

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 09.01.18.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 12.07.19 Bulletin 19/28.

56 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : PFEIFFER VACUUM Société par  
actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : GRENIER YANNICK, PIERREJEAN  
DIDIER et PAGET JEAN-MARC.

73 Titulaire(s) : PFEIFFER VACUUM Société par actions  
simplifiée.

74 Mandataire(s) : CABINET INNOVINCIA Société à res-  
ponsabilité limitée.

54 POMPE A VIDE DE TYPE SECHE ET PROCEDE DE COMMANDE D'UN MOTEUR SYNCHROME DE POMPE A  
VIDE.

57 L'invention concerne une pompe à vide (1 ; 30) de type  
sèche comportant :

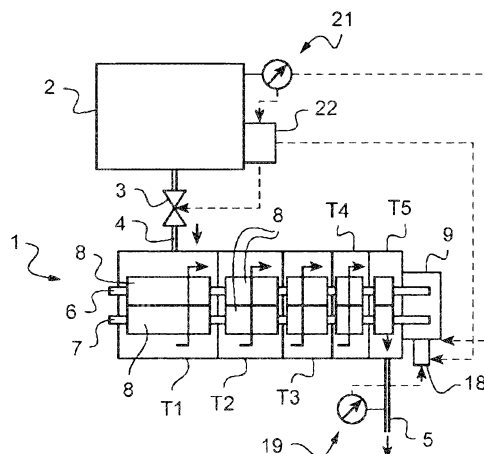
- deux arbres (6, 7) portant respectivement au moins un  
rotor de pompage (8), les rotors de pompage (8) étant confi-  
gurés pour tourner de façon synchronisée en sens inverse  
pour entrainer un gaz à pomper depuis une aspiration (4) de  
la pompe à vide (1 ; 30) vers un refoulement (5), et

- un moteur synchrone (9) configuré pour entrainer un  
des arbres (6, 7) en rotation, le moteur synchrone (9)

- comportant :
- un rotor (10) accouplé à l'arbre (6), et
- un premier stator (12) à enroulements (13) agencé au-  
tour du rotor (10),

caractérisée en ce que le moteur synchrone (9) com-  
porte au moins un deuxième stator (14) à enroulements (15)  
agencé autour dudit rotor (10), les enroulements (13, 15)  
des stators (12, 14) pouvant être alimentés individuellement  
ou simultanément pour adapter la puissance du moteur syn-  
chrone (9) à la charge de pompage.

La présente invention concerne également un procédé  
de commande d'un moteur synchrone de pompe à vide.



## **Pompe à vide de type sèche et procédé de commande d'un moteur synchrone de pompe à vide**

La présente invention concerne une pompe à vide de type sèche et plus particulièrement un moteur synchrone de ladite pompe à vide. L'invention concerne également un procédé de commande d'un moteur synchrone de pompe à vide.

Les pompes à vide primaire comportent un ou plusieurs étages de pompage en série dans lesquels circule un gaz à pomper entre une aspiration et un refoulement. On distingue parmi les pompes à vide primaire connues, celles à lobes rotatifs également connues sous le nom « Roots » avec deux ou trois lobes ou celles à double bec, également connues sous le nom « Claw » ou encore celles à double vis. On connaît également les pompes à vide de type compresseurs Roots (ou « Roots Blower » en anglais) qui sont utilisées en amont des pompes à vide primaire, pour augmenter la capacité de pompage en situation de fort flux.

Ces pompes à vide comprennent deux rotors de pompage de profils identiques tournant en sens opposé à l'intérieur d'un stator. Lors de la rotation, le gaz à pomper est emprisonné dans le volume engendré par les rotors et le stator et, est entraîné par les rotors vers l'étage suivant, puis de proche en proche jusqu'au refoulement de la pompe à vide.

Dans certaines applications, la charge de pompage évolue de manière importante en cours d'utilisation. C'est le cas notamment entre d'une part, une étape de pompage de fort flux gazeux, telle qu'une étape de mise sous vide depuis la pression atmosphérique, et d'autre part, une étape d'attente à faible charge, telle qu'une étape d'entretien du vide. On comprend que le moteur de la pompe à vide doit répondre à des niveaux de charge très différents. Très fortement sollicité au moment du vidage de l'enceinte, le moteur n'est plus soumis qu'à une faible charge en pression de vide limite. Il est ainsi difficile d'optimiser le moteur de la pompe à vide pour ces deux situations extrêmes. Une conséquence de cela est que l'optimisation du moteur pour la plus forte charge entraîne des pertes statoriques importantes en pression de vide limite.

Un des buts de la présente invention est de proposer une pompe à vide de type sèche dont le moteur peut être mieux adapté à la charge de pompage.

A cet effet, l'invention a pour objet une pompe à vide de type sèche comportant :

- deux arbres portant respectivement au moins un rotor de pompage, les rotors de pompage étant configurés pour tourner de façon synchronisée en sens inverse pour entraîner un gaz à pomper depuis une aspiration de la pompe à vide vers un refoulement, et
- 5 – un moteur synchrone configuré pour entraîner un des arbres en rotation, le moteur synchrone comportant :
  - un rotor accouplé à l'arbre, et
  - un premier stator à enroulements agencé autour du rotor,
 caractérisée en ce que le moteur synchrone comporte au moins un
- 10 deuxième stator à enroulements agencé autour dudit rotor, les enroulements des stators pouvant être alimentés individuellement ou simultanément pour adapter la puissance du moteur synchrone à la charge de pompage.

On peut ainsi alimenter individuellement l'un ou l'autre des enroulements des stators du moteur synchrone ou simultanément plusieurs enroulements pour adapter

15 au mieux la puissance du moteur synchrone à la charge de pompage en réduisant les différentes pertes statoriques (pertes fer, joules ...). Il est alors possible d'optimiser le rendement du moteur synchrone pour différents points de fonctionnement. L'alimentation simultanée des deux stators à enroulement permet de répondre de manière temporaire à un appel de charge important, ce qui peut en outre permettre de

20 réduire le temps de mise sous vide.

Un seul rotor est utilisé et les deux stators peuvent être reçus dans un même carter du moteur synchrone de la pompe à vide. On limite ainsi les coûts de fabrication et d'assemblage de la pompe à vide. De plus, la pompe à vide est compacte.

La pompe à vide est notamment dite « sèche » car en fonctionnement, le au

25 moins un rotor tourne à l'intérieur du stator sans aucun contact mécanique avec le stator, ce qui permet de ne pas utiliser d'huile dans l'étage de pompage.

La pompe à vide peut comprendre une ou plusieurs caractéristiques décrites ci-après, prise seule ou en combinaison.

Une pompe à vide comprenant deux arbres rotatifs est par exemple une pompe à

30 vide à lobes rotatifs telle que de type « Roots » ou telle qu'une pompe à vide de type « Claw » ou à vis.

Dans le cas d'une pompe à vide multiétagée, l'arbre rotatif porte des rotors s'étendant dans chaque étage de pompage.

Le rapport de puissance entre la puissance engendrée par le premier stator et la puissance engendrée par le deuxième stator est par exemple compris entre 1 et 10.

La pompe à vide est par exemple une pompe à vide primaire comportant une pluralité d'étages de pompage montés en série, le rapport de puissance entre la puissance engendrée par le premier stator et la puissance engendrée par le deuxième stator étant compris entre 1 et 5.

La pompe à vide est par exemple une pompe à vide de type Roots, destinée à être raccordée à une enceinte, en série et en amont d'une pompe à vide primaire.

Selon un premier exemple de réalisation, le rotor comporte des électroaimants.

Selon un deuxième exemple de réalisation, le rotor comporte des aimants permanents. Au moins un aimant permanent du rotor peut être composé de plusieurs éléments d'aimants permanents alignés le long du rotor. Les éléments d'aimants permanents du rotor s'étendent par exemple dans le rotor uniquement en regard des stators à enroulements.

La pompe à vide comporte par exemple un premier variateur de vitesse relié au premier stator à enroulements et un deuxième variateur de vitesse relié au deuxième stator à enroulements.

La pompe à vide comporte par exemple une unité de commande reliée aux variateurs de vitesse configurée pour alimenter les enroulements des stators individuellement ou simultanément pour adapter la puissance du moteur synchrone à la charge de pompage en fonction d'au moins un signal représentatif de la charge de pompage.

Le signal représentatif de la charge de pompage est par exemple une sortie de limitation de courant de l'un des variateurs de vitesse, représentative du courant consommé par la pompe à vide.

L'invention a aussi pour objet un procédé de commande d'un moteur synchrone d'une pompe à vide de type sèche telle que décrite précédemment, pour le pompage d'une enceinte raccordée à la pompe à vide, caractérisé en ce qu'on alimente les enroulements des stators individuellement ou simultanément pour adapter la puissance du moteur synchrone à la charge de pompage en fonction d'au moins un signal représentatif de la charge de pompage.

On alimente par exemple le plus puissant des deux stators ou les deux stators simultanément, au démarrage de la pompe à vide ou dans une étape de vidage depuis la pression atmosphérique.

Une étape de vidage depuis la pression atmosphérique et une étape de pompage en vide limite peuvent par exemple avoir lieu de manière cyclique dans l'enceinte.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description suivante, donnée à titre d'exemple, sans caractère limitatif, en regard des dessins annexés sur lesquels:

La Figure 1 montre une vue schématique d'une pompe à vide de type sèche selon un premier exemple de réalisation, raccordée à une enceinte.

La Figure 2 montre une vue schématique partielle en coupe longitudinale d'un moteur synchrone de la pompe à vide de la Figure 1.

La Figure 3 montre une vue schématique en coupe transversale du moteur synchrone de la pompe à vide de la Figure 1.

La Figure 4 montre un organigramme d'un procédé de commande d'un moteur synchrone d'une pompe à vide de type sèche.

La Figure 5 montre une vue schématique partielle en coupe longitudinale d'un moteur synchrone d'une pompe à vide selon un deuxième exemple de réalisation.

La Figure 6 montre une vue schématique partielle en coupe longitudinale d'un moteur synchrone d'une pompe à vide selon un troisième exemple de réalisation.

La Figure 7 montre une vue schématique d'une pompe à vide de type sèche selon un autre exemple de réalisation, raccordée à une enceinte.

Sur ces figures, les éléments identiques portent les mêmes numéros de référence. Les réalisations suivantes sont des exemples. Bien que la description se réfère à un ou plusieurs modes de réalisation, ceci ne signifie pas nécessairement que chaque référence concerne le même mode de réalisation, ou que les caractéristiques s'appliquent seulement à un seul mode de réalisation. De simples caractéristiques de différents modes de réalisation peuvent également être combinées ou interchangées pour fournir d'autres réalisations.

On définit par « pression limite », la pression minimale obtenue par une pompe à vide en l'absence d'introduction de flux de gaz.

On définit par pompe à vide primaire, une pompe à vide volumétrique, qui, à l'aide de deux rotors aspire, transfère puis refoule le gaz à pomper à la pression atmosphérique.

On définit par pompe à vide de type Roots, (également appelée « Roots Blower » en anglais ou « compresseur Roots »), une pompe à vide volumétrique, qui, à l'aide de rotors de pompage de type Roots aspire, transfère puis refoule le gaz à pomper. Une pompe à vide de type Roots est montée en amont et en série d'une pompe à vide primaire.

Les pompes à vide primaire et de type Roots sont des pompes à vide sèches.

On entend par « en amont », un élément qui est placé avant un autre par rapport au sens de circulation du gaz. A contrario, on entend par « en aval », un élément placé après un autre par rapport au sens de circulation du gaz à pomper, l'élément situé en amont étant à une pression plus basse que l'élément situé en aval à une pression plus élevée.

La Figure 1 représente un premier exemple d'une pompe à vide 1 de type sèche raccordée à une enceinte 2 via une vanne d'isolation 3.

Des variations de charge de pompage peuvent avoir lieu dans l'enceinte 2. Par exemple, une étape de vidage depuis la pression atmosphérique et une étape de pompage en vide limite se succèdent dans l'enceinte 2. La succession de ces deux étapes peut se produire de manière cyclique.

L'enceinte 2 est par exemple une enceinte de sas de chargement et de déchargement (ou « load lock » en anglais). De façon connue en soi, une enceinte de sas de chargement et de déchargement comporte une première porte mettant en communication l'intérieur de l'enceinte avec une zone sous pression atmosphérique, telle qu'une salle blanche, pour le chargement d'au moins un substrat et une deuxième porte pour le déchargement du substrat dans la chambre de procédés après mise sous vide. Chaque chargement ou déchargement de substrats nécessite de descendre puis de remonter alternativement la pression dans l'enceinte du sas. L'enceinte de sas de chargement et de déchargement permet de maintenir une cadence acceptable et d'éviter la présence de toute impureté et de toute pollution dans l'atmosphère environnant le substrat. Les sas de chargement et de déchargement sont notamment

utilisés pour la fabrication des écrans plats d'affichage ou de substrats photovoltaïques ou pour la fabrication de substrats semi-conducteurs.

Dans le premier mode de réalisation illustré par la Figure 1, la pompe à vide 1 est une pompe à vide primaire multiétagée. Une pompe à vide de type Roots ou une  
5 pompe à vide turbomoléculaire peuvent être intercalées entre la pompe à vide 1 et l'enceinte 2.

La pompe à vide 1 de ce premier mode de réalisation comporte une pluralité d'étage de pompage T1-T5, par exemple cinq, montés en série entre une aspiration 4 et un refoulement 5 de la pompe à vide 1. Chaque étage de pompage T1-T5 comprend  
10 une entrée et une sortie respectives. Les étages de pompage successifs T1-T5 sont raccordés en série les uns à la suite des autres par des canaux inter-étages respectifs raccordant la sortie (ou le refoulement) de l'étage de pompage qui précède à l'entrée (ou l'aspiration) de l'étage qui suit.

La pompe à vide 1 comporte en outre deux arbres 6, 7, un arbre menant 6 et un  
15 arbre mené 7, portant chacun des rotors de pompage 8 s'étendant dans les étages de pompage T1-T5.

La pompe à vide 1 comporte également un moteur synchrone 9 configuré pour entraîner l'arbre menant 6 en rotation. L'arbre mené 7 est entraîné en rotation par un dispositif de synchronisation de la pompe à vide 1.

20 Les rotors de pompage 8 présentent par exemple des lobes de profils identiques, tels que de type « Roots » (section transversale en forme de « huit » ou de « haricot ») ou de type « Claw ». Selon un autre exemple, les rotors de pompage 8 sont de type « à vis ».

Les arbres 6, 7 tournent de façon synchronisée en sens inverse. Lors de la  
25 rotation, le gaz aspiré depuis l'entrée est emprisonné dans le volume engendré par les rotors de pompage 8, puis est entraîné par les rotors 8 vers l'étage suivant (le sens de circulation des gaz est illustré par les flèches sur la Figure 1). La pompe à vide 1 est notamment dite « sèche » car en fonctionnement, les rotors 8 tournent à l'intérieur du stator sans aucun contact mécanique avec le stator, ce qui permet de ne pas utiliser  
30 d'huile dans les étages de pompage T1-T5.

Comme on peut mieux le voir sur les Figures 2 et 3, le moteur synchrone 9 comporte un rotor 10 accouplé à l'arbre menant 6 (il est par exemple enfilé sur l'arbre 6 ou fixé à l'arbre 6 par couplage élastique ou le rotor et l'arbre sont d'un seul tenant), un

premier stator 12 à enroulements 13 agencé autour du rotor 10 et au moins un deuxième stator 14 à enroulements 15 également agencé autour du rotor 10.

Le deuxième stator 14 est agencé à côté du premier stator 12 le long du rotor 10, autour d'une portion distincte du rotor 10. Les stators 12, 14 sont adjacents, coaxiaux et montés en série. Les stators 12, 14 sont reçus dans un carter 16 du moteur synchrone 9.

Selon un premier exemple de réalisation, le rotor comporte des électroaimants. Un premier stator 12 à enroulements 13 est ainsi agencé autour du rotor en regard d'électroaimants du rotor et au moins un deuxième stator 14 à enroulements 15 est également agencé autour du rotor en regard d'électroaimants du rotor.

Selon un deuxième exemple de réalisation, le rotor 10 comporte des aimants permanents 11. Un premier stator 12 à enroulements 13 est ainsi agencé autour du rotor 10 en regard d'aimants permanents 11 du rotor 10 et au moins un deuxième stator 14 à enroulements 15 est également agencé autour du rotor 10 en regard d'aimants permanents 11 du rotor 10.

Les aimants permanents 11 sont par exemple intégrés dans le rotor 10. Ils sont alors également appelés « IPM » pour « Interior Permanent Magnet » en anglais.

Sur l'exemple de la Figure 2, les aimants permanents 11 situés en regard d'un premier et d'un deuxième stator 12, 14 sont d'un seul tenant. Ils s'étendent au moins du premier stator 12 au deuxième stator 14 le long du rotor 10.

Les enroulements 13, 15 des stators 12, 14 peuvent être alimentés individuellement ou simultanément pour adapter la puissance du moteur synchrone 9 à la charge de pompage.

La pompe à vide 1 peut comporter une unité de commande 18 et deux variateurs de vitesse, un premier variateur de vitesse 23 étant dédié à l'alimentation de l'enroulement 13 du premier stator 12, un deuxième variateur de vitesse 24 étant dédié à l'alimentation de l'enroulement 15 du deuxième stator 14.

L'unité de commande 18 comporte un ou plusieurs contrôleurs ou processeurs adaptés pour piloter individuellement l'un ou l'autre des variateurs de vitesse 23, 24 ou les deux simultanément. L'unité de commande 18 est par exemple formée par une carte électronique de contrôle.

En fonctionnement, on modifie l'alimentation des enroulements 13, 15 des stators 12, 14 du moteur synchrone 9 de la pompe à vide 1 en fonction d'au moins un signal

représentatif de la charge de pompage pour adapter la puissance à au moins un seuil de charge. L'unité de commande 18 augmente la force électromotrice du moteur synchrone 9 lorsque la charge de pompage dépasse le seuil de charge en alimentant simultanément plusieurs enroulements 13, 15 et réduit la force électromotrice lorsque  
 5 la charge de pompage est inférieure au seuil de charge en alimentant individuellement l'un ou l'autre des enroulements 13, 15 des stators 12, 14 du moteur synchrone 9.

Le signal représentatif de la charge de pompage peut comporter un signal issu d'un capteur 21 de l'enceinte 2, tel qu'un capteur de pression, ou peut provenir de l'équipement 22 contrôlant le déroulement du procédé dans l'enceinte 2. Le signal  
 10 provenant de l'équipement 22 peut être une fermeture d'un contact résultant par exemple de l'ouverture/fermeture d'une porte de l'enceinte 2. Le seuil de charge est franchi lorsque la pression dans l'enceinte 2 dépasse un seuil prédéterminé ou lorsque le contact change d'état.

Le signal représentatif de la charge de pompage est par exemple un signal issu  
 15 d'un capteur de la pompe à vide 1, tel qu'un capteur de pression 19 configuré pour mesurer la pression au refoulement 5 de la pompe à vide 1 ou tel qu'un capteur de puissance ou de courant configuré pour mesurer la puissance ou le courant consommé par la pompe à vide 1. Le seuil de charge est franchi lorsque la pression de refoulement de la pompe à vide 1 ou la puissance ou le courant consommé par la  
 20 pompe à vide 1 dépasse un seuil prédéterminé respectif.

Selon un exemple de réalisation, le signal représentatif de la charge de pompage est une sortie de limitation de courant de l'un des variateurs de vitesse 23, 24, représentative du courant consommé par la pompe à vide 1. En effet, des seuils de courant peuvent être déjà prévu dans les variateurs de vitesse 23, 24 pour les protéger  
 25 contre des surintensités, pouvant survenir par exemple en phase de démarrage de la pompe à vide 1.

Selon un premier exemple de réalisation, le rapport de puissance entre la puissance engendrée par le premier stator 12 et la puissance engendrée par le deuxième stator 14 est égal à 1. Autrement dit, les enroulements du premier et du  
 30 deuxième stators 12, 14 produisent des forces électromotrices équivalentes lorsqu'ils sont soumis à une alimentation en courant équivalente. L'alimentation simultanée des deux stators 12, 14 double la force électromotrice.

Selon un deuxième exemple de réalisation, le rapport de puissance entre la puissance engendrée par le premier stator 12 et la puissance engendrée par le deuxième stator 14 est supérieur à 1. Autrement dit, les enroulements 13, 15 des stators 12, 14 produisent des forces électromotrices différentes lorsqu'ils sont soumis à une alimentation en courant équivalente. Le nombre de possibilités de puissances disponibles est alors égal à trois.

Le rapport de puissance est en outre par exemple inférieur à cinq pour une pompe à vide primaire multiétagée (Figure 1).

Des stators à enroulements produisant des puissances différentes peuvent être obtenus par exemple en augmentant le nombre de spires de l'enroulement 13, 15 de l'un des stators 12, 14 ou en augmentant le diamètre du fil de l'enroulement 13, 15 de l'un des stators 12, 14. Le nombre de spires des enroulements 15 du deuxième stator 14 est par exemple supérieur au nombre de spires des enroulements 13 du premier stator 12.

Le moteur synchrone 9 peut également comporter plus de deux stators à enroulements, tel que trois ou quatre stators à enroulements. Les différents stators à enroulements présentent par exemple une force électromotrice respective croissante.

On va maintenant décrire un exemple de procédé de commande d'un moteur synchrone 9 d'une pompe à vide 1 raccordée à une enceinte de sas de chargement et de déchargement telle que sur la Figure 1, en considérant que la pression dans l'enceinte 2 est initialement la pression atmosphérique et que la vanne d'isolation 3 est fermée.

Lorsque par exemple, l'équipement 22 commande l'ouverture de la vanne 3, un signal provenant de l'équipement 22 est reçu au niveau de l'unité de commande 18 de la pompe à vide 1. L'unité de commande 18 alimente alors simultanément les deux stators 12, 14 du moteur synchrone 9 pour disposer d'un maximum de puissance.

La pression dans l'enceinte 2 commence à décroître (étape de vidage 101 ; Figure 4).

Lorsque la pression dans l'enceinte 2 franchit un seuil de basse pression prédéterminé, on considère que la charge de pompage a suffisamment baissé pour n'alimenter plus qu'un seul des deux stators 12, 14 (étape de pompage en vide limite 102 ; Figure 4).

Après le déchargement du substrat de l'enceinte 2, on ferme la vanne d'isolation 3 et on remonte la pression dans l'enceinte 2 à la pression atmosphérique pour le chargement d'un nouveau substrat.

Un nouveau cycle peut ensuite commencer.

5 On peut ainsi alimenter individuellement l'un ou l'autre ou simultanément plusieurs enroulements 13, 15 des stators 12, 14 du moteur synchrone 9 pour adapter au mieux la puissance du moteur synchrone 9 à la charge de pompage tout en réduisant les différentes pertes statoriques (pertes fer, joules...). Il est alors possible d'optimiser le rendement du moteur synchrone 9 pour différents points de  
10 fonctionnement. L'alimentation simultanée des deux stators 12, 14 à enroulement 13, 15 permet ainsi de répondre de manière temporaire à un appel de charge important et permet de réduire le temps de mise sous vide. Un seul rotor 10 est utilisé et les deux stators 12, 14 peuvent être reçus dans un même carter 16 du moteur synchrone 9 de la pompe à vide 1. On limite ainsi les coûts, on facilite l'assemblage et la pompe à vide  
15 1 reste compacte.

La Figure 5 montre un deuxième exemple de réalisation dans lequel chaque aimant permanent 11 du rotor 10 comporte plusieurs éléments d'aimants permanents 25.

Les éléments d'aimants permanents 25 sont alignés le long du rotor 10. Ils sont  
20 mis bout à bout le long du rotor 10 et s'étendent entre le premier stator 12 et le deuxième stator 14. Un aimant permanent 11 réalisé par plusieurs éléments séparés mis bout à bout est plus facile à réaliser qu'un aimant permanent 11 d'un seul tenant. Les éléments d'aimants permanents 25 sont par exemple insérés les uns derrière les autres dans une rainure ménagée dans le rotor 10.

25 La Figure 6 montre un autre exemple de réalisation dans lequel chaque aimant permanent 11 du rotor 10 comporte plusieurs éléments d'aimants permanents 25. Les éléments d'aimants permanents 25 sont alignés le long du rotor 10 mais dans cet exemple, s'étendent dans le rotor 10 uniquement dans les régions du rotor 10 situées face à un stator 12, 14 à enroulements 13, 15. Des éléments de remplissage, par  
30 exemple en plastique, peuvent être insérés dans la rainure entre un élément d'aimant permanent 25 en regard du premier stator 12 à enroulements 13 et un élément d'aimant permanent 25 en regard du deuxième stator 14 à enroulements 15. On limite ainsi les coûts en évitant l'agencement d'aimants permanents inutiles.

La Figure 7 représente un exemple de pompe à vide 30 de type « Blower Roots » raccordée à une enceinte 2. La pompe à vide 30 est montée en série et en amont d'une pompe à vide primaire 31.

La pompe à vide 30 comporte un seul étage de pompage T1 présentant une aspiration 4 et un refoulement 5, deux arbres 6, 7 portant chacun un rotor de pompage 8 et un moteur synchrone 9 configuré pour entraîner l'arbre menant 6 en rotation.

Les rotors de pompage 8 présentent des lobes de profils identiques de type Roots qui sont angulairement décalés et entraînés pour tourner de façon synchronisée en sens inverse dans l'étage de pompage T1.

La pompe à vide 30 de type Roots se différencie principalement de la pompe à vide 1 primaire par une capacité de pompage plus importante, des tolérances de jeux plus grandes et par le fait que la pompe à vide 30 de type Roots ne refoule pas à la pression atmosphérique mais doit être utilisée en montage série en amont d'une pompe à vide primaire 31.

Comme dans le premier mode de réalisation, le moteur synchrone 9 comporte un rotor 10 à aimants permanents 11 monté sur l'arbre menant 6, un premier stator 12 à enroulements 13 agencé autour du rotor 10 et au moins un deuxième stator 14 à enroulements 15 également agencé autour du rotor 10.

Les enroulements 13, 15 du premier et du deuxième stators 12, 14 peuvent produire des forces électromotrices équivalentes ou différentes. Le rapport de puissance entre la puissance engendrée par le premier stator 12 et la puissance engendrée par le deuxième stator 14 est par exemple compris entre 1 et 10.

On prévoit par exemple, dans le cas d'une pompe à vide 30 de type « Blower » Roots raccordée à une enceinte de sas de chargement et de déchargement, que la puissance engendrée par le premier stator 12 soit de l'ordre de 1,5kW et la puissance engendrée par le deuxième stator 14 soit de l'ordre de 8,5kW.

En fonctionnement, on modifie l'alimentation des enroulements 13, 15 des stators 12, 14 du moteur synchrone 9 de la pompe à vide 1 en fonction d'au moins un signal représentatif de la charge de pompage pour adapter la puissance à au moins un seuil de charge.

Lorsque l'équipement 22 commande l'ouverture de la vanne 3, les deux stators 12, 14 du moteur synchrone 9 sont alimentés. La puissance disponible est alors de l'ordre de 10kW (étape de vidage 101).

Lorsque la pression dans l'enceinte 2 franchit un seuil de charge prédéterminé, la charge de pompage a suffisamment baissé pour que l'unité de commande 18 n'alimente plus qu'un seul des deux stators 12 (étape de pompage en vide limite 102 ; Figure 4). La puissance disponible est alors de l'ordre de 1,5 kW.

## REVENDEICATIONS

1. Pompe à vide (1 ; 30) de type sèche comportant :

- 5                   - deux arbres (6, 7) portant respectivement au moins un rotor de pompage (8), les rotors de pompage (8) étant configurés pour tourner de façon synchronisée en sens inverse pour entrainer un gaz à pomper depuis une aspiration (4) de la pompe à vide (1 ; 30) vers un refoulement (5), et
- un moteur synchrone (9) configuré pour entrainer un des arbres (6, 7) en rotation, le moteur synchrone (9) comportant :
  - 10               - un rotor (10) accouplé à l'arbre (6), et
  - un premier stator (12) à enroulements (13) agencé autour du rotor (10),

                  caractérisée en ce que le moteur synchrone (9) comporte au moins un deuxième stator (14) à enroulements (15) agencé autour dudit rotor (10), les enroulements (13, 15) des stators (12, 14) pouvant être alimentés individuellement ou simultanément pour adapter la puissance du moteur synchrone (9) à la charge de pompage.

2.               Pompe à vide (1 ; 30) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que le rapport de puissance entre la puissance engendrée par le premier stator (12) et la puissance engendrée par le deuxième stator (14) est compris entre 1 et 10.

3.               Pompe à vide (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la pompe à vide (1) est une pompe à vide (1) primaire comportant une pluralité d'étages de pompage (T1-T5) montés en série, le rapport de puissance entre la puissance engendrée par le premier stator (12) et la puissance engendrée par le deuxième stator (14) étant compris entre 1 et 5.

4.               Pompe à vide (30) selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que la pompe à vide (1) est une pompe à vide (30) de type Roots, destinée à être raccordée à une enceinte (2), en série et en amont d'une pompe à vide primaire (31).

5.               Pompe à vide (1 ; 30) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le rotor (10) comporte des aimants permanents (11).

6. Pompe à vide (1 ; 30) selon la revendication 5, caractérisée en ce qu'au moins un aimant permanent (11) du rotor (10) est composé de plusieurs éléments d'aimants permanents (25) alignés le long du rotor (10).

7. Pompe à vide (1 ; 30) selon la revendication 6, caractérisée en ce que les éléments d'aimants permanents (25) du rotor (10) s'étendent dans le rotor (10) uniquement en regard des stators (12, 14) à enroulements (13, 15).

8. Pompe à vide (1 ; 30) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comporte un premier variateur de vitesse (23) relié au premier stator (12) à enroulements (13) et un deuxième variateur de vitesse (24) relié au deuxième stator (14) à enroulements (15).

9. Pompe à vide (1 ; 30) selon la revendication précédente, caractérisée en ce qu'elle comporte une unité de commande (18) reliée aux variateurs de vitesse (23, 24) configurée pour alimenter les enroulements (13, 15) des stators (12, 14) individuellement ou simultanément pour adapter la puissance du moteur synchrone (9) à la charge de pompage en fonction d'au moins un signal représentatif de la charge de pompage.

10. Pompe à vide (1 ; 30) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que le signal représentatif de la charge de pompage est une sortie de limitation de courant de l'un des variateurs de vitesse (23, 24), représentative du courant consommé par la pompe à vide (1 ; 30).

11. Procédé de commande (100) d'un moteur synchrone (9) d'une pompe à vide (1 ; 30) de type sèche selon l'une des revendications précédentes, pour le pompage d'une enceinte (2) raccordée à la pompe à vide (1 ; 30), caractérisé en ce qu'on alimente les enroulements (13, 15) des stators (12, 14) individuellement ou simultanément pour adapter la puissance du moteur synchrone (9) à la charge de pompage en fonction d'au moins un signal représentatif de la charge de pompage.

12. Procédé de commande (100) selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'on alimente le plus puissant des deux stators (14) ou les deux stators (12, 14) simultanément au démarrage de la pompe à vide (1 ; 30) ou dans une étape de vidage (101) depuis la pression atmosphérique.

13. Procédé de commande (100) selon l'une des revendications 11 ou 12, dans lequel une étape de vidage (101) depuis la pression atmosphérique et une étape de pompage en vide limite (102) ont lieu de manière cyclique dans l'enceinte (2).

Fig.1

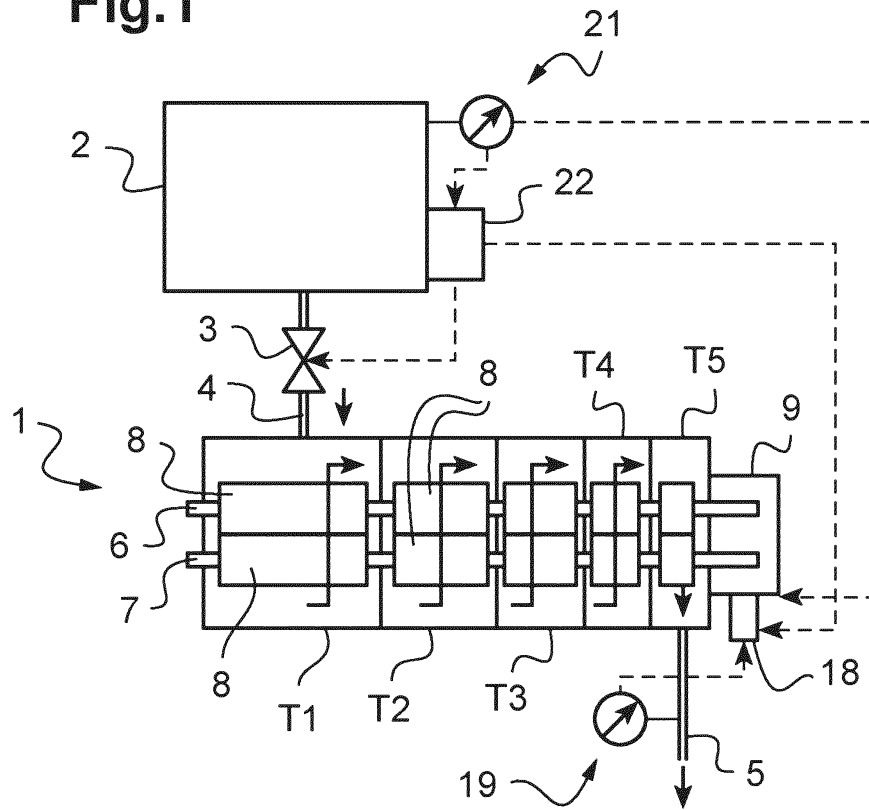
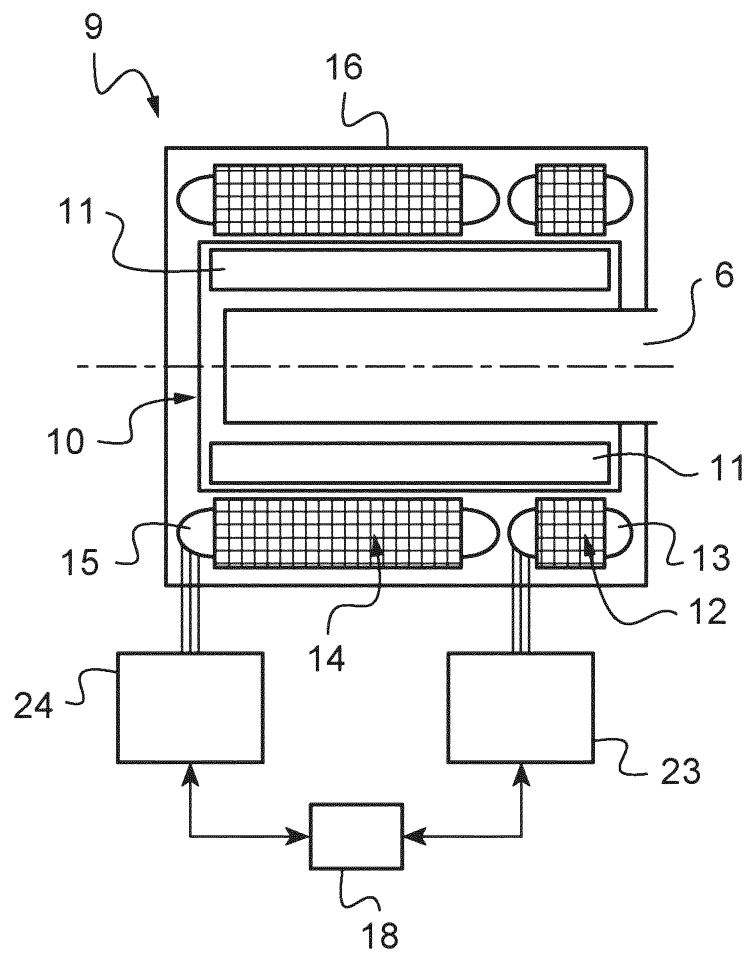
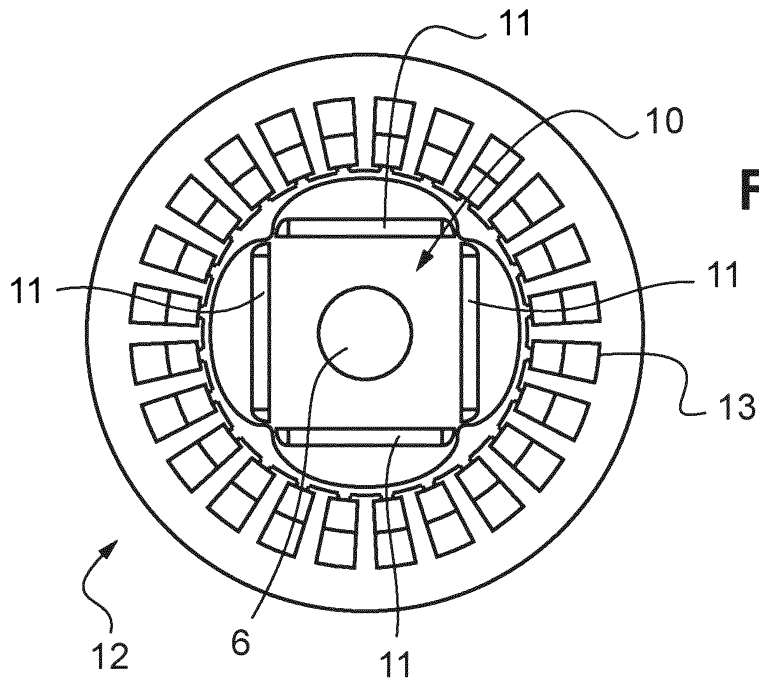
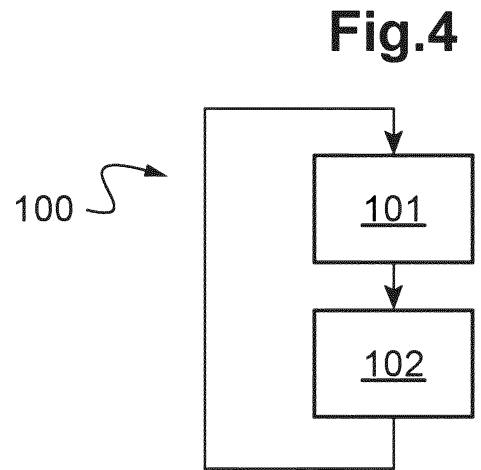


Fig.2

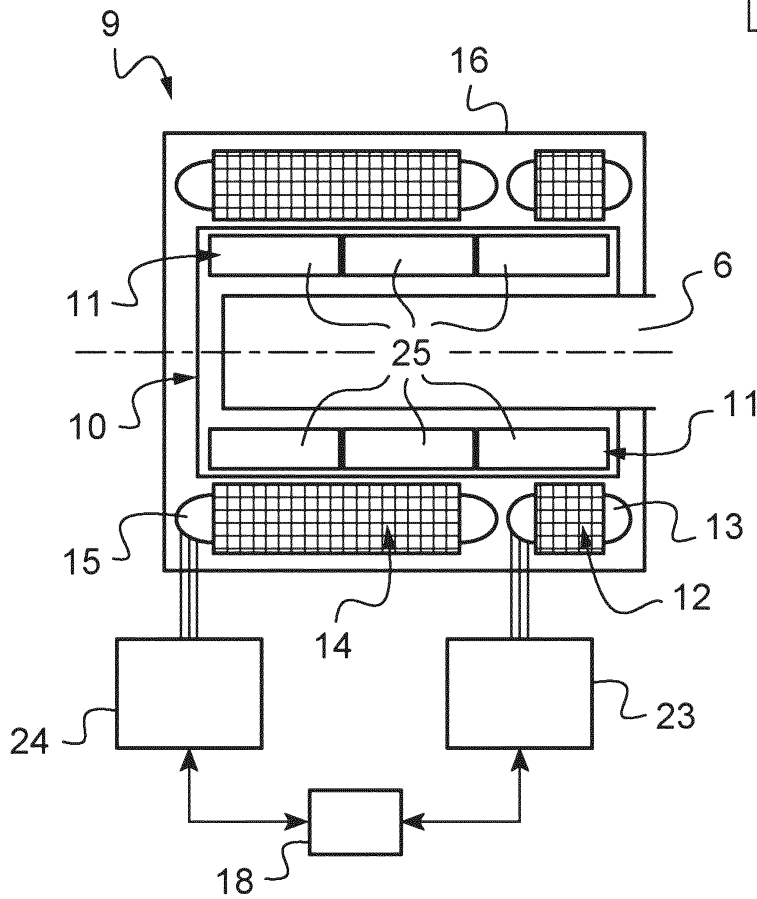




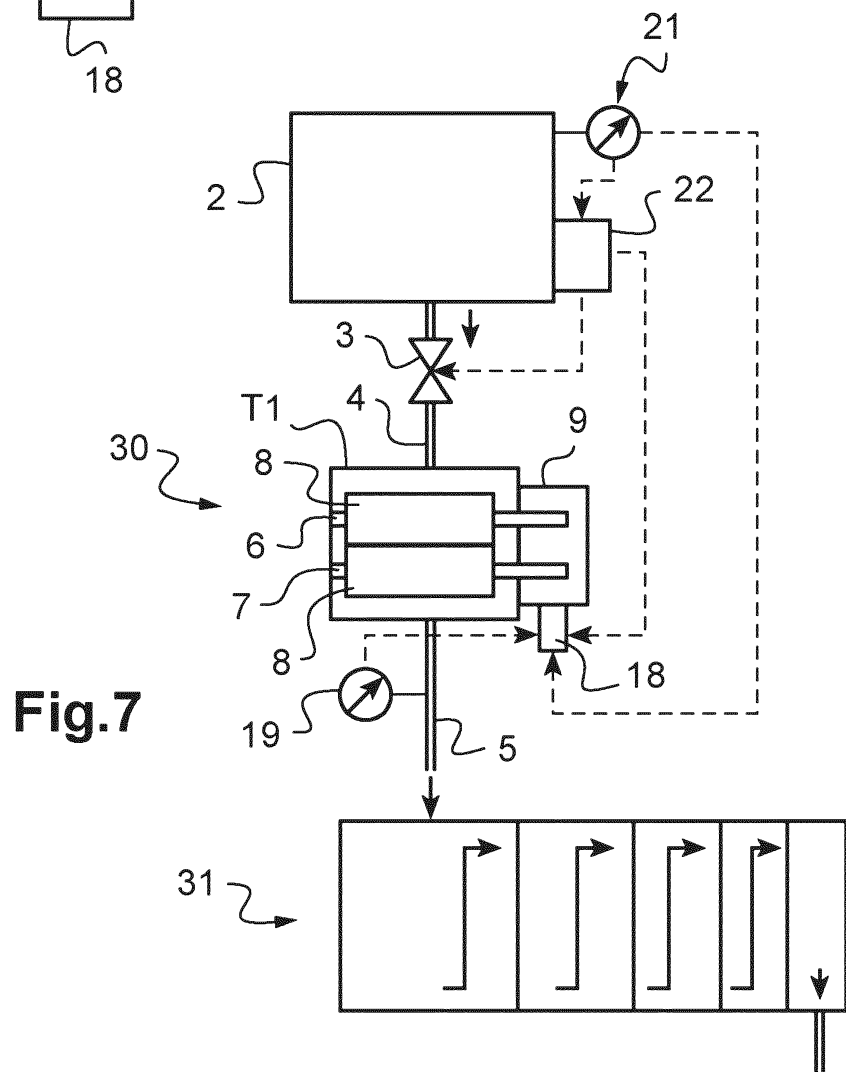
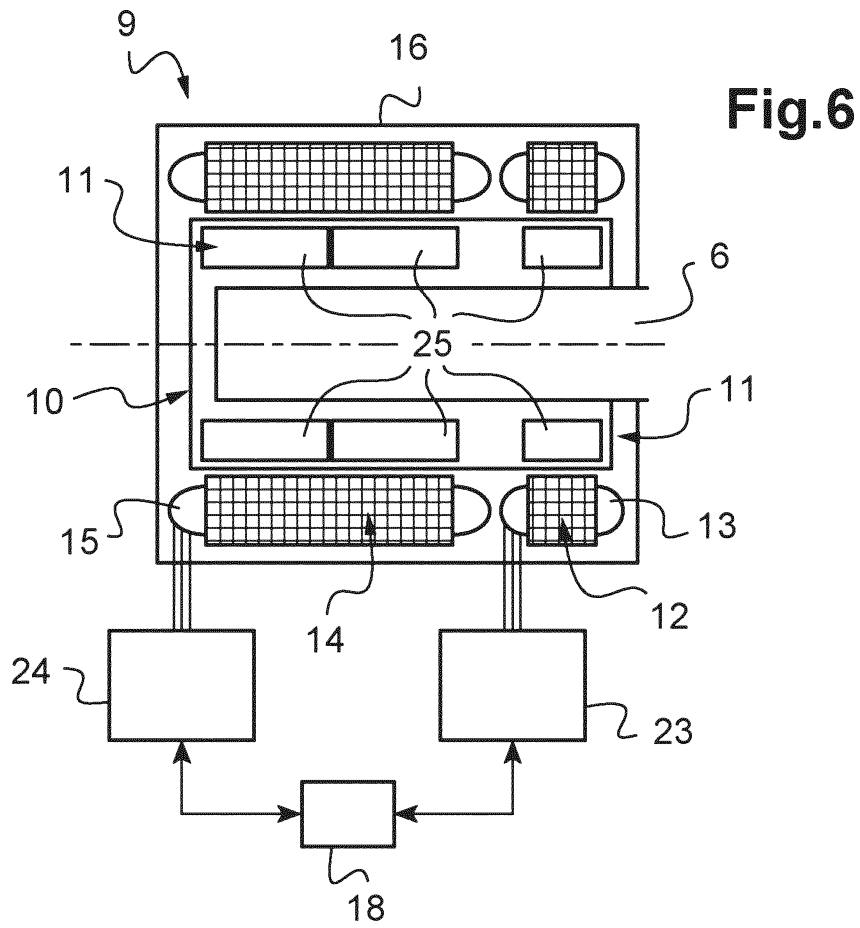
**Fig.3**



**Fig.4**



**Fig.5**



# RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 850153  
FR 1850164

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                      | Revendication(s)<br>concernée(s) | Classement attribué<br>à l'invention par l'INPI   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|
| Catégorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Citation du document avec indication, en cas de besoin,<br>des parties pertinentes                                                                                                                                   |                                  |                                                   |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | EP 1 900 943 A1 (TOYOTA JIDOSHOKKI KK [JP]) 19 mars 2008 (2008-03-19)<br>* le document en entier *<br>* figure 1 *<br>* alinéa [0002] *<br>* alinéa [0018] - alinéa [0021] *<br>* alinéa [0024] *                    | 1-13                             | F04C25/02<br>H02K16/04<br>H02P25/022<br>F04D19/04 |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | US 2015/037180 A1 (ABBOTT TIMOTHY D [US]) 5 février 2015 (2015-02-05)<br>* le document en entier *<br>* figure 1 *<br>* revendication 10 *<br>* alinéa [0003] - alinéa [0004] *<br>* alinéa [0019] - alinéa [0021] * | 1-13                             |                                                   |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | EP 0 447 257 A2 (SATAKE ENG CO LTD [JP]) 18 septembre 1991 (1991-09-18)<br>* le document en entier *<br>* figure 1 *<br>* colonne 2, ligne 16 - ligne 44 *<br>* colonne 4, ligne 19 - ligne 25 *                     | 1-13                             | DOMAINES TECHNIQUES<br>RECHERCHÉS (IPC)           |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | US 2004/075415 A1 (SOPKO JEFFREY RAYMOND [US] ET AL) 22 avril 2004 (2004-04-22)<br>* le document en entier *<br>* figure 3 *<br>* alinéas [0001], [0002], [0005] *<br>* alinéas [0012], [0022] *                     | 1-13                             | F04C<br>F01C<br>H02K                              |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | US 2004/075236 A1 (RADAMIS MAGED [US]) 22 avril 2004 (2004-04-22)<br>* le document en entier *<br>* figure 7 *<br>* alinéa [0001] *<br>* alinéa [0033] *                                                             | 1-13                             |                                                   |
| Date d'achèvement de la recherche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                      | Examineur                        |                                                   |
| 14 septembre 2018                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                      | Sbresny, Heiko                   |                                                   |
| <p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>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</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention<br/>E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.<br/>D : cité dans la demande<br/>L : cité pour d'autres raisons<br/>.....<br/>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p> |                                                                                                                                                                                                                      |                                  |                                                   |

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**  
**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1850164 FA 850153**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **14-09-2018**  
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

| 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 |
|-------------------------------------------------|----|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| EP 1900943                                      | A1 | 19-03-2008             | AT 496221 T                             | 15-02-2011             |
|                                                 |    |                        | EP 1900943 A1                           | 19-03-2008             |
|                                                 |    |                        | JP 4702236 B2                           | 15-06-2011             |
|                                                 |    |                        | JP 2008069666 A                         | 27-03-2008             |
|                                                 |    |                        | KR 20080024058 A                        | 17-03-2008             |
|                                                 |    |                        | TW 200823369 A                          | 01-06-2008             |
|                                                 |    |                        | US 2008063536 A1                        | 13-03-2008             |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |
| US 2015037180                                   | A1 | 05-02-2015             | AUCUN                                   |                        |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |
| EP 0447257                                      | A2 | 18-09-1991             | AU 639191 B2                            | 15-07-1993             |
|                                                 |    |                        | CA 2038480 A1                           | 17-09-1991             |
|                                                 |    |                        | DE 69102911 D1                          | 25-08-1994             |
|                                                 |    |                        | DE 69102911 T2                          | 09-03-1995             |
|                                                 |    |                        | DK 0447257 T3                           | 14-11-1994             |
|                                                 |    |                        | EP 0447257 A2                           | 18-09-1991             |
|                                                 |    |                        | FI 911306 A                             | 17-09-1991             |
|                                                 |    |                        | NO 911070 A                             | 17-09-1991             |
|                                                 |    |                        | NO 964574 A                             | 17-09-1991             |
|                                                 |    |                        | US 5144180 A                            | 01-09-1992             |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |
| US 2004075415                                   | A1 | 22-04-2004             | CA 2415008 A1                           | 21-04-2004             |
|                                                 |    |                        | US 2004075415 A1                        | 22-04-2004             |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |
| US 2004075236                                   | A1 | 22-04-2004             | DE 10347004 A1                          | 13-05-2004             |
|                                                 |    |                        | US 2004075236 A1                        | 22-04-2004             |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |