotation de l'arbre moteur étant effectués de manière à ce que la puissance développée par le moteur activé soit maintenue à sa valeur initiale, ou à une valeur proche de cette valeur initiale, et que le navire navigue à une nouvelle vitesse de croisière supérieure à la vitesse de croisière initiale.

**[0057]** Grâce aux caractéristiques remarquables du procédé, le couple disponible augmente lorsque la puissance est divisée par 2 ce qui permet d'optimiser le rendement de l'hélice à pas variable. La vitesse du navire augmente alors de manière significative tandis que la consommation de combustible reste identique à celle d'un seul moteur à vitesse nominale en mode propulsif. Il a été constaté une augmentation de la vitesse du navire de 4 % avec une consommation de combustible équivalente, ou une économie de combustible pouvant aller jusqu'à 15% avec une vitesse moyenne de navigation équivalente. Le procédé objet de l'invention permet donc d'avoir une nouvelle vitesse de navigation intéressante, tout en conservant la configuration de propulsion la plus intéressante (mode propulsif), avec une consommation limitée de combustible.

**[0058]** Il est à noter que, conformément à l'invention, on augmente le pas d'hélice pour augmenter le couple sur l'arbre d'hélice, la vitesse de rotation de l'arbre moteur étant diminuée. C'est l'inverse de ce qui est préconisé dans le document brevet BE 677.295 (BBC) où le pas d'hélice est diminué pour réduire le couple sur l'arbre d'hélice, la vitesse de rotation des arbres moteurs étant maintenue constante.

**[0059]** D'autres caractéristiques avantageuses du procédé selon l'invention sont listées ci-dessous. Chacune de ces caractéristiques peut être considérée seule ou en combinaison avec les caractéristiques remarquables dé-

finies ci-dessus, et faire l'objet, le cas échéant, d'une ou plusieurs demandes de brevets divisionnaires :

- On intègre préférentiellement un protocole de sécurité qui ramène le pas d'hélice à sa valeur initiale, et la vitesse de rotation de l'arbre moteur du moteur activé à la vitesse nominale de rotation, lequel protocole est mis en oeuvre lorsqu'au moins l'une des conditions suivantes fait défaut : - un seul des moteurs est embrayé sur la ligne d'arbre ; l'alternateur attelé est désactivé ; - le ou les groupes électrogènes sont activés ; - la valeur du nouveau pas d'hélice correspond à la nouvelle consigne de commande, plus ou moins un écart prédéterminé ; - la valeur de la nouvelle vitesse de rotation de l'arbre moteur du moteur activé correspond à la nouvelle consigne de commande, plus ou moins un écart prédéterminé.
- Avantageusement, tant que les nouvelles consignes de commandes sont générées, au moins l'une des actions suivantes est bloquée : - sur la ligne d'arbre : activer le moteur initialement désactivé ; - sur la ligne d'arbre : coupler au réducteur un arbre moteur initialement désaccouplé ; sur la ligne d'arbre : activer l'alternateur attelé.

**[0060]** Un autre aspect de l'invention concerne un système pour modifier la propulsion d'un navire, comportant :

- au moins une ligne d'arbre assurant la propulsion du navire, laquelle ligne d'arbre comprend :
  - o une hélice à pas variable solidaire d'un arbre d'hélice,
  - o un variateur adapté pour faire varier le pas d'hélice de sorte que, en usage, la modification dudit pas entraîne une modification du couple sur l'arbre d'hélice,
  - o deux moteurs suralimentés à combustion interne comprenant chacun un arbre moteur, un ou deux moteurs étant activés pour assurer la propulsion du navire,
  - o un régulateur de vitesse associé à chacun des moteurs, lequel régulateur est adapté pour maintenir la vitesse de rotation de l'arbre moteur du moteur auquel il est associé, à une vitesse de rotation correspondant à une consigne de commande,
  - o un réducteur adapté pour modifier le rapport de vitesse et le couple entre chaque arbre moteur et l'arbre d'hélice,
  - o des accouplements débrayables adaptés pour coupler chaque arbre moteur au réducteur,
  - o un alternateur attelé adapté pour fournir de l'énergie électrique au navire lorsqu'il est activé, lequel alternateur est accouplé à au moins un des arbres moteurs par l'intermédiaire du réducteur,

- un ou plusieurs groupes électrogènes adaptés pour fournir de l'énergie électrique au navire lorsqu'ils sont activés,
- une unité de gestion électronique pour gérer le fonctionnement de la ligne d'arbre et l'activation du ou des groupes électrogènes, ladite unité de gestion étant adaptée pour transmettre : - au variateur, une consigne de commande qui règle le pas de l'hélice à une valeur initiale ; - au régulateur de vitesse associé à chaque moteur activé, une consigne de commande qui maintient la vitesse de rotation de son arbre moteur à une vitesse nominale de rotation pré-définie.

**[0061]** En réponse à la réception d'une instruction de commande, l'unité de gestion:

- émet une consigne de commande qui désactive l'alternateur attelé, et une consigne de commande qui active le ou les groupes électrogènes,
- émet une consigne de commande qui active un seul moteur par ligne d'arbre, son arbre moteur étant couplé au réducteur pour assurer la propulsion du navire, et une consigne de commande pour désactiver l'autre moteur et/ou désaccoupler son arbre moteur dudit réducteur, de sorte que la puissance initiale développée par ledit moteur activé, en fonction de la valeur initiale du pas de l'hélice et de la vitesse nominale de rotation de l'arbre moteur dudit moteur activé, génère une vitesse de croisière initiale du navire.

**[0062]** Dans cette configuration de navigation, et conformément à l'invention, ce système est notamment remarquable en ce qu'en réponse à la réception d'une autre instruction de commande, l'unité de gestion :

- émet une nouvelle consigne de commande, par ligne d'arbre, qui règle un nouveau pas d'hélice pour augmenter le couple sur l'arbre d'hélice,
- émet une nouvelle consigne de commande, par ligne d'arbre, qui règle une nouvelle vitesse de rotation de l'arbre moteur du moteur activé qui est inférieure à la vitesse nominale de rotation dudit arbre moteur, les réglages du nouveau pas de l'hélice et de la nouvelle vitesse de rotation de l'arbre moteur, sur chaque ligne d'arbre, étant effectués de manière à ce que la puissance développée par le moteur activé soit maintenue à sa valeur initiale, ou à une valeur proche de cette valeur initiale, et que le navire navigue à une nouvelle vitesse de croisière supérieure à la vitesse de croisière initiale.

**[0063]** D'autres caractéristiques avantageuses du système selon l'invention sont listées ci-dessous. Chacune de ces caractéristiques peut être considérée seule ou en combinaison avec les caractéristiques remarquables définies ci-dessus, et faire l'objet, le cas échéant,

d'une ou plusieurs demandes de brevets divisionnaires :

- L'unité de gestion électronique intègre préférentiellement un automate programmable comprenant une mémoire dans laquelle sont enregistrés un ou plusieurs programmes informatiques dont les instructions permettent de définir la valeur du nouveau pas de l'hélice et la valeur de la nouvelle vitesse de rotation de l'arbre moteur du moteur activé, de sorte que la puissance développée par ledit moteur activé soit maintenue à sa valeur initiale, ou à une valeur proche de cette valeur initiale.
- L'accès à la mémoire de l'automate programmable est préférentiellement protégé par un code d'accès.
- Une ou plusieurs batteries électriques de secours peuvent être prévues pour alimenter l'unité de gestion électronique.
- L'automate programmable est préférentiellement associé à une platine de commande, laquelle platine présente au moins l'un des éléments suivants :

o un organe adapté pour générer l'instruction initiant automatiquement le réglage du nouveau pas d'hélice et de la nouvelle vitesse de rotation de l'arbre moteur,

o un organe adapté pour générer l'instruction ramenant automatiquement le pas d'hélice à sa valeur initiale, et la vitesse de rotation de l'arbre moteur du moteur activé à la vitesse nominale de rotation ;

o un ou plusieurs voyants lumineux adaptés pour signaler le défaut d'au moins l'une des conditions suivantes :

- sur la ligne d'arbre : un seul moteur est embrayé ;
- l'alternateur attelé est désactivé ;
- le ou les groupes électrogènes sont activés ;
- la valeur du nouveau pas d'hélice correspond à la nouvelle consigne de commande, plus ou moins un écart prédéterminé ;
- la valeur de la nouvelle vitesse de rotation de l'arbre moteur du moteur activé correspond à la nouvelle consigne de commande, plus ou moins un écart prédéterminé.

- Les moteurs à combustion interne et l'arbre d'hélice sont situés dans une salle des machines, la platine de commande est installée dans un poste de pilotage du navire, lequel poste de pilotage est distant de ladite salle des machines.

#### **Description des figures.**

**[0064]** D'autres avantages et caractéristiques de l'in-

vention apparaîtront mieux à la lecture de la description d'un mode de réalisation préféré qui va suivre, en référence aux dessins annexés, réalisés à titre d'exemples indicatifs et non limitatifs et sur lesquels :

- la figure 1 précitée illustre de manière schématique un système de propulsion d'un navire connu de l'art antérieur,
- la figure 2 schématise un système de propulsion conforme à l'invention,
- la figure 3a précitée est un diagramme schématique illustrant la relation entre la puissance motrice  $P_M$  susceptible d'être fournie sur l'arbre d'hélice par les moteurs et la vitesse de rotation des arbres moteur ; sont représentés aux points de fonctionnement caractéristiques  $1_n$ ,  $1_{max}$ ,  $1'$  et  $2_n$ , les courbes d'iso-vitesse du navire ainsi que les courbes d'iso-couple et d'iso-charge,
- figure 3b est une vue agrandie du détail D de la figure 3a,
- la figure 4 est un Grafcet représentant un mode de fonctionnement de l'unité de gestion électronique, et plus particulièrement de l'automate programmable qu'elle est susceptible d'intégrer.

#### Modes préférés de réalisation de l'invention.

**[0065]** Sur la figure 2, le système de propulsion conforme à l'invention est similaire à celui illustré sur la figure 1 et décrit précédemment. Les éléments communs portent les mêmes références numériques.

**[0066]** Une seule ligne d'arbre est représentée, mais le navire peut en comporter plusieurs, et préférentiellement deux. Le fonctionnement de chacune de ces lignes d'arbre est similaire.

**[0067]** Sur la figure 2, la ligne d'arbre intègre deux moteurs 4 et 5. Ces derniers sont par exemple des moteurs diesels suralimentés de la marque WÄRTSILA®. Ils fonctionnent normalement à une puissance constante à environ 80 % de leur puissance maximale.

**[0068]** Le procédé objet de l'invention se déroule en deux phases :

> La première phase consiste à faire naviguer le navire en mode propulsif. L'alternateur attelé 7 est désactivé, c'est-à-dire qu'il n'est pas excité (ce qui est schématisé par l'utilisation des lignes pointillées). Une première conséquence liée à cette désactivation, est que la puissance susceptible d'être développée par les moteurs 4, 5 n'est plus partiellement utilisée par l'alternateur 7 pour la production électrique, mais est exclusivement utilisée pour mettre en rotation l'arbre d'hélice 2. On gagne donc de la puissance sur l'arbre d'hélice 2. Le ou les groupes électrogènes 8 sont activés. Ce sont eux qui produiront la puissance électrique  $P_e$ .

**[0069]** Sur les deux moteurs 4 et 5 prévus sur la ligne

d'arbre, un seul est activé. Sur la figure 2, seul le moteur 4 est activé. Le moteur 5 est désactivé et/ou à son arbre moteur 50 désaccouplé du réducteur 6, ce qui est schématisé par l'utilisation des lignes pointillées. L'arbre moteur 40 du moteur 4 activé est quant à lui accouplé au réducteur 6 pour assurer la propulsion du navire.

**[0070]** Dans cette configuration, et comme cela apparaît au point de fonctionnement  $1_n$  sur la figure 3a, la puissance initiale  $P_{1n}$  développée par le moteur 4, en fonction de la valeur initiale du pas de l'hélice 1 (correspondant à la charge  $C_{h1n}$ ), et de la vitesse nominale  $\omega_n$  de rotation de l'arbre moteur 40, génère une vitesse de croisière initiale  $V_{1n}$  du navire. Par exemple, lorsque la puissance  $P_{1n}$  est d'environ 3900 kW, et le couple  $C_{1n}$  sur l'arbre d'hélice 2 est de 240 kN.m ( $C_{h1}$ ), la vitesse  $V_{1n}$  est alors d'environ 16 noeuds.

**[0071]** La désactivation de l'alternateur attelé 7, l'activation du ou des groupes électrogènes 8, et la désactivation et/ou le débrayage du moteur 5, sont initiées par des consignes de commande émises depuis l'unité de gestion Uc. Ces consignes de commande sont notamment émises en réponse à la réception d'une instruction de commande, générée depuis une platine de commande 100 associée à l'unité de gestion Uc et plus particulièrement aux sous-unités  $U_{C1}$ ,  $U_{C2}$ ,  $U_{C3}$ . Cette platine 100 comprend différents boutons notamment pour la commande des moteurs (100a), la commande du ou des groupes électrogènes 8 (100b), la commande de gestion d'énergie (100c), etc. En pratique, cette platine 100 est une platine déjà existante, installée à côté du levier 9, sur la passerelle et/ou dans la salle des machines. La commande et la lecture de cette platine 100 peuvent être matérialisées par des actions « physiques » (boutons, cadrans) ou « informatiques » via une supervision.

**[0072]** > Dès lors que le navire navigue en mode propulsif, avec un seul moteur activé par ligne d'arbre, la deuxième phase peut être initiée. Dans cette deuxième phase, de nouvelles consignes de commande sont générées pour modifier le pas de l'hélice 1 et modifier la vitesse de rotation  $\omega$  de l'arbre moteur 40 du moteur activé 4. Ces nouvelles consignes de commandes peuvent être générées temporairement durant la période de navigation du navire, par exemple pendant que le navire navigue au large en vitesse de croisière, après son départ du port d'embarquement, et avant son arrivée au port de débarquement.

**[0073]** Le nouveau pas de l'hélice 1 est tel que le couple (ou charge) sur l'arbre d'hélice 2 augmente. Sur les figures 3a et 3b, au nouveau point de fonctionnement  $1'$ , la charge sur l'arbre d'hélice 2, augmente d'une valeur  $C_{h1n}$  à une valeur  $C_{h1'}$ , telle que  $C_{h1'} > C_{h1n}$ . Et la nouvelle vitesse de rotation  $\omega'$  de l'arbre moteur 40 est inférieure à la vitesse nominale  $\omega_n$ .

**[0074]** Les réglages du nouveau pas d'hélice (charge  $C_{h1'}$ ) et de la nouvelle vitesse de rotation  $\omega'$  de l'arbre moteur 40 sont effectués de manière à ce que la puissance développée par le moteur activé 4 soit maintenue à sa valeur initiale  $P_{1n}$ , ou à une valeur proche de cette

valeur initiale. Par « proche », on entend que la puissance développée par le moteur activé 4 correspond à  $\pm 10\%$  de la puissance initiale  $P_{1n}$ .

**[0075]** La charge  $C_{h1'}$  atteint alors une valeur supérieure à la charge maximale  $C_{h1max}$  sur un seul moteur à vitesse de rotation nominale  $\omega_n$ . En effet, les inventeurs ont pu constater de manière surprenante que si  $C_{h1max} = 100\%$  alors  $C_{h1'} = 105\%$ . Cependant, le couple moteur disponible  $C_1$  reste inférieur au couple maximal  $C_{1max}$  sur un seul moteur à vitesse de rotation nominale  $\omega_n$ . Ceci est dû au fait que la forme de la courbe iso-couple est linéaire sur le diagramme de la figure 3a, alors que la forme de la courbe iso-charge est parabolique sur ledit diagramme.

**[0076]** En outre, le moteur 4 activé continue de fonctionner normalement à la puissance nominale  $P_{1n}$  qui reste à  $80\%$  de sa puissance maximale  $P_{1max}$ , le couple moteur  $C_1$  atteint environ  $90\%$  du couple maximal  $C_{1max}$  et la charge  $C_{h1'}$  dépasse les  $100\%$ . Le pas d'hélice 1 est alors supérieur avec une puissance et une consommation identiques à celles à  $80\%$  de charge.

**[0077]** De plus, le fait d'utiliser des moteurs thermiques 4, 5 suralimentés, permet de maintenir une puissance constante, entre le point de fonctionnement  $1_n$  et  $1'$ , malgré une vitesse de rotation du moteur en baisse. En effet, entre ces deux points de fonctionnement, la consommation reste identique (en  $1'$ , le moteur tourne moins vite mais l'injection est plus importante) ; de ce fait, la quantité de combustible brûlé ainsi que les pertes des gaz d'échappement restent également identiques. Au point de fonctionnement  $1'$ , la turbosoufflante conserve alors la vitesse de rotation du point de fonctionnement  $1_n$  et l'apport en comburant (air) reste constant. La consommation étant toujours identique, la puissance reste donc constante.

**[0078]** Dans ces nouvelles conditions de navigation, le navire navigue à une nouvelle vitesse de croisière  $V_1$ , qui est supérieure à la vitesse de croisière initiale  $V_{1n}$ , par exemple de 16 noeuds. Cette vitesse  $V_1$  est alors par exemple de 17 noeuds lorsque la puissance  $P_{1n}$  reste égale à environ 3900 kW, le couple sur l'arbre d'hélice ( $C_1$ ) augmentant par exemple à 285 kN.m (contre 240 kN.m, sur l'arbre d'hélice 2, pour  $C_{1n}$ ).

**[0079]** Il est aisé de vérifier que le procédé selon l'invention est mis en oeuvre, en étudiant les valeurs de la puissance propulsive  $P_M$ , de la vitesse de rotation  $\omega'$  et de la charge  $C_{h1'}$ . Un appareil de mesure 20, par exemple un torsiomètre installé sur l'arbre d'hélice 2, permet de mesurer la puissance motrice  $P_M$ , la vitesse de rotation  $\omega'$  ainsi que la charge  $C_{h1'}$ , ces valeurs pouvant être affichées sur un écran 21 accessible depuis une salle de pilotage des machines. La vitesse  $V_1$  du navire est facilement déterminable par les instruments de navigation embarqués et notamment par des systèmes GPS.

**[0080]** En pratique, les réglages du nouveau pas d'hélice 1 et de la nouvelle vitesse de rotation de l'arbre moteur 40, sont initiés par des consignes de commande émises depuis un automate programmable AP intégré

dans l'unité de gestion Uc. Ces consignes de commande sont notamment émises en réponse à la réception d'une instruction de commande, générée depuis une platine de commande 10 connectée à l'automate programmable AP.

**[0081]** Sur la figure 2, cet automate programmable AP comprend une mémoire dans laquelle sont enregistrés un ou plusieurs programmes informatiques dont les instructions permettent de définir la valeur du nouveau pas de l'hélice 1 et la valeur de la nouvelle vitesse de rotation de l'arbre moteur 40 du moteur activé 4, de sorte que la puissance développée par ledit moteur activé soit maintenue à sa valeur initiale  $P_{1n}$  ou à une valeur proche de celle-ci.

**[0082]** Pour éviter de modifier par inadvertance ou par malveillance, la programmation de l'automate AP, l'accès à sa mémoire est avantageusement protégé par un code d'accès. Un utilisateur non autorisé ne peut donc pas intervenir sur l'automate AP.

**[0083]** Toujours dans un souci d'accroître la sécurité du système, l'alimentation électrique de l'unité de gestion Uc, y compris celle de l'automate AP, sont fournies par le réseau électrique de secours alimenté par le ou les groupes électrogènes 8 ou un autre groupe électrogène dédié dit « de secours ». A défaut, par un système autonome comportant une ou plusieurs batteries électriques de secours prévues pour alimenter l'unité de gestion Uc en cas de coupure d'alimentation.

**[0084]** Selon un mode préféré de réalisation, la consigne initiale de vitesse de rotation  $\omega_n$  du moteur 4 ainsi que la consigne de limite de charge  $S_{pc}$  ne sont plus utilisées. C'est l'automate programmable AP qui envoie une consigne modifiée de limite de charge  $S_{pc'}$  et une consigne modifiée de vitesse  $\omega'$ , lesquelles consignes sont traitées respectivement par la sous unité  $U_{C1}$  et la sous unité  $U_{C2}$ . Dans ce cas, la sous-unité  $U_{C3}$  n'est pas nécessairement utilisée dans la mesure où le moteur 5 est désactivé et/ou désembrayé.

**[0085]** La nouvelle consigne de limite de charge  $S_{pc'}$  est supérieure à la consigne initiale  $S_{pc}$ . La sous-unité  $U_{C1}$  gère la charge des moteurs 4, 5. Par exemple, si la consigne initiale  $S_{pc}$  correspond à  $80\%$ , la nouvelle consigne  $S_{pc'}$  émise par l'automate programmable AP sera alors supérieure à  $100\%$ .

**[0086]** Cette nouvelle consigne  $S_{pc'}$  est traitée par la sous unité  $U_{C1}$  de manière à transmettre au variateur 3, une consigne de commande  $S_p$  qui règle le pas de l'hélice 1 à une nouvelle valeur, selon la formule précédemment mentionnée :

$$S_{p'} = f(S_{pl} ; S_{pc'})$$

**[0087]** Ainsi, si avant la mise en oeuvre de la deuxième phase du procédé, la passerelle actionne le levier 9 pour demander un pas maximum de « 10 » (sur une échelle de 0 à 10), la sous-unité  $U_{C1}$  émet une nouvelle consigne

$S_p$ , telle que le variateur 3 règle le pas de l'hélice à « 8 » (contre « 6,5 » avec la consigne de commande initiale  $S_{pi}$ ). Donc, pour une même consigne au levier 9, le pas de l'hélice 1 augmente, entraînant de ce fait une augmentation de la charge et du couple sur l'arbre d'hélice 2 et sur l'arbre moteur 40. Sur les figures 3a et 3b, la charge croît de la valeur  $C_{h1n}$  à la valeur  $C_{h1'}$ , et le couple croît de la valeur  $C_{1n}$  à la valeur  $C_{1'}$ .

**[0088]** On peut envisager de modifier le pas de l'hélice 1 en modifiant la consigne demandée  $S_{pi}$  plutôt que la consigne de limite de charge. Toutefois, il est préférable de ne pas intervenir sur cette consigne  $S_{pi}$  afin de laisser à la passerelle (i.e. au pilote) la possibilité d'agir directement sur le levier 9 pour contrôler le navire et/ou modifier les conditions de navigation. D'un point de vue sécurité, il est donc préférable d'agir sur la consigne de limite de charge  $S_c$  plutôt que sur la consigne demandée  $S_{pi}$ .

**[0089]** L'automate programmable AP transmet également la nouvelle consigne de vitesse  $\omega'$  à la sous-unité  $U_{C2}$  qui gère les vitesses de rotation du moteur activé 4. La sous-unité  $U_{C2}$  transmet alors au régulateur de vitesse 41 une nouvelle consigne de commande  $S_{\omega'}$ , selon la formule précédemment mentionnée :

$$S_{\omega'} = g(\omega')$$

**[0090]** Sur la figure 3a, la vitesse de rotation de l'arbre moteur 40, diminue de la valeur  $\omega_n$  à la valeur  $\omega'$ . Cette nouvelle vitesse  $\omega'$  est maintenue constante par le régulateur de vitesse 41.

**[0091]** Les consignes initiales de limite de charge  $S_{pc}$  et de vitesse de rotation nominale  $\omega_n$  ne sont plus utilisées, l'automate AP envoyant des consignes modifiées en amont des sous-unités  $U_{C1}$  et  $U_{C2}$ .

**[0092]** En pratique, l'automate programmable AP émet la nouvelle consigne de limite de charge  $S_{pc'}$  et la nouvelle vitesse  $\omega'$  de manière à ce que, après traitement par lesdites sous-unités  $U_{C1}$  et  $U_{C2}$ , la puissance développée par le moteur 4 soit maintenue à sa valeur initiale  $P_{1n}$ .

**[0093]** En particulier, la sous-unité  $U_{C2}$  détermine un nouveau point de fonctionnement du moteur 4 (point de fonctionnement 1' sur les figures 3a et 3b) en régulant l'injection de combustible. La sous-unité  $U_{C2}$  gère directement la réduction de vitesse ( $\omega_n \rightarrow \omega'$ ) et indirectement l'augmentation de la charge ( $C_{h1n} \rightarrow C_{h1'}$ ) en maintenant la nouvelle vitesse  $\omega'$  constante.

**[0094]** La nouvelle consigne de limite de charge  $S_{pc'}$  et la nouvelle vitesse de rotation  $\omega'$  sont calculées pour que le nouveau couple  $C_{1'}$  généré par la charge  $C_{h1'}$  ne dépasse pas le couple maximal  $C_{1max}$  fixé par le constructeur. Les nouvelles consignes  $S_{pc}$  et  $\omega'$  ont donc des limites. Par mesure de précaution, ces limites sont telles que le nouveau couple généré  $C_{1'}$  reste inférieur à 95 % du couple maximal admissible  $C_{1max}$ . Par exemple, sur les figures 3a et 3b, si  $C_{1max}$  est le couple maximal ad-

missible, les valeurs de  $S_{pc'}$  et  $\omega'$  seront calculées de sorte que:  $C_{1'} < 95\% C_{1max}$ .

**[0095]** La puissance  $P_{1n}$  reste identique du fait que la quantité de carburant injecté dans le moteur 4 augmente à chaque cycle (à cause de l'augmentation de la charge :  $C_{h1n} \rightarrow C_{h1'}$ ), mais que la vitesse de rotation de l'arbre moteur 40 diminue ( $\omega_n \rightarrow \omega'$ ).

**[0096]** Le système objet de l'invention permet donc de créer un nouveau point de fonctionnement (point de fonctionnement 1' sur les figures 3a et 3b) et d'obtenir ainsi une charge  $C_{h1'}$ , largement supérieure à la charge initiale  $C_{h1n}$  (plus de 100%), tout en conservant une puissance constante et un couple moteur  $C_{1'}$  raisonnable ( $C_{1'}$  inférieur à 95 % de  $C_{1max}$ ).

**[0097]** Un protocole de sécurité permet de ramener le pas d'hélice 1 à sa valeur initiale et donc le couple - ou charge - à sa valeur initiale ( $C_{h1'} \rightarrow C_{h1n}$ ). Il permet en outre de ramener la vitesse de rotation  $\omega'$  de l'arbre moteur 40 à la vitesse nominale de rotation  $\omega_n$ .

**[0098]** Ce protocole de sécurité est mis en oeuvre lorsqu'au moins l'une des conditions suivantes fait défaut :

- un seul des moteurs 4 ou 5 est embrayé sur la ligne d'arbre ;
- l'alternateur attelé 7 est désactivé ;
- le ou les groupes électrogènes 8 sont activés ;
- la valeur du nouveau pas d'hélice 1 correspond à la nouvelle consigne de commande  $S_{p'}$ , plus ou moins un écart prédéterminé, lequel écart peut par exemple être de +/- 5 % ;
- la valeur de la nouvelle vitesse de rotation de l'arbre moteur 40 du moteur activé 4 correspond à la nouvelle consigne de commande  $\omega'$ , plus ou moins un écart prédéterminé, lequel écart peut par exemple être de +/- 5 %.

**[0099]** La valeur réelle du nouveau pas d'hélice 1 et la valeur réelle de la nouvelle vitesse de rotation  $\omega'$  sont contrôlées respectivement : - par la ligne de contrôle 30 reliée d'une part au variateur 3 et d'autre part à la sous-unité  $U_{C1}$  et à l'automate AP; - par les capteurs de vitesse 43, 53 installés sur les arbres 40, 50 et qui sont adaptés pour transmettre leurs signaux de mesure aux sous-unités  $U_{C2}$  et  $U_{C3}$  ainsi qu'à l'automate AP.

**[0100]** Lorsque le procédé est mis en oeuvre, il est préférable de ne pas modifier la configuration de la ligne d'arbre, sauf à risquer d'endommager les différents éléments qui la constituent. Ainsi, le protocole de sécurité interdit préférentiellement certaines actions lorsque le procédé est mis en oeuvre tant que sont générées les nouvelles consignes de commandes du pas d'hélice 1 et de la vitesse de rotation  $\omega'$ . Ces actions bloquées sont notamment les suivantes :

- sur la ligne d'arbre : activer le moteur 5 initialement désactivé ;
- sur la ligne d'arbre : coupler au réducteur 6 un arbre moteur 50 initialement désaccouplé ;

- activer l'alternateur attelé 7.

**[0101]** Le système objet de l'invention peut se commander par l'intermédiaire de la platine 10 schématisée sur la figure 2. Généralement, les moteurs à combustion interne 4, 5 et l'arbre d'hélice 2 sont situés dans une salle des machines. La platine 10 peut être installée localement directement dans la salle des machines, ou à distance, dans un poste de pilotage du navire, lequel poste de pilotage est distant de ladite salle des machines.

**[0102]** Sur la figure 2, la platine 10 présente un organe 10a, par exemple du type bouton poussoir, qui lorsqu'il est activé, permet de générer l'instruction initiant automatiquement le réglage du nouveau pas d'hélice et de la nouvelle vitesse de rotation  $\omega'$  de l'arbre moteur 40.

**[0103]** La platine 10 présente également un organe 10b adapté pour ramener le système à « zéro » en générant une instruction ramenant automatiquement le pas d'hélice à sa valeur initiale, et la vitesse de rotation  $\omega'$  de l'arbre moteur 40 à la vitesse nominale  $\omega_n$ .

**[0104]** La platine 10 peut également être pourvue d'un ou plusieurs voyants lumineux 10c adaptés pour signaler le défaut d'au moins l'une des conditions suivantes :

- sur la ligne d'arbre : un seul des moteurs 4, 5 est embrayé ;
- l'alternateur attelé 7 est désactivé ;
- le ou les groupes électrogènes 8 sont activés ;
- la valeur du nouveau pas d'hélice correspond à la nouvelle consigne de commande  $S_p$ , plus ou moins un écart prédéterminé (ex : +/- 5 %) ;
- la valeur de la nouvelle vitesse de rotation de l'arbre moteur 40 du moteur activé 4 correspond à la nouvelle consigne de commande  $S_{\omega}$ , plus ou moins un écart prédéterminé (ex : +/- 5 %).

**[0105]** La figure 4 est un grafcet représentant un mode de fonctionnement de l'unité de gestion électronique, et plus particulièrement de l'automate programmable AP. Sur ce Grafcet :

- CDS est une transition qui signifie que la Chaîne De Sécurité est validée. Cette chaîne de sécurité correspond au protocole de sécurité susmentionné, toutes les conditions suivantes étant réunies : - un seul des moteurs 4 ou 5 est embrayé sur la ligne d'arbre ; - l'alternateur attelé 7 est désactivé ; - le ou les groupes électrogènes 8 sont activés ; - la valeur du nouveau pas d'hélice 1 correspond à la nouvelle consigne de commande  $S_p$ , plus ou moins un écart prédéterminé, lequel écart peut par exemple être de +/- 5 % ; - la valeur de la nouvelle vitesse de rotation de l'arbre moteur 40 du moteur activé 4 correspond à la nouvelle consigne de commande  $\omega'$ , plus ou moins un écart prédéterminé, lequel écart peut par exemple être de +/- 5 % ;
- est une transition qui signifie que la Chaîne De Sécurité n'est pas validée, c'est-à-dire qu'au moins

l'une des conditions susmentionnées fait défaut ;

- DMCI est une transition qui signifie la Demande de Modification des Consignes Initiales est validée, c'est-à-dire qu'un nouveau pas d'hélice et qu'une nouvelle vitesse de rotation de l'arbre moteur sont demandés ;
- DRCI est une transition qui signifie que la Demande de Retour aux Consignes Initiales est validée, c'est-à-dire que le pas d'hélice et la vitesse de rotation de l'arbre moteur retournent à leur valeur initiale ;
- AD est une transition qui signifie que l'Acquit Défaut est validé, c'est-à-dire qu'une personne a vu et validé un défaut dans la Chaîne De Sécurité.

**[0106]** Sur le Grafcet de la figure 4, à l'étape initiale 0, le navire navigue en mode propulsif (première phase du procédé objet de l'invention).

**[0107]** Si la Chaîne De Sécurité est validée et que l'utilisateur demande de modifier les consignes initiales de pas d'hélice et de vitesse de rotation de l'arbre moteur (transition CDS.DMCI), alors l'étape 1 est activée. Si au contraire un défaut ne valide pas la Chaîne De Sécurité (transition), alors l'étape 3 est activée, l'action A3 associée à cette étape 3 consistant à empêcher l'activation du système, et plus particulièrement le passage à la deuxième phase du procédé objet de l'invention.

**[0108]** L'action A1 associée à l'étape 1 consiste à activer le système pour régler le nouveau pas de l'hélice et la nouvelle vitesse de rotation de l'arbre moteur. Certaines actions sont également bloquées : impossibilité d'activer le moteur 5 initialement désactivé sur la ligne d'arbre ; - impossibilité de coupler au réducteur 6 l'arbre moteur 50 initialement désaccouplé sur la ligne d'arbre ; - impossibilité d'activer l'alternateur attelé 7.

**[0109]** A l'issue de cette étape 1, si la Chaîne De Sécurité est toujours validée et que l'utilisateur demande de retourner aux consignes initiales de pas d'hélice et de vitesse de rotation de l'arbre moteur (transition CDS.DRCI), alors l'étape 2 est activée. Si au contraire un défaut ne valide pas la Chaîne De Sécurité (transition), alors l'étape 4 est activée.

**[0110]** L'action A2 associée à l'étape 2 consiste à modifier le pas de l'hélice et la vitesse de rotation de l'arbre moteur, pour retourner aux valeurs initiales. Les actions bloquées susmentionnées sont en outre débloquentes et le système est désactivé. A l'issue de l'étape 2, si la Chaîne De Sécurité est toujours validée (transition CDS), alors on revient à l'étape initiale 0. Si la Chaîne De Sécurité n'est pas validée (transition), alors l'étape 4 est activée.

**[0111]** L'action A4 associée à l'étape 4 consiste à régler le pas de l'hélice et la vitesse de rotation de l'arbre moteur aux valeurs initiales. Les actions bloquées susmentionnées sont en outre débloquentes de sorte qu'il est possible : - d'activer le moteur 5 initialement désactivé sur la ligne d'arbre ; - de coupler au réducteur 6 l'arbre moteur 50 initialement désaccouplé sur la ligne d'arbre ; - d'activer l'alternateur attelé 7. Le système se décon-

necte, reste déconnecté (avec impossibilité d'activer le système) et en défaut. Le défaut est conservé dans la mémoire de l'automate programmable AP tant qu'une validation humaine n'a pas eut lieu.

[0112] A l'issue de l'étape 4, si un défaut continue de ne pas valider la Chaîne De Sécurité, et si ledit défaut a été vu et acquitté par une personne (transition .AD), alors l'étape 5 est activée.

[0113] L'action A5 associée à l'étape 5 consiste à désactiver le défaut dans la Chaîne de Sécurité avec une impossibilité d'activer le système.

[0114] A l'issue de l'étape 5, si le défaut est acquitté et qu'il n'est plus actif, la Chaîne De Sécurité est à nouveau validée (transition CDS), et on revient alors à l'étape initiale 0.

[0115] L'agencement des différents éléments et/ou moyens et/ou étapes de l'invention, dans les modes de réalisation décrits ci-dessus, ne doit pas être compris comme exigeant un tel agencement dans toutes les implémentations. En tout état de cause, on comprendra que diverses modifications peuvent être apportées à ces éléments et/ou moyens et/ou étapes, sans s'écarter de l'esprit et de la portée de l'invention. En particulier :

- Chaque ligne d'arbre peut comporter plus de deux moteurs, par exemple trois ou quatre.
- La valeur du nouveau pas d'hélice et la valeur de la nouvelle vitesse de rotation de l'arbre moteur du moteur activé peuvent être déterminées directement par les sous-unités  $U_{C1}$  et  $U_{C2}$ .
- Etant donné que la puissance  $P_{1n}$  reste constante et que le couple développé  $C_1$  sur l'arbre de rotation 40 reste inférieur à 95 % du couple maximal  $C_{1max}$  autorisé par le constructeur, la nouvelle consigne de limite de charge  $S_{pc}$  peut correspondre à plus de 100% de la consigne demandée  $S_{pl}$ , par exemple 105% ou 110%.
- Les platines 10 et 100 peuvent être confondues en une seule et même platine.
- Les nouvelles consignes de commandes peuvent être générées temporairement durant la période de navigation du navire, ou au contraire pendant toute la durée de navigation dudit navire.

## Revendications

1. Procédé pour modifier la propulsion d'un navire, laquelle propulsion est assurée par au moins une ligne d'arbre, ledit procédé consistant à :

- installer une ligne d'arbre comprenant :
  - o une hélice (1) à pas variable solidaire d'un arbre d'hélice (2),
  - o un variateur (3) adapté pour faire varier le pas d'hélice (1) de sorte que, en usage, la modification dudit pas entraîne une modifi-

cation du couple sur l'arbre d'hélice (2),  
o deux moteurs (4, 5) suralimentés à combustion interne comprenant chacun un arbre moteur (40, 50), un ou deux moteurs étant activés pour assurer la propulsion du navire,

o un régulateur de vitesse (41, 51) associé à chacun des moteurs (4, 5), lequel régulateur est adapté pour maintenir la vitesse de rotation de l'arbre moteur (40, 50) du moteur (4, 5) auquel il est associé, à une vitesse de rotation ( $\omega$ ) correspondant à une consigne de commande ( $S_\omega$ ),

o un réducteur (6) adapté pour modifier le rapport de vitesse et le couple entre chaque arbre moteur (40, 50) et l'arbre d'hélice (2),  
o des accouplements débrayables (41, 51) adaptés pour coupler chaque arbre moteur (40, 50) au réducteur (6),

o un alternateur attelé (7) adapté pour fournir de l'énergie électrique ( $P_e$ ) au navire lorsqu'il est activé, lequel alternateur est accouplé à au moins un des arbres moteurs (40, 50) par l'intermédiaire du réducteur (6),

- installer dans le navire un ou plusieurs groupes électrogènes (8) adaptés pour fournir de l'énergie électrique audit navire lorsqu'ils sont activés,
- faire naviguer le navire en activant un ou deux moteurs (4, 5) par ligne d'arbre et transmettre :
  - au variateur (3), une consigne de commande ( $S_p$ ) adaptée pour régler le pas d'hélice (1) à une valeur initiale ;
  - au régulateur de vitesse (41, 51), une consigne de commande ( $S_\omega$ ) adaptée pour maintenir la vitesse de rotation de l'arbre moteur du ou des moteurs (4, 5) activés, à une vitesse nominale de rotation prédéfinie ( $\omega_n$ ) ;

**se caractérisant par le fait que le procédé consiste à faire naviguer le navire dans une configuration où :**

- l'alternateur attelé (7) est désactivé,
- le ou les groupes électrogènes (8) sont activés,
- un seul moteur (4) par ligne d'arbre est activé avec son arbre moteur (40) couplé au réducteur (6) pour assurer la propulsion du navire, l'autre moteur (5) étant désactivé et/ou a son arbre moteur (50) désaccouplé dudit réducteur, de sorte que la puissance initiale ( $P_{1n}$ ) développée par ledit moteur activé (4), en fonction de la valeur initiale du pas d'hélice (1) et de la vitesse nominale ( $\omega_n$ ) de rotation de l'arbre moteur (40) dudit moteur activé (4), génère une vitesse de croisière initiale ( $V_{1n}$ ) du navire,

**et par le fait que** dans cette configuration de navigation, ledit procédé consiste à émettre de nouvelles

consignes de commandes ( $S_p$ ,  $S_\omega$ ) adaptées pour régler :

- un nouveau pas d'hélice (1) qui augmente le couple sur l'arbre d'hélice (2), 5
- une nouvelle vitesse de rotation ( $\omega'$ ) de l'arbre moteur (40) du moteur activé (4) qui est inférieure à la vitesse nominale de rotation ( $\omega_n$ ) dudit arbre moteur, 10

les réglages du nouveau pas d'hélice (1) et de la nouvelle vitesse de rotation ( $\omega'$ ) de l'arbre moteur (40) étant effectués de manière à ce que la puissance développée par le moteur activé (4) soit maintenue à sa valeur initiale ( $P_{1n}$ ), ou à une valeur proche de cette valeur initiale, et que le navire navigue à une nouvelle vitesse de croisière ( $V_1$ ) supérieure à la vitesse de croisière initiale ( $V_{1n}$ ). 15

2. Procédé selon la revendication 1, consistant à intégrer un protocole de sécurité qui ramène le pas d'hélice (1) à sa valeur initiale et la vitesse de rotation ( $\omega'$ ) de l'arbre moteur (40) du moteur activé (4) à la vitesse nominale de rotation ( $\omega_n$ ), lequel protocole est mis en oeuvre lorsqu'au moins l'une des conditions suivantes fait défaut : 20

- un seul des moteurs (4, 5) est embrayé sur la ligne d'arbre ;
- l'alternateur attelé (7) est désactivé ; 30
- le ou les groupes électrogènes (8) sont activés ;
- la valeur du nouveau pas d'hélice (1) correspond à la nouvelle consigne de commande ( $S_p$ ) plus ou moins un écart prédéterminé ; 35
- la valeur de la nouvelle vitesse de rotation ( $\omega'$ ) de l'arbre moteur (40) du moteur activé (4) correspond à la nouvelle consigne de commande ( $S_\omega$ ), plus ou moins un écart prédéterminé. 40

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, tant que les nouvelles consignes de commandes sont générées, au moins l'une des actions suivantes est bloquée : 45

- sur la ligne d'arbre : activer le moteur (5) initialement désactivé ;
- sur la ligne d'arbre : coupler au réducteur (6) un arbre moteur (50) initialement désaccouplé ;
- sur la ligne d'arbre : activer l'alternateur attelé (7). 50

4. Système pour modifier la propulsion d'un navire, comportant 55

- au moins une ligne d'arbre assurant la propulsion du navire, laquelle ligne d'arbre comprend :

o une hélice (1) à pas variable solidaire d'un arbre d'hélice (2),

o un variateur (3) adapté pour faire varier le pas d'hélice (1) de sorte que, en usage, la modification dudit pas entraîne une modification du couple sur l'arbre d'hélice (2),

o deux moteurs (4, 5) suralimentés à combustion interne comprenant chacun un arbre moteur (40, 50), un ou deux moteurs étant activés pour assurer la propulsion du navire,

o un régulateur de vitesse (41, 51) associé à chacun des moteurs (4, 5), lequel régulateur est adapté pour maintenir la vitesse de rotation de l'arbre moteur (40, 50) du moteur (4, 5) auquel il est associé, à une vitesse de rotation ( $\omega$ ) correspondant à une consigne de commande ( $S_\omega$ ),

o un réducteur (6) adapté pour modifier le rapport de vitesse et le couple entre chaque arbre moteur (40, 50) et l'arbre d'hélice (2),

o des accouplements débrayables (42, 52) adaptés pour coupler chaque arbre moteur (40, 50) au réducteur (6),

o un alternateur attelé (7) adapté pour fournir de l'énergie électrique ( $P_e$ ) au navire lorsqu'il est activé, lequel alternateur est accouplé à au moins un des arbres moteurs (40, 50) par l'intermédiaire du réducteur (6),

- un ou plusieurs groupes électrogènes (8) adaptés pour fournir de l'énergie électrique ( $P_e$ ) au navire lorsqu'ils sont activés,

- une unité de gestion électronique (Uc) pour gérer le fonctionnement de la ligne d'arbre et l'activation du ou des groupes électrogènes (8), ladite unité de gestion étant adaptée pour transmettre : - au variateur (3), une consigne de commande ( $S_p$ ) qui règle le pas de l'hélice (1) à une valeur initiale ; - au régulateur de vitesse (41, 51) associé à chaque moteur (4, 5) activé, une consigne de commande ( $S_\omega$ ) qui maintient la vitesse de rotation de son arbre moteur (40, 50) à une vitesse nominale de rotation ( $\omega_n$ ) prédéfinie ;

**se caractérisant par le fait qu'en réponse à la réception d'une instruction de commande, l'unité de gestion (Uc) :**

- émet une consigne de commande qui désactive l'alternateur attelé (7), et une consigne de commande qui active le ou les groupes électrogènes (8),

- émet une consigne de commande qui active un seul moteur (4) par ligne d'arbre, son arbre moteur (40) étant couplé au réducteur (6) pour assurer la propulsion du navire, et une consigne

de commande pour désactiver l'autre moteur (5) et/ou désaccoupler son arbre moteur (50) dudit réducteur, de sorte que la puissance initiale ( $P_{1n}$ ) développée par ledit moteur activé (4), en fonction de la valeur initiale du pas d'hélice (1) et de la vitesse nominale ( $\omega_n$ ) de rotation de l'arbre moteur (40) dudit moteur activé (4), génère une vitesse de croisière initiale ( $V_{1n}$ ) du navire,

et **par le fait que** dans cette configuration de navigation, en réponse à la réception d'une autre instruction de commande, l'unité de gestion (Uc):

- émet une nouvelle consigne de commande ( $S_p$ ), par ligne d'arbre, qui règle un nouveau pas d'hélice (1) pour augmenter le couple ( $C_{h1}$ ) sur l'arbre d'hélice (2),
- émet une nouvelle consigne de commande ( $S_\omega$ ), par ligne d'arbre, qui règle une nouvelle vitesse de rotation ( $\omega'$ ) de l'arbre moteur (40) du moteur activé (4) qui est inférieure à la vitesse nominale de rotation ( $\omega_n$ ) dudit arbre moteur,

les réglages du nouveau pas d'hélice (1) et de la nouvelle vitesse de rotation ( $\omega'$ ) de l'arbre moteur (40) étant effectués de manière à ce que la puissance développée par le moteur activé (4) soit maintenue à sa valeur initiale ( $P_{1n}$ ), ou à une valeur proche de cette valeur initiale, et que le navire navigue à une nouvelle vitesse de croisière ( $V_1$ ) supérieure à la vitesse de croisière initiale ( $V_{1n}$ ).

5. Système selon la revendication 4, dans lequel l'unité de gestion électronique (Uc) intègre un automate programmable (AP) comprenant une mémoire dans laquelle sont enregistrés un ou plusieurs programmes informatiques dont les instructions permettent de définir la valeur du nouveau pas de l'hélice (1) et la valeur de la nouvelle vitesse de rotation ( $\omega'$ ) de l'arbre moteur (40) du moteur activé (4), de sorte que la puissance développée par ledit moteur activé soit maintenue à sa valeur initiale ( $P_{1n}$ ), ou à une valeur proche de cette valeur initiale.

6. Système selon la revendication 5, dans lequel l'accès à la mémoire de l'automate programmable (AP) est protégé par un code d'accès.

7. Système selon l'une des revendications 4 à 6, dans lequel une ou plusieurs batteries électriques de secours sont adaptées pour alimenter l'unité de gestion électronique (Uc).

8. Système selon l'une des revendications 5 à 7, dans lequel l'automate programmable (AP) est associée à une platine de commande (10), laquelle platine présente au moins l'un des éléments suivants :

o un organe (10a) adapté pour générer l'instruction initiant automatiquement le réglage du nouveau pas d'hélice et de la nouvelle vitesse de rotation de l'arbre moteur,

o un organe (10b) adapté pour générer l'instruction ramenant automatiquement le pas d'hélice à sa valeur initiale, et la vitesse de rotation ( $\omega'$ ) de l'arbre moteur (40) du moteur (4) activé à la vitesse nominale de rotation ( $\omega_n$ ) ;

o un ou plusieurs voyants lumineux (10c) adaptés pour signaler le défaut d'au moins l'une des conditions suivantes :

- sur la ligne d'arbre : un seul moteur (4, 5) est embrayé ;
- l'alternateur attelé (7) est désactivé ;
- le ou les groupes électrogènes (8) sont activés ;
- la valeur du nouveau pas d'hélice correspond à la nouvelle consigne de commande ( $S_p$ ), plus ou moins un écart prédéterminé ;
- la valeur de la nouvelle vitesse de rotation de l'arbre moteur (40) du moteur activé (4) correspond à la nouvelle consigne de commande ( $S_\omega$ ), plus ou moins un écart prédéterminé.

9. Système selon la revendication 8, dans lequel les moteurs à combustion interne (4, 5) et l'arbre d'hélice (2) sont situés dans une salle des machines, la platine de commande (10) est installée dans un poste de pilotage du navire, lequel poste de pilotage est distant de ladite salle des machines.

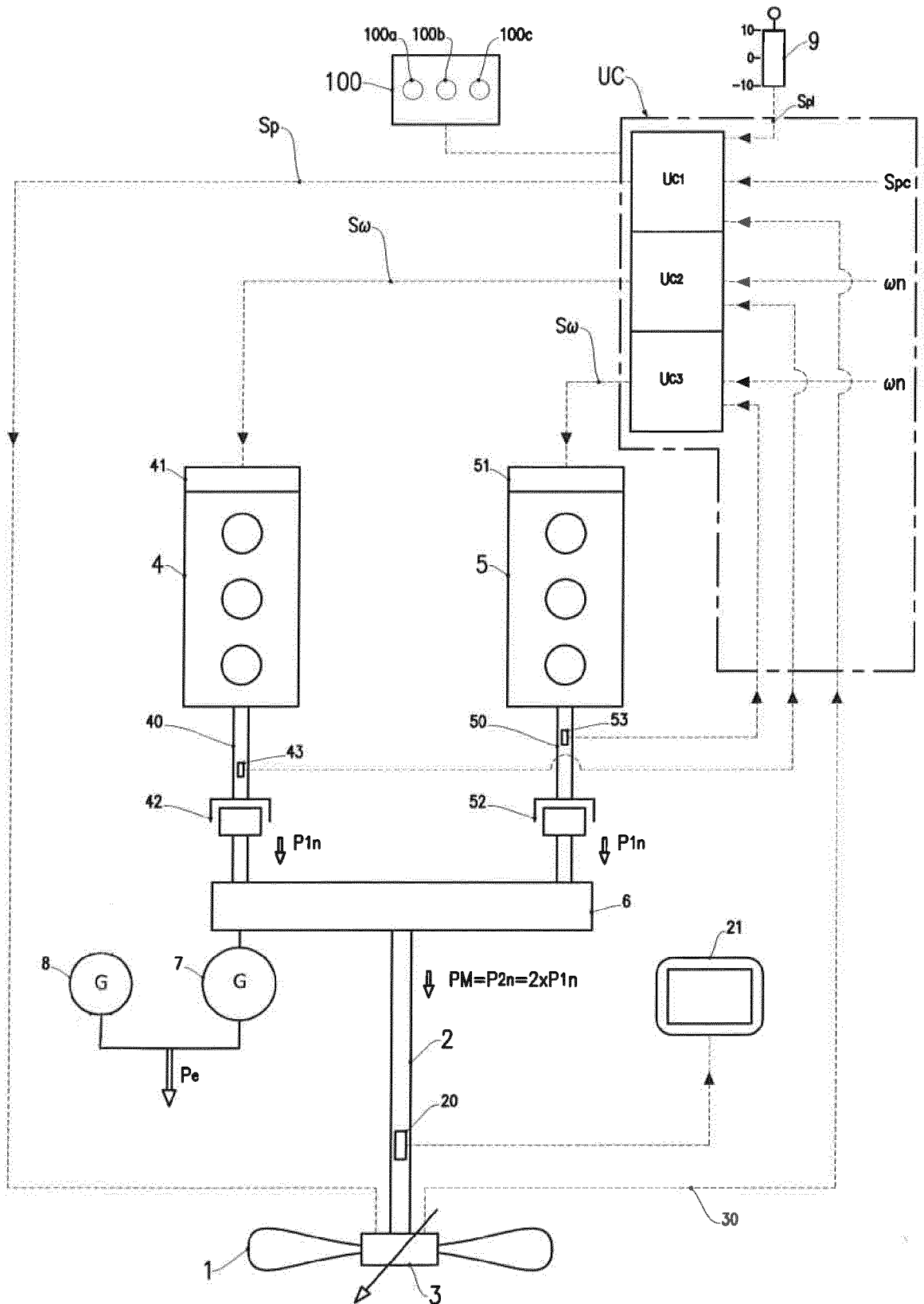


Fig. 1 (art antérieur)

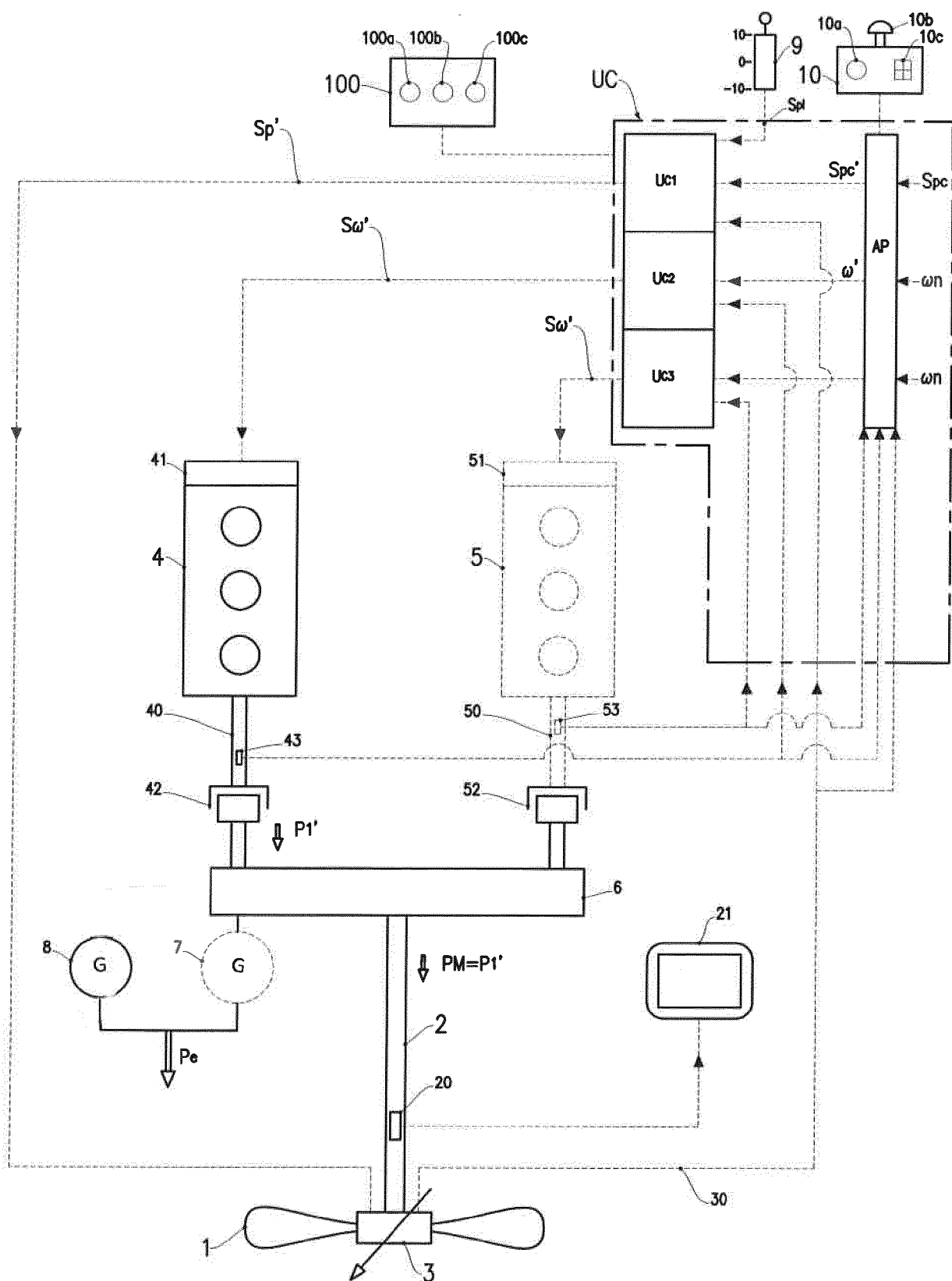


Fig. 2

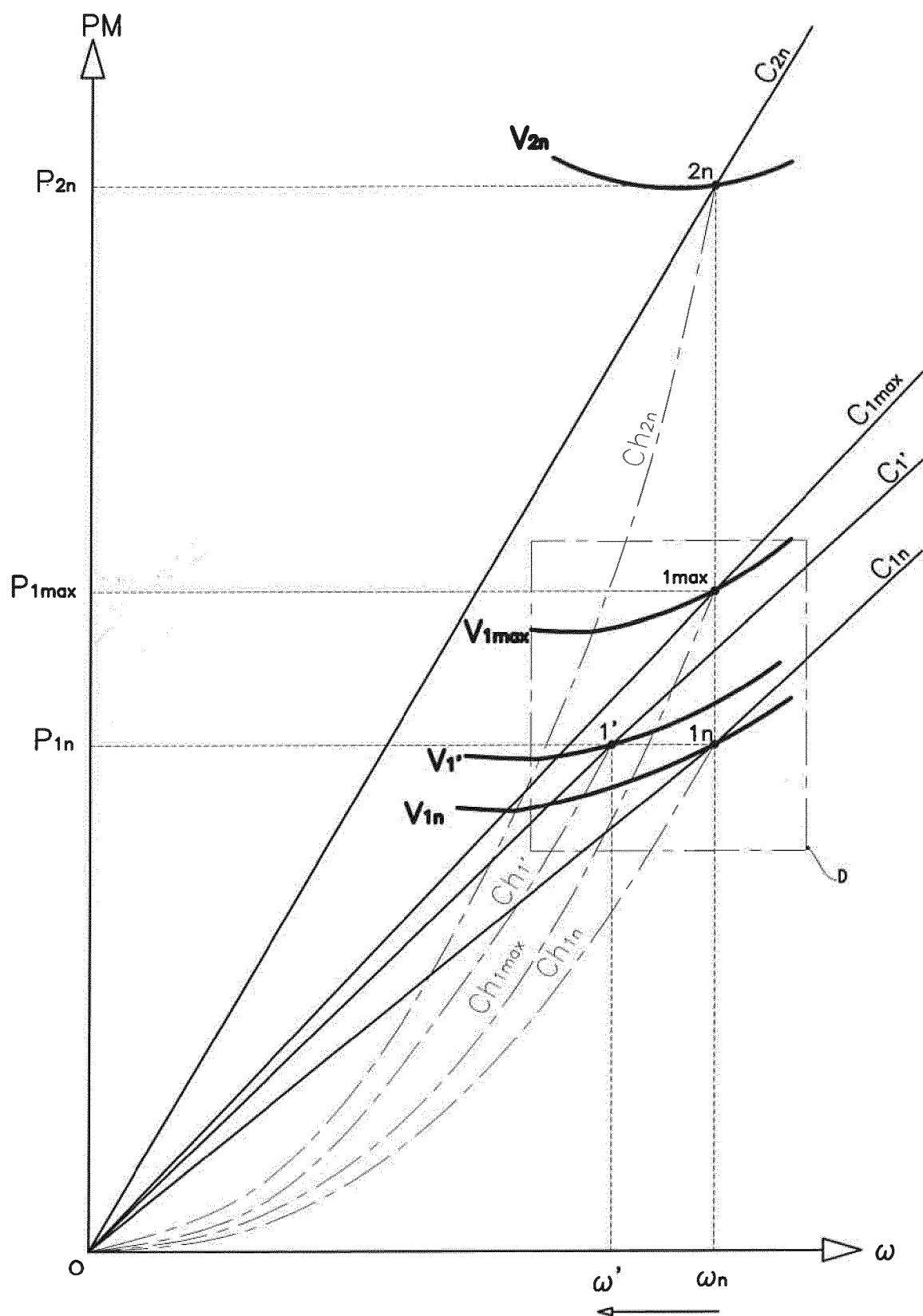


Fig.3a

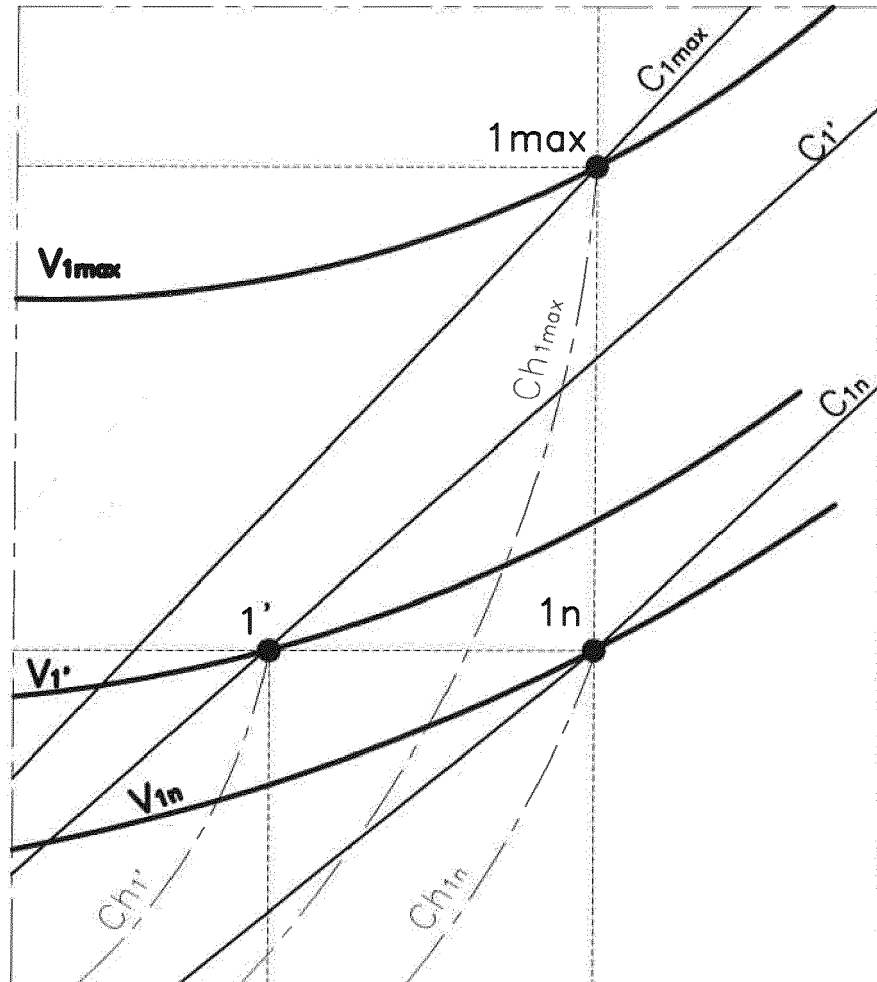


Fig.3b

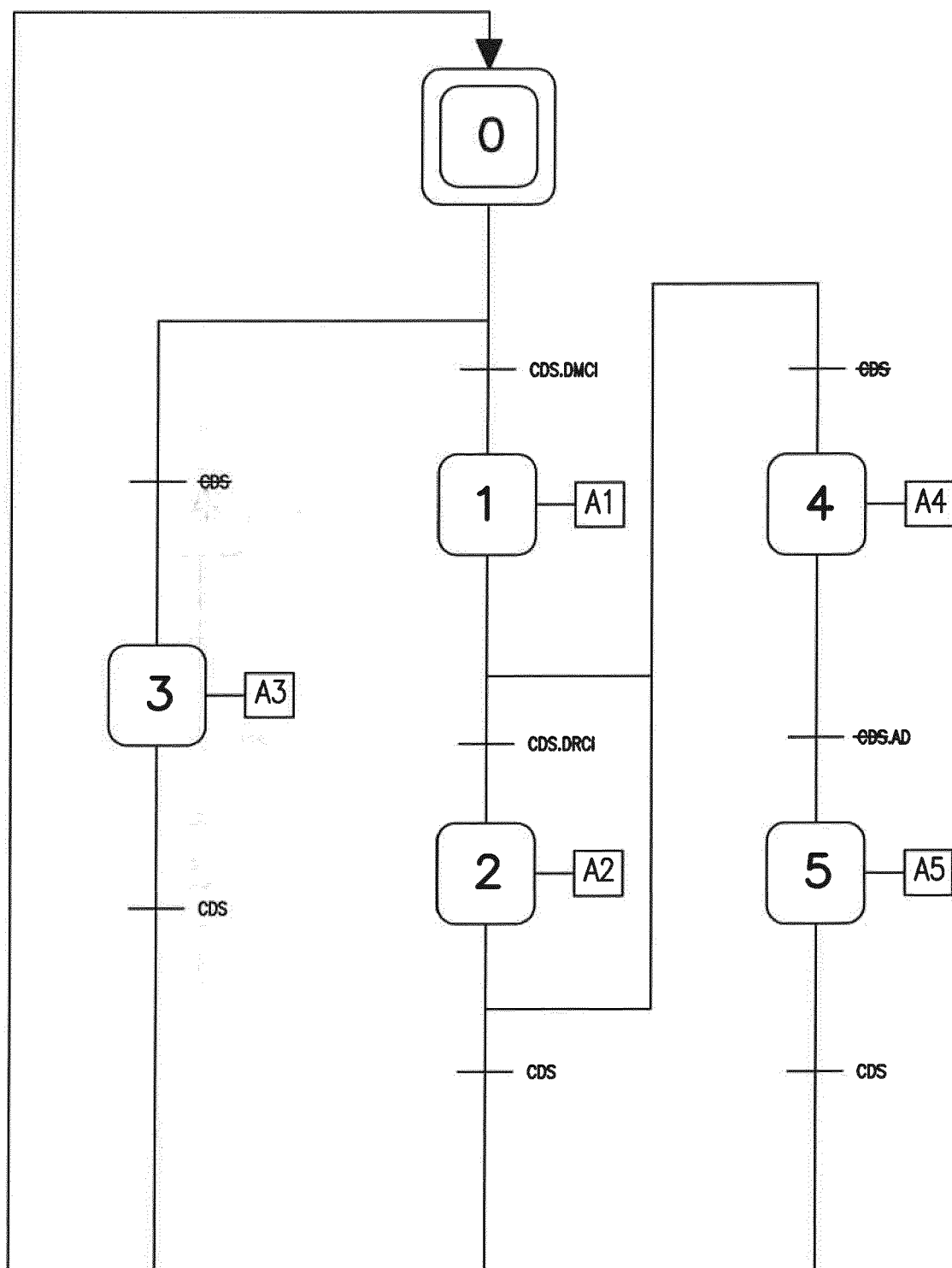


Fig. 4



## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 16 16 4433

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Catégorie                                                                                                                                                                                                                                                            | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes                                                 | Revendication concernée                                                                                                                                                                                                                                         | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)               |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                    | BE 677 295 A (BBC BROWN BOVERI & CIE [DE])<br>1 août 1966 (1966-08-01)<br>* pages 3-6; figures 1-2 *                            | 1-9                                                                                                                                                                                                                                                             | INV.<br>B63H23/10<br>B63H3/10                |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                    | EP 0 722 884 A1 (SEMT PIELSTICK [FR])<br>24 juillet 1996 (1996-07-24)<br>* colonne 4, ligne 2 - colonne 5, ligne 18; figure 2 * | 1-9                                                                                                                                                                                                                                                             |                                              |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                    | US 3 820 338 A (HIERSIG H ET AL)<br>28 juin 1974 (1974-06-28)<br>* colonne 3, ligne 9 - colonne 5, ligne 30; figures 1-2 *      | 1-9                                                                                                                                                                                                                                                             |                                              |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                    | US 3 478 619 A (SHIBATA FUKUO)<br>18 novembre 1969 (1969-11-18)<br>* colonne 2, ligne 28 - colonne 4, ligne 49; figure 5 *      | 1-9                                                                                                                                                                                                                                                             |                                              |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                    | FR 57 255 E (COLLET, J.)<br>31 décembre 1952 (1952-12-31)<br>* pages 2-3; figures 1-3 *                                         | 1-9                                                                                                                                                                                                                                                             | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)<br>B63H |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                              |
| Lieu de la recherche<br><b>Munich</b>                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                 | Date d'achèvement de la recherche<br><b>27 juillet 2016</b>                                                                                                                                                                                                     | Examineur<br><b>Brumer, Alexandre</b>        |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES<br>X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : arrière-plan technologique<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intercalaire |                                                                                                                                 | T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>& : membre de la même famille, document correspondant |                                              |

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 16 16 4433

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

27-07-2016

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|-------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| BE 677295 A                                     | 01-08-1966             | BE 677295 A                             | 01-08-1966             |
|                                                 |                        | DE 1232848 B                            | 19-01-1967             |
|                                                 |                        | GB 1090110 A                            | 08-11-1967             |
|                                                 |                        | NL 6602853 A                            | 07-09-1966             |
|                                                 |                        | NO 116356 B                             | 10-03-1969             |
|                                                 |                        | SE 301280 B                             | 27-05-1968             |
| EP 0722884 A1                                   | 24-07-1996             | BR 9600161 A                            | 06-01-1998             |
|                                                 |                        | CN 1137462 A                            | 11-12-1996             |
|                                                 |                        | DE 69611188 D1                          | 18-01-2001             |
|                                                 |                        | DE 69611188 T2                          | 19-07-2001             |
|                                                 |                        | DK 0722884 T3                           | 12-02-2001             |
|                                                 |                        | EP 0722884 A1                           | 24-07-1996             |
|                                                 |                        | ES 2153542 T3                           | 01-03-2001             |
|                                                 |                        | FI 960236 A                             | 20-07-1996             |
|                                                 |                        | FR 2729637 A1                           | 26-07-1996             |
|                                                 |                        | JP H08230788 A                          | 10-09-1996             |
|                                                 |                        | NO 960204 A                             | 22-07-1996             |
|                                                 |                        | PL 312396 A1                            | 22-07-1996             |
|                                                 |                        | US 5618211 A                            | 08-04-1997             |
| US 3820338 A                                    | 28-06-1974             | AUCUN                                   |                        |
| US 3478619 A                                    | 18-11-1969             | AUCUN                                   |                        |
| FR 57255 E                                      | 31-12-1952             | AUCUN                                   |                        |

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- BE 677295 [0052] [0058]