

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2016/071597 A1**

(43) Date de la publication internationale  
12 mai 2016 (12.05.2016)

(51) Classification internationale des brevets :  
F01L 9/04 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2015/052729

(22) Date de dépôt international :  
9 octobre 2015 (09.10.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
1460799 7 novembre 2014 (07.11.2014) FR

(71) Déposant : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA  
[FR/FR]; Route de Gisy, F-78140 Velizy Villacoublay  
(FR).

(72) Inventeurs : PORTO MENDES, Luiz Gustavo; 12 rue  
des Frères Caudron, F-78140 Velizy Villacoublay (FR).  
DIMITROVA, Zlatina; 28 rue Henri Simon, F-78000  
Versailles (FR).

(74) Mandataire : BOURGUIGNON, Eric; Peugeot Citroen  
Automobiles SA, Propriété Industrielle, 18 rue des Fau-  
velles, F-92250 La Garenne Colombes (FR).

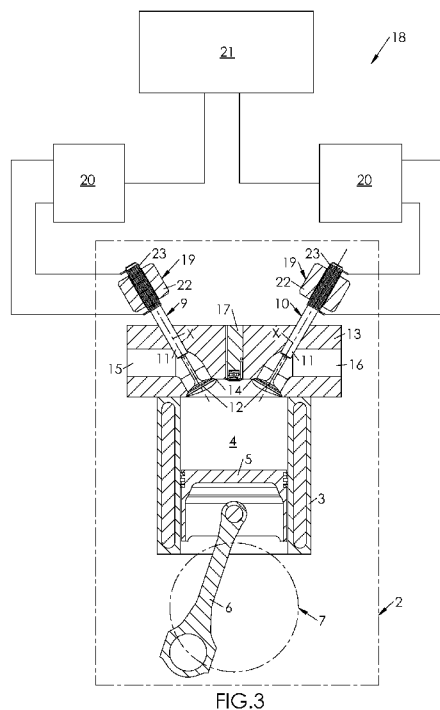
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,  
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,  
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,  
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,  
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,  
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,  
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,  
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,  
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ,  
TZ, UG, ZM, ZW), eurasiatique (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,  
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,  
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,  
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : SYSTEM FOR ELECTROMAGNETIC ACTUATION OF VALVES FOR AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Titre : SYSTÈME D'ACTIONNEMENT ÉLECTROMAGNÉTIQUE DE SOUPAPES POUR UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE



(57) Abstract : The invention relates to a system (18) for actuating valves (9, 10) for an internal combustion engine (2) including a first valve and a second valve (9, 10) actuated by a first electromagnetic actuator and a second electromagnetic actuator (19), respectively, each electromagnetic actuator (19) including a magnet (22) generating a magnetic field and a coil (23) supplied with electricity and immersed in said field, the electric power supply of each coil (23) making it possible to manage, alternately, acceleration and deceleration phases of each valve (9, 10), said system (18) including a control device (20) configured such as to transmit induced electric energy generated by the coil of the first (19) electromagnetic actuator towards the coil (23) of the second electromagnetic actuator (19) during a deceleration phase of the first valve (9, 10) and an acceleration phase of the second valve (9, 10), such as to use said electric energy for the acceleration phase of the second valve (9, 10).

(57) Abrégé : Système (18) d'actionnement de soupapes (9,10) pour un moteur (2) à combustion interne comprenant une première et une deuxième soupape (9,10) respectivement actionnées par un premier et un deuxième actionneur (19) électromagnétique, chaque actionneur (19) électromagnétique comprenant un aimant (22) générant un champ

[Suite sur la page suivante]

WO 2016/071597 A1

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, **Publiée :**  
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

**Déclarations en vertu de la règle 4.17 :**

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)

---

magnétique et une bobine (23) alimentée électriquement plongée dans ce champ, l'alimentation électrique de chaque bobine (23) permettant de gérer alternativement des phases d'accélération et de décélération de chaque soupape (9,10), ce système (18) comprenant un dispositif (20) de commande configuré pour transmettre durant une phase de décélération de la première soupape (9,10) et une phase d'accélération de la deuxième soupape (9,10), une énergie électrique induite générée par la bobine du premier (19) actionneur électromagnétique vers la bobine (23) du deuxième actionneur (19) électromagnétique, de sorte à utiliser cette énergie électrique pour la phase d'accélération de la deuxième soupape (9,10).

## SYSTÈME D'ACTIONNEMENT ÉLECTROMAGNÉTIQUE DE SOUPAPES POUR UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE

[0001] L'invention a trait à la commande des soupapes dans un  
5 moteur à combustion interne. Elle concerne, plus précisément, un système d'actionnement de soupapes pour un tel moteur.

[0002] Un moteur à combustion interne est alimenté lors de chaque cycle par un mélange comprenant de l'air et du carburant (ou mélange carburé). Un tel moteur comprend au moins un cylindre définissant une  
10 chambre de combustion, cette chambre de combustion étant délimitée, dans une partie supérieure, par une culasse, et dans une partie inférieure, par un piston mobile au sein du cylindre.

[0003] Le moteur comprend, pour chaque cylindre, au moins une soupape d'admission et une soupape d'échappement. Une soupape  
15 comprend une tige au bout de laquelle est formée une tête. Chaque soupape est mobile en translation par rapport la culasse du moteur entre une position fermée dans laquelle la tête de la soupape s'appuie contre un siège pour obturer un conduit d'admission (ou, respectivement, un conduit d'échappement) et une position ouverte  
20 dans laquelle la tête est écartée du siège pour mettre en communication la chambre de combustion avec le conduit d'admission (ou, respectivement avec le conduit d'échappement).

[0004] La commande des soupapes doit satisfaire les contraintes suivantes. D'abord, le mouvement des soupapes doit être rapide et  
25 précis, pour faciliter l'admission respectivement l'évacuation des gaz. Ensuite, la course des soupapes doit être suffisante pour garantir un débit important des gaz, qu'il s'agisse de l'admission ou de l'évacuation. De plus, les efforts transmis aux soupapes doivent être importants (notamment à l'évacuation) pour vaincre la pression régnant  
30 dans la chambre de combustion. Enfin, le système de commande doit être fiable pour éviter notamment toutes pertes de puissance dues à un dysfonctionnement de celui-ci.

[0005] Traditionnellement, la commande des soupapes dans les moteurs à combustion interne est réalisée mécaniquement par un  
35 système d'actionnement comprenant un ou plusieurs arbre(s) à cames qui entraînent les soupapes, soit directement, soit indirectement par

l'intermédiaire de culbuteurs. Un arbre à cames est couplé en rotation au vilebrequin par une courroie ou une chaîne de distribution.

[0006] Cette technique a fait ses preuves mais elle présente un inconvénient majeur : elle ne permet aucune régulation de la commande  
5 des soupapes.

[0007] Une technique alternative de commande des soupapes est l'actionnement électromagnétique. Dans cette technique, chaque soupape est entraînée au moyen d'un actionneur électromagnétique. Chaque actionneur comprend ainsi un ou plusieurs aimants qui  
10 génèrent un champ magnétique au sein duquel se trouve une bobine parcourue par un courant électrique, la soupape étant ainsi apte à se mouvoir verticalement dans un sens, par la force de Laplace, lorsque la bobine est alimentée par un courant positif, et respectivement dans le sens inverse lorsqu'elle est alimentée par un courant négatif.

[0008] Chaque actionneur électromagnétique est piloté électriquement par un dispositif de commande qui est lui-même piloté par un calculateur (également appelé contrôle moteur). Le calculateur est relié à différents capteurs qui lui fournissent en temps réel des données sur le moteur et notamment sur la position du vilebrequin et la  
20 position de chaque soupape par rapport à la culasse. Le dispositif de commande et le calculateur permettent de synchroniser les soupapes avec les autres éléments du moteur tels que les pistons.

[0009] Lorsque l'actionnement est électromagnétique, les motoristes distinguent quatre phases lors de la commande d'une soupape au cours  
25 d'un cycle de levée, ce cycle correspondant à l'ouverture de la soupape c'est à dire au passage de la soupape d'une position fermée à une position ouverte, et à la fermeture de la soupape c'est-à-dire au passage de la soupape de la position ouverte à la position fermée.

[0010] Afin d'explicitier ces quatre phases, on suppose par exemple  
30 que l'alimentation de la bobine avec un courant positif permet le déplacement de la soupape de la position fermée vers la position ouverte, et inversement, l'alimentation de la bobine avec un courant négatif permet le déplacement de la soupape de la position ouverte vers la position fermée, ces quatre phases étant ainsi définies de la  
35 manière suivante :

- une première phase dans laquelle on alimente la bobine de l'actionneur avec un courant positif pour permettre l'accélération de la soupape en direction de la position ouverte ;
- une deuxième phase dans laquelle on coupe l'alimentation électrique de la bobine, en amont de la position ouverte, pour 5 générer un courant négatif issu de l'inertie emmagasinée par la soupape, ce courant négatif permettant de freiner la soupape ;
- une troisième phase dans laquelle on alimente la bobine de l'actionneur avec un courant négatif pour permettre l'accélération de la soupape en direction de la position fermée ; 10
- une quatrième phase dans laquelle on coupe l'alimentation électrique de la bobine, en amont de la position fermée, pour générer un courant positif issu de l'inertie emmagasinée par la soupape, ce courant positif permettant de freiner la soupape.

15 [0011] L'ensemble de ces phases sont, par exemple, décrites dans le brevet japonais JPH10131726. Dans ce document, l'actionneur électromagnétique comprend une bobine fixe par rapport à la culasse, cette bobine étant alimentée électriquement durant les premières et troisièmes phases, et entourant un aimant mobile sur lequel est fixée la 20 soupape. Afin d'améliorer la consommation énergétique du dispositif de commande de soupapes, ce document propose, en outre, lors des deuxièmes et quatrièmes phases, de stocker l'énergie des courants induits dans un condensateur. L'énergie stockée est alors réinjectée durant les premières phases et quatrièmes phases, permettant ainsi de 25 diminuer durant ces phases l'énergie fournie par l'alimentation électrique.

[0012] Une telle architecture présente cependant plusieurs inconvénients.

30 [0013] En effet, d'un point de vue électrique, une telle architecture nécessite pour chaque actionneur électromagnétique l'utilisation d'un condensateur pour le stockage de l'énergie. De tels condensateurs présentent un encombrement non-négligeable, typiquement de l'ordre de 10 cm<sup>3</sup> par condensateur, cet encombrement augmentant proportionnellement au nombre d'actionneurs électromagnétiques. 35 L'utilisation d'un condensateur par actionneur électromagnétique implique, en outre, un ajout de masse non-négligeable ainsi qu'un

surcoût à la fabrication. Par ailleurs, afin de minimiser les risques de pertes énergétiques, de tels condensateurs doivent être intégrés à proximité des actionneurs et donc du moteur, ce dernier étant sujet à d'importantes variations thermiques. D'un point de vue thermique, de tels composants peuvent donc être aussi sujets à de fortes variations de températures, risquant d'endommager ces derniers.

[0014] Un objectif est de proposer un système d'actionnement de soupape permettant de palier l'ensemble des inconvénients précités, tout en optimisant la consommation énergétique de ce système.

10 [0015] A cet effet, il est proposé, selon un premier aspect, un système d'actionnement de soupapes pour un moteur à combustion interne, ce système comprenant

- une première soupape, cette première soupape étant actionnée par un premier actionneur électromagnétique, ledit premier actionneur électromagnétique comprenant un aimant générant un champ magnétique et une bobine alimentée électriquement plongée dans ledit champ magnétique, l'alimentation électrique de la bobine permettant de gérer alternativement des phases d'accélération et des phases de décélération de la première soupape, cette alimentation électrique étant réalisée par un dispositif de commande raccordé au premier actionneur électromagnétique, ledit dispositif de commande comprenant
  - une configuration active dans laquelle le dispositif de commande alimente électriquement la bobine pour procurer une phase d'accélération à la première soupape ;
  - une configuration passive dans laquelle le dispositif de commande n'alimente pas électriquement la bobine pour procurer une phase de décélération à la première soupape, et recueille durant cette phase une énergie électrique induite générée par la bobine ;
- une deuxième soupape, cette deuxième soupape étant actionnée par un deuxième actionneur électromagnétique, ledit deuxième actionneur électromagnétique, comprenant au moins un aimant générant un champ magnétique et une bobine alimentée électriquement plongée dans ledit champ magnétique, l'alimentation électrique de la bobine permettant de gérer

alternativement des phases d'accélération et des phases de décélération de la deuxième soupape ;

durant une phase de décélération de la première soupape et une phase d'accélération de la deuxième soupape, l'énergie électrique induite générée par la bobine du premier actionneur électromagnétique et recueillie par le dispositif de commande, est transmise par ce dispositif à destination de la bobine du deuxième actionneur électromagnétique, de sorte à utiliser cette énergie électrique pour la phase d'accélération de la deuxième soupape.

10 [0016] Avantageusement, ce système comprend un calculateur configuré pour

- identifier les phases d'accélération et de décélération de chaque soupape du moteur à combustion interne à partir d'informations issues de capteurs ;

- 15 - contrôler l'alimentation électrique du dispositif de commande en fonction de l'identification des phases d'accélération et de décélération de chaque soupape.

[0017] Avantageusement, dans ce système, le dispositif de commande est réalisé à partir d'un pont en H comprenant des composants électroniques de commutation, le pont en H étant connecté électriquement aux bornes de la bobine du premier actionneur électromagnétique de sorte à contrôler le sens de circulation du courant électrique dans la bobine.

25 [0018] Avantageusement, dans ce système, le calculateur est configuré pour commander l'état des composants électroniques de commutation du pont en H, via des signaux modulés en largeur d'impulsions, ces signaux étant fournis par le calculateur en fonction de l'identification des phases d'accélération et de décélération de chaque soupape.

30 [0019] Avantageusement, dans ce système, le dispositif de commande est connecté électriquement à une source de tension permettant son alimentation en tension et en courant.

[0020] Avantageusement, ce système comprend entre la source de tension et le dispositif de commande un dispositif hacheur de tension, configuré pour contrôler l'alimentation en courant et tension du dispositif de commande.

[0021] Avantageusement, dans ce système, le dispositif hacheur de tension est réalisé par des composants électroniques de commutation, le calculateur étant en outre configuré pour commander l'état de ces composants électroniques de commutation via des signaux modulés en  
5 largeur d'impulsions, ces signaux étant fournis par le calculateur en fonction de l'identification des phases d'accélération et de décélération de chaque soupape.

[0022] Avantageusement, dans ce système, la bobine d'un actionneur électromagnétique est solidaire de la soupape et l'aimant est fixe par  
10 rapport à une culasse du moteur à combustion interne.

[0023] Il est proposé, selon un deuxième aspect, un moteur à combustion interne comprenant un système d'actionnement de soupapes tel que résumé ci-dessus.

[0024] Il est proposé, selon un troisième aspect, un véhicule automobile comprenant un tel moteur à combustion interne.  
15

[0025] D'autres objets et avantages de l'invention apparaîtront à la lumière de la description de modes de réalisation, faite ci-après en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique illustrant un véhicule (en pointillés) équipé d'un moteur à combustion interne (en trait plein) ;  
20
- la figure 2 est un graphique illustrant l'évolution de la position d'une soupape du moteur à combustion interne lors d'un cycle de levée ;
- 25 – la figure 3 est une vue schématique en coupe partielle illustrant le moteur, équipé de soupapes commandées par un système d'actionnement ;
- les figures 4a, 4b, 4c sont des représentations électriques d'un dispositif de commande d'actionneur électromagnétique, et de sens de circulation de courants électriques dans ce dispositif, selon un  
30 mode de réalisation ;
- les figures 5a, 5b et 5c sont des courbes d'énergies et de courants électriques présents dans un dispositif de commande d'actionneur électromagnétique selon un mode de réalisation ;

- les figures 6a et 6b illustrent le sens de circulation de courants électriques dans un dispositif de commande d'actionneur électromagnétique selon un mode de réalisation.

[0026] Sur la figure 1 est représenté un véhicule 1 automobile – ici un véhicule particulier mais il pourrait s'agir de tout autre type de véhicule : utilitaire, camion, engin de chantier ou hélicoptère.

[0027] En référence à cette figure, le véhicule 1 est équipé d'un moteur 2 à combustion interne muni de cylindres 3 définissant des chambres 4 de combustion et dans lesquels sont montés coulissants des pistons 5 liés, par des bielles 6, à un vilebrequin 7 dont la rotation entraîne les roues 8 du véhicule 1 via une transmission (non représentée).

[0028] La figure 3 est une vue schématique en coupe partielle. Tel qu'illustré cette figure, le moteur 2 comprend, pour chaque cylindre 3, au moins une soupape 9 d'admission et une soupape 10 d'échappement. Chaque soupape 9, 10 comprend une tige 11 qui s'étend suivant un axe X central qui définit une direction axiale. A une extrémité de la tige 11 est formée une tête 12. Chaque soupape 9, 10 est mobile en translation par rapport à une culasse 13 du moteur 2 entre une position fermée dans laquelle la tête 12 de la soupape 9, 10 s'appuie contre un siège 14 pour obturer un conduit 15 d'admission (ou, respectivement, un conduit 16 d'échappement) et une position ouverte dans laquelle la tête 12 est écartée du siège 14 pour mettre en communication le cylindre 3 avec le conduit 15 d'admission (ou, respectivement, le conduit 16 d'échappement).

[0029] Dans l'exemple illustré, le moteur 2 est du type diesel à injection directe et comprend, à cet effet, un injecteur 17 qui débouche directement dans la chambre 4 de combustion, mais il pourrait s'agir de tout autre type de moteur à combustion interne : essence, à injection indirecte, hybride.

[0030] Tel qu'illustré sur la figure 3, un système 18 d'actionnement commande l'ensemble des soupapes 9, 10 du moteur 2 à combustion interne. Ce système 18 d'actionnement comprend, pour chaque soupape 9, 10, un actionneur 19 électromagnétique actionnant la soupape 9, 10 et un dispositif 20 de commande pilotant cet actionneur 19. Les différents dispositifs 20 de commande associés aux soupapes 9, 10 du

moteur **2** étant eux-mêmes sous contrôle d'un calculateur **21**, également appelé contrôle moteur.

[0031] Dans le cas où le cylindre **3** est associé à plusieurs soupapes **9** d'admission (ou respectivement plusieurs soupapes **10** d'échappement), et notamment deux, un unique dispositif **20** de commande peut commander les actionneurs **19** électromagnétiques associés, chacun, à une soupape **9, 10**.

[0032] Le calculateur **21** est relié à différents capteurs (non-représentés) qui lui fournissent en temps réel des données sur le moteur **2** et notamment sur la position du vilebrequin **7** (via par exemple un capteur de position) et la position de chaque soupape **9, 10** par rapport à la culasse **13** (via par exemple un capteur de levée dynamique de soupape).

[0033] Grâce à ce retour d'informations, le calculateur **21** pilote indépendamment chaque actionneur **19** électromagnétique via le dispositif **20** de commande auquel il est associé afin de synchroniser les soupapes **9, 10** avec les autres éléments du moteur **2** tels que les pistons **5**.

[0034] Les pistons **5** d'un moteur **2** à combustion interne sont généralement déphasés entre eux. Par exemple, un moteur **2** à combustion interne comprenant quatre cylindres **3** peut présenter deux pistons externes calés à 180° avec les deux pistons internes, ce calage permettant d'optimiser le fonctionnement du moteur **2**. Le calage des pistons **5** par paire mentionné ci-dessus, souligne le fait que les soupapes **9** d'admission (ou respectivement les soupapes **10** d'échappement) sont actionnées de manière décalée dans le temps. Le calculateur **21** permet en l'occurrence, grâce aux retours d'informations des différents capteurs, de piloter les actionneurs **19** électromagnétiques, via les dispositifs **20** de commande, de manière décalée dans le temps selon l'architecture du moteur **2** choisie.

[0035] Selon divers modes de réalisations, chaque actionneur **19** électromagnétique comprend au moins un aimant **22** générant un champ magnétique, ainsi qu'une bobine **23** plongée dans ce champ et raccordée électriquement au dispositif **20** de commande. Selon un premier mode de réalisation, l'aimant **22** est solidaire de la soupape **9, 10** et la bobine **23** est fixe par rapport à la culasse **13** et entoure cet aimant **22**. Dans un deuxième mode de réalisation, la bobine **23** est

solidaire de la soupape **9, 10** et l'aimant **22** est fixe par rapport à la culasse **13**. Avantageusement, on privilégie le deuxième mode de réalisation, car il permet vis-à-vis du précédent une meilleure maîtrise du déplacement de chaque soupape **9, 10**. En effet, une soupape **9, 10** solidaire d'un aimant **22** possède une masse plus importante. La mise en mouvement d'une telle soupape **9, 10** nécessite donc une plus forte quantité d'énergie et rend de même son freinage plus difficile, particulièrement à haut régime moteur, les forces d'inertie étant alors plus élevées. Le deuxième mode de réalisation est donc considéré dans la suite de cette description. Néanmoins, le premier mode de réalisation est aussi applicable aux modes de réalisations décrits par la suite.

[0036] Avantageusement, la bobine **23** de chaque actionneur **19** électromagnétique étant plongée dans un champ magnétique, la présence d'un courant électrique dans cette bobine **23** permet alors de mouvoir celle-ci via une force de Laplace et donc de communiquer un mouvement à chaque soupape **9, 10**. Il est alors possible de contrôler la position de chaque soupape **9, 10** selon quatre phases temporelles.

[0037] La figure 2 permet de mieux comprendre comment un tel contrôle est effectué. Cette figure illustre les différentes positions **P** d'une soupape **9, 10** au cours du temps **T** lors d'un cycle de levée. On suppose ici, par convention, que l'alimentation de la bobine **23** avec un courant positif permet le déplacement de la soupape **9, 10** depuis une position fermée **PF** vers une position ouverte **PO**, et inversement, que l'alimentation de la bobine **23** avec un courant négatif permet le déplacement de la soupape **9, 10** de la position ouverte **PO** vers la position fermée **PF**. Les positions **PI1** et **PI2** sont des positions intermédiaires entre la position fermée **PF** et la position ouverte **PO** de la soupape **9, 10**. On distingue alors lors d'un cycle de levée de soupape **9, 10** les quatre phases suivantes :

- 30 – une première phase **PH1** durant laquelle on alimente la bobine **23** de l'actionneur **19** électromagnétique avec un courant positif, pour procurer une accélération à la soupape **9, 10** depuis la position fermée **PF** vers une position intermédiaire **PI1** en direction de la position ouverte **PO** ;
- 35 – une deuxième phase **PH2** durant laquelle on coupe l'alimentation électrique de la bobine **23**, à partir de la position intermédiaire **PI1**, pour générer un courant négatif issu de l'inertie emmagasinée par

la soupape **9, 10**, ce courant négatif permettant de décélérer la soupape **9, 10** jusqu'à la position ouverte **PO** ;

- une troisième phase **PH3** durant laquelle on alimente la bobine **23** de l'actionneur avec un courant négatif, pour procurer une accélération à la soupape **9, 10** depuis la position ouverte **PO** vers une position intermédiaire **PI2** en direction de la position fermée **PF** ;
- une quatrième phase **PH4** dans laquelle on coupe l'alimentation électrique de la bobine **23**, à partir de la position intermédiaire **PI2**, pour générer un courant positif issu de l'inertie emmagasinée par la soupape **23**, ce courant positif permettant de décélérer la soupape **9, 10** jusqu'à la position ouverte **PF**.

[0038] Plus précisément, l'accélération de la soupape **9, 10** durant la première phase **PH1** et la troisième phase **PH3** est rendue possible par la création d'une force selon le principe de Laplace. La décélération de la soupape **9, 10** durant la deuxième phase **PH2** et la quatrième phase **PH4** résulte quant à elle du principe de Lenz-Faraday : après son accélération, la bobine **23** est rendue mobile dans le champ magnétique sous l'effet des forces d'inertie. Il apparaît alors en accord avec ce principe, une force électromotrice aux bornes de la bobine **23**. Cette force électromotrice induit alors dans la bobine **23** la circulation d'un courant inverse par rapport à celui de l'accélération. L'apparition d'un tel courant génère alors une force de Laplace s'opposant au mouvement d'inertie de la bobine **23**, entraînant sa décélération et donc la décélération de la soupape **9, 10** actionnée par l'actionneur **19** électromagnétique.

[0039] Selon divers modes de réalisation, le courant électrique permettant d'accélérer la soupape **9, 10** durant la première phase **PH1** et la troisième phase **PH3**, est fourni par le dispositif **20** de commande associé à chaque actionneur **19** électromagnétique. Selon un mode de réalisation, durant la deuxième phase **PH2** et la quatrième phase **PH4**, ce dispositif **20** de commande peut, si besoin, fournir un courant inverse au courant permettant l'accélération de la soupape **9, 10** en vue de faciliter sa décélération.

[0040] Avantagusement, le dispositif **20** de commande associé à chaque actionneur **19** électromagnétique est réalisé de manière à présenter au moins deux configurations :

- une configuration active dans laquelle le dispositif de commande alimente électriquement via un courant la bobine **23** de l'actionneur **19** électromagnétique pour procurer une phase d'accélération (et éventuellement de décélération) à la soupape **9, 10** ;
- une configuration passive dans laquelle le dispositif de commande n'alimente plus la bobine **23** pour procurer une phase de décélération à la soupape **9, 10**, et réceptionne durant cette phase une énergie électrique induite générée par la bobine.

10 [0041] La figure 4a illustre un mode de réalisation d'un dispositif **20** de commande connecté électriquement à la bobine **23** d'un actionneur **19** électromagnétique selon un mode de réalisation. Sur cette figure, la bobine **23** de l'actionneur **19** électromagnétique est modélisée par une inductance **Lbob**, fonction du nombre de spires de cette bobine **23**, et

15 une résistance interne **Rint**. La force électromotrice induite par cette bobine **23** durant les phases d'accélération et de décélération de la soupape **9, 10** est symbolisée ici par le générateur de tension **Vbob**. Les rectangles pointillés délimitent la bobine **23** de l'actionneur **19** électromagnétique et le dispositif **20** de commande.

20 [0042] Dans ce mode de réalisation, le dispositif **20** de commande comprend une structure de pont en H, connectée aux bornes de la bobine **23** de l'actionneur **19** électromagnétique, le pont en H étant configuré pour contrôler le sens de circulation des courants électriques à travers cette bobine **23**.

25 [0043] Avantageusement, le pont en H est réalisé à partir de quatre composants électroniques de commutation **T1, T2, T3, T4**.

[0044] Dans le mode de réalisation représenté, les composants électroniques de commutation sont des transistors à effet de champ à structure métal-oxyde-semi-conducteur MOSFET. Cependant tout autre

30 type de transistor, et plus généralement, tout autre composant électronique de commutation **T1, T2, T3, T4** peuvent être utilisés: par exemples des transistors bipolaires, des transistors de type JFET, des relais ou encore des interrupteurs. La manière dont sont connectés à la bobine **23** les composants électroniques de commutation **T1, T2, T3, T4**

35 constitutifs du pont en H, est donc ici donnée à titre d'exemple purement illustratif.

[0045] Selon divers modes de réalisations, les états des composants électroniques de commutation **T1**, **T2**, **T3**, **T4** du pont en H sont commandés par des signaux modulés en largeur d'impulsions PWM (acronyme anglais de « *Pulse Width Modulation* ») fournis par le  
5 calculateur **21** du véhicule **1**.

[0046] Par exemple, dans le mode de réalisation illustré, les transistors **T1** et **T4** (respectivement **T2** et **T3**) sont reliés par leur grille afin d'être commandés par un même signal **PWM2** (respectivement **PWM1**). Avantageusement, les signaux **PWM1** et **PWM2** sont des  
10 signaux modulés en largeur d'impulsions commandés par le calculateur **21** du véhicule **1**. Dans un autre mode de réalisation, chaque transistor **T1**, **T2**, **T3**, **T4** est commandé individuellement via sa grille, par un signal modulé en largeur d'impulsions issu du calculateur **21**.

[0047] Sur cette figure 4a, chaque transistor **T1**, **T2**, **T3**, **T4**  
15 comprend, en outre, respectivement à ses bornes une diode **D1**, **D2**, **D3**, **D4** montée en parallèle et en inverse. Avantageusement, chacune de ces diodes **D1**, **D2**, **D3**, **D4** joue le rôle d'une diode anti-retour, permettant de protéger le transistor **T1**, **T2**, **T3**, **T4** des courants inverses au sens passant de ces transistors, ces courants inverses  
20 étant issus de la bobine **23** de l'actionneur **19** électromagnétique lors des phases de décélération de la soupape **9**, **10**.

[0048] Avantageusement, le dispositif **20** de commande est raccordé électriquement à une source permettant son alimentation en courant et tension. Par exemple, sur la figure 4a, le pont en H est alimenté  
25 électriquement en tension par rapport à une masse **GND**, et en courant, par la batterie du véhicule **1**, symbolisée ici par le générateur de tension **Vbat**. Dans un mode de réalisation, un filtre peut être réalisé entre la batterie et le pont en H, de sorte à filtrer les fréquences de résonances dans le dispositif de commande, ces fréquences étant  
30 susceptibles d'apparaître pour de hauts régimes moteurs. Un exemple de filtre de type LC est illustré sur la figure 4a, ce filtre étant réalisé par une inductance **L** disposée en série après la source de tension **Vbat** et une capacité **C** disposée en parallèle entre l'entrée du pont en H et la masse **GND**. Cependant, la réalisation d'un tel filtre est optionnelle,  
35 et un tout autre type de filtre peut être réalisé, par exemple un filtre de type RC ou RLC.

[0049] Par ailleurs, selon divers modes de réalisations, un dispositif hacheur de tension est réalisé en sortie de la batterie, de sorte à commander selon les besoins la tension issue de celle-ci. Un tel dispositif est réalisé à l'aide de composants électroniques de commutation **T5**, **T6**. Ce dispositif permet donc, de connecter ou déconnecter l'alimentation électrique fournie par la batterie au pont en H, et donc de commander l'alimentation électrique éventuelle de la bobine de l'actionneur **19** électromagnétique, permettant l'accélération de la soupape **9**, **10**. Avantageusement, ces composants électroniques de commutation **T5**, **T6** sont eux aussi commandés de manière simultanée ou individuellement par un signal modulé en largeur d'impulsions issu du calculateur **21**. A titre d'exemple, sur la figure 4a, le dispositif hacheur de tension est réalisé par le transistor **T6** MOSFET connecté entre l'inductance **L** et la capacité **C** et le transistor **T7** MOSFET connecté entre l'inductance **L** et la masse **GND**, les transistors **T6**, **T7** étant respectivement commandé par un signal **PWM3**, **PWM4** appliqué sur leur grille via le calculateur **21** du véhicule **1**.

[0050] Avantageusement, le dispositif **20** de commande décrit ci-dessus, permet via une commande appropriée des états des composants électroniques de commutation **T1**, **T2**, **T3**, **T4**, **T5**, **T6** par le calculateur **21**, la gestion des phases d'accélération (phase **PH1** ou **PH3**) ou de décélération (phase **PH2** ou **PH4**) d'une première soupape **9**, **10**.

[0051] Les figures 4b et 4c illustrent des sens de circulation de courants électriques dans un dispositif de commande **20** similaire à celui de la figure 4a. A titre d'exemples, sur ces figures, une phase d'accélération se rapportant à

– la phase **PH1** est obtenue via la commande des signaux **PWM1**, **PWM2**, **PWM3**, **PWM4** par le calculateur, de sorte à rendre les transistors **T2**, **T3**, **T5**, **T6** en un état passant (c'est à dire conducteurs) et les transistors **T1**, **T4** en un état ouvert (c'est-à-dire bloqués). Une telle configuration permet alors la circulation d'un courant positif **i1** dans la bobine permettant ainsi l'accélération de la soupape **9**, **10** selon une première direction. La circulation du courant **i1** est ici symbolisée sur la figure 4b, sous la forme de flèches pointillées ;

- la phase **PH2** est obtenue via la commande des signaux **PWM1**, **PWM2**, **PWM3**, **PWM4** par le calculateur, de sorte à rendre les transistors **T1**, **T4**, **T5**, **T6** en un état passant et les transistors **T2**, **T3** en un état ouvert. Une telle configuration permet alors la circulation d'un courant négatif **i2** dans la bobine permettant ainsi l'accélération de la soupape **9**, **10** selon une deuxième direction. La circulation du courant **i2** est ici symbolisée sur la figure 4c, sous la forme de flèches pointillées.

[0052] Le dispositif **20** de commande décrit ci-dessus comprend, en outre, une interconnexion avec au moins un deuxième dispositif de commande d'actionneur **19** électromagnétique pour une deuxième soupape **9**, **10**. Un tel deuxième dispositif de commande peut être réalisé similairement ou différemment du dispositif **20** de commande décrit ci-dessus. Sur les figures 4a, 4b, 4c, une telle interconnexion vers un deuxième dispositif de commande est symbolisée via les fils conducteurs **24**, **25** représentés en pointillés.

[0053] Avantageusement, lors d'une phase de décélération de la première soupape **9**, **10** et une phase d'accélération de la deuxième **9**, **10** soupape, le dispositif de commande est configuré pour

- recueillir l'énergie électrique induite générée par la bobine **9**, **10** de l'actionneur **19** électromagnétique de la première bobine **23** ;
- transmettre l'énergie recueillie au travers l'interconnexion à la bobine **23** du deuxième actionneur **19** électromagnétique, de sorte à utiliser cette énergie pour la phase d'accélération de la deuxième soupape.

[0054] Selon divers modes de réalisations, plusieurs dispositifs **20** de commande similaires à celui décrit précédemment sont interconnectés. Selon un mode de réalisation, ces dispositifs peuvent alors transmettre durant une phase de décélération de leurs soupapes **9**, **10**, l'énergie électrique induite par les bobines **23** de leurs actionneurs **19** électromagnétique respectifs, vers une même bobine d'un autre actionneur **19** électromagnétique associé à une soupape **9**, **10** en phase de décélération. Selon un autre mode de réalisation, un dispositif **20** de commande envoie l'énergie électrique induite par la bobine **23** de son actionneur **19** électromagnétique respectif via l'interconnexion à destination d'une pluralité de bobines **23**

d'actionneurs **19** électromagnétiques comprenant leur soupape **9, 10** respective en phase de décélération.

[0055] Avantageusement, le contrôle des phases d'accélération et de décélération d'une soupape **9, 10** ainsi que l'utilisation de l'interconnexion du dispositif **20** de commande sont pilotés par le calculateur **21** du véhicule **1**, via le contrôle des états des composants électroniques de commutation **T1, T2, T3, T4, T5, T6**.

[0056] La commande de l'état des composants électroniques de commutation **T1, T2, T3, T4, T5, T6** est donc déterminée par le calculateur **21** en fonction de la phase dans laquelle se trouve chaque soupape **9, 10**. Dans un mode de réalisation, les phases d'accélération et de décélération de chaque soupape **9, 10** sont déterminées à partir d'informations remontées au calculateur **21** par des capteurs déterminant la position de chaque soupape **9, 10** par rapport à la culasse. Dans un autre mode de réalisation, ces phases sont déterminées par le calculateur **21** en fonction de la position angulaire du vilebrequin **7**. Dans un autre mode de réalisation, un ou plusieurs capteurs de tensions et/ou capteurs de courants sont en outre disposés dans le dispositif **20** de commande et remontent leurs mesures au calculateur **21**, afin que celui-ci détermine les phases d'accélération ou de décélération de chaque soupape **9, 10**. Ces phases sont, à titre d'exemples, déterminées en par comparaison avec des modélisations théoriques ou des ensembles de mesures préenregistrées dans le calculateur **21**.

[0057] A titre d'exemple, sur la figure 5, plusieurs courbes peuvent être calculées (ou déterminées expérimentalement) pour un régime moteur particulier, puis enregistrées dans le calculateur **21**. Sur cette figure, un régime moteur de 6000 révolutions par minutes à été choisi à titre d'exemple. On peut distinguer trois courbes :

- la courbe 5a illustre la variation en Joule (J) de l'énergie cinétique (en ordonnée), présente dans le dispositif **20** de commande, résultant du mouvement de la soupape **9, 10**, en fonction de la position angulaire en degré du vilebrequin **7** (en abscisse) ;
- la courbe 5b illustre la variation en Joule (J) de l'énergie inductive (en ordonnée), c'est-à-dire l'énergie stockée par la bobine de l'actionneur **19** électromagnétique, en fonction de la position angulaire en degré du vilebrequin **7** (en abscisse) ;

- la courbe 5c illustre le courant électrique (A) en ampère (en ordonnée) circulant dans par la bobine de l'actionneur **19** électromagnétique, en fonction de la position angulaire en degré du vilebrequin **7** (en abscisse).
- 5 [0058] L'observation de ces courbes permet alors de distinguer cinq phases **i**, **ii**, **iii**, **iv**, **v** pour la récupération et la transmission de ces énergies par le dispositif **20** de commande :
- les phases **i** et **ii** correspondent à des phases de décélération de la soupape **9**, **10**. Plus précisément, la phase **i** correspond à une  
10 phase de décélération de la soupape **9**, **10** avant sa levée maximale en une position ouverte **PO**, tandis que la phase **ii** correspond à une phase de décélération de la soupape **9**, **10** avant son accostage contre le siège **14** en position fermée **PF**. Comme exposé, précédemment, durant ces phases une force  
15 électromotrice apparaît aux bornes de la bobine **23** de l'actionneur **19** électromagnétique, sous l'effet des forces d'inertie. Une commande appropriée par le calculateur **21** des composants électroniques de commutation **T1**, **T2**, **T3**, **T4**, **T5**, **T6** durant les phases **i**, **ii** , permet alors de récupérer durant ces phases le  
20 courant associé à l'énergie cinétique et le transmettre via l'interconnexion à une autre soupape en phase d'accélération ;
  - les phases **iii**, **iv**, **v** correspondent à des phases de changement de sens du courant électrique circulant à travers la bobine **23** de l'actionneur **19** électromagnétique. La phase **iii** correspond à une  
25 phase d'accélération de la soupape **9**, **10** durant la première phase **PH1**, tandis que les phases **iv** et **v** correspondent à une phase de décélération de la soupape **9**, **10** avant son accostage contre le siège **14** en une position fermée **PF**. Les pics d'énergie inductive observés, s'expliquent par les fortes variations du courant  
30 électrique circulant à travers la bobine **23** de l'actionneur **19** électromagnétique, ici entre -50 et 80 ampères. Ces variations de courants permettant alors un stockage sous forme électromagnétique d'une énergie inductive dans la bobine **23** de l'actionneur **19** électromagnétique. Avantagement, la batterie  
35 (source de tension **Vbat**) n'alimentant pas électriquement le dispositif **20** de commande durant les phases de décélération, la

bobine **23** à laquelle est connecté ce dispositif devient donc pour celui-ci une source d'alimentation électrique en tension et en courant. Une commande appropriée par le calculateur **21** des composants électroniques de commutation **T1, T2, T3, T4, T5, T6** durant les phases **iii, iv, v** permet alors de récupérer cette énergie et de la transmettre via l'interconnexion à une autre soupape **9, 10** en phase d'accélération.

[0059] Dans cet exemple, en supposant que ces courbes sont préenregistrées dans le calculateur **1**, le calculateur **1** est alors apte à identifier chacune des phases **i, ii, iii, iv, v** en fonction de la position angulaire du vilebrequin **7**, l'information concernant cette position étant remontée par un capteur au calculateur **1**.

[0060] Le calculateur **1** est donc capable en fonction d'informations remontées par des capteurs (ex : angle du vilebrequin **7**, position des soupapes **9, 10**)

- d'identifier en temps réel à la fois les phases **i, ii, iii, iv, v** pour au moins une soupape **9, 10** ainsi que les phases d'accélération et de décélération pour chacune des autres soupapes **9, 10** du moteur ;
- de commander en fonction des phases **i, ii, iii, iv, v** identifiées, les composants électroniques de commutation **T1, T2, T3, T4, T5, T6** en vue de récupérer l'énergie cinétique ou inductive associée à ces phases et envoyer ces énergies vers au moins une autre soupape **9, 10** identifiée comme étant dans une phase d'accélération.

[0061] Les figures 6a et 6b reprennent les notations introduites pour les figures 4a, 4b, 4c. Dans les exemples illustrés sur ces figures, le calculateur **21** identifie une phase **i, ii, iii, iv, v** pour une soupape **9, 10** par rapport à la position angulaire du vilebrequin **7** et commute les composants électroniques de commutation **T1, T2, T3, T4, T5, T6** de la manière suivante :

- lors de l'identification d'une phase **i** ou **iii**, le calculateur commande les signaux **PWM1, PWM2, PWM3, PWM4** de sorte à rendre les transistors **T2, T3** en un état passant et les transistors **T1, T4, T5, T6** en un état ouvert. Sur la figure 6a, les flèches en traits pointillés illustrent le sens de circulation des courants électriques se rapportant aux phases **i** ou **iii**. Les courants

circulant durant les phases **i**, **iii** (distinctes) sont quant à eux respectivement symbolisés par les flèches pointillées **iph1**, **iph3**, au dessus de la source de tension **Vbob** modélisant la force électromotrice induite et de l'inductance **Lbob** modélisant la bobine **23** de l'actionneur **19** électromagnétique. Avantageusement, une telle commande permet donc la récupération de l'énergie cinétique/inductive des phases **i/iii** via les courants **iph1/iph3**, et leur transmission vers une autre soupape **9**, **10** identifiée par le calculateur **21** comme étant en phase d'accélération ;

5

10 – lors de l'identification d'une phase **ii**, **iv** ou **v**, le calculateur **21** commande les signaux **PWM1**, **PWM2**, **PWM3**, **PWM4** de sorte à rendre les transistors **T1**, **T4** en un état passant et les transistors **T1**, **T4**, **T5**, **T6** en un état ouvert. Sur la figure 6b, les flèches en traits pointillés illustrent le sens de circulation des courants électriques se rapportant aux phases **ii**, **iv** ou **v**. Les courants circulant durant les phases **ii**, **iv**, **v** (distinctes) sont quant à eux respectivement symbolisés par les flèches pointillées **iph2**, **iph4**, **iph5** au dessus de la source de tension **Vbob** et de l'inductance **Lbob**. Avantageusement, une telle commande permet donc la

15

20 récupération de l'énergie cinétique/inductive des phases **ii/ iv**, **v** via les courants **iph2/iph3**, **iph4**, **iph5** et leur transmission vers une autre soupape **9**, **10** identifiée par le calculateur **1** comme étant en phase d'accélération.

[0062] Avantageusement, le dispositif **20** de commande est réalisé de manière à s'adapter aux différentes vitesses de rotation du moteur **2**. Différentes courbes permettant d'identifier les variations de l'énergie cinétique et de l'énergie inductive dans ce dispositif peuvent donc être déterminées en fonction de différents régimes moteurs. Ces courbes de variations d'énergie sont, à titre d'exemples, simulées ou mesurées en

30

fonction de données telles que l'angle du vilebrequin **7** et/ou de tensions/courants présents dans le dispositif **20** de commande, pour un régime moteur fixé. Les valeurs associées à ces courbes peuvent alors être enregistrées dans le calculateur **21** afin que celui-ci puisse déterminer les périodes de décélération permettant la récupération et

35

l'envoi d'énergie cinétique et/ou inductive, à destination de la bobine **23** de l'actionneur **19** électromagnétique d'une autre soupape **9**, **10** en phase d'accélération.

[0063] Avantageusement, comme il peut être constaté sur les figures 5b et 5c, les courants électriques traversant la bobine **23** sont élevés : de l'ordre de la dizaine d'ampères. L'énergie inductive induite dans le dispositif **20** de commande, permet alors de fournir des tensions  
5 beaucoup plus élevées que la tension de la batterie. Un tel dispositif **20** de commande permet donc d'accroître la puissance. Il est ainsi possible de transmettre l'énergie électrique présente dans le dispositif **20** de commande vers une ou plusieurs soupapes **9**, **10** en phases d'accélération, facilitant donc leur actionnement. Ceci permet, en outre,  
10 d'augmenter plus rapidement le courant électrique dans le système **18** d'actionnement de soupapes **9,10**, et donc d'améliorer le temps de réactivité de ce système. Il est ainsi possible de réduire la consommation en courant pour l'actionnement de ces soupapes **9**, **10** et donc de réduire la consommation électrique dans le système **18**  
15 d'actionnement, cette réduction étant de l'ordre de 40% par rapport aux systèmes existants.

[0064] Avantageusement, pour une soupape **9**, **10** en phase de décélération, le fait de transférer son énergie cinétique, permet un meilleur contrôle de son freinage. Ceci permet, par ailleurs, de garantir  
20 que l'accostage de la soupape **9**, **10** contre le siège **14** lors de sa fermeture, s'effectue avec une énergie cinétique quasi-nulle. La soupape **9**, **10** impacte donc le siège **9**, **10**, avec une vitesse très réduite par rapport aux systèmes habituels de distribution : pour un régime moteur de 6000 révolutions par minutes on obtient une vitesse  
25 de 0.1m/s à 0.1mm de l'accostage, tandis qu'un système mécanique présente une vitesse de 1m/s à cette même distance. Ceci permet d'un point de vue acoustique une maîtrise de son bruit contrairement aux systèmes existants. Plus généralement, le système **18** d'actionnement de soupapes **9**, **10**, via son dispositif **20** de commande, permet une  
30 meilleure maîtrise de la commande globale des soupapes **9**, **10** vis-à-vis des modèles existants.

[0065] Avantageusement, le dispositif **20** de commande proposé transfère directement l'énergie récupérée durant les phases de décélérations de chaque soupape **9**, **10**. Comparé à des dispositifs de  
35 commande stockant l'énergie récupérée, le dispositif **20** de commande présente pour avantages de réduire les pertes par effet Joule, et ainsi de réduire la température moyenne de l'actionneur **19**

électromagnétique. Ceci permet donc une augmentation de la durée de vie de ce type de dispositif. En outre, un tel système **18** d'actionnement de soupape **9**, **10** présente pour avantage une adaptabilité aux différentes vitesses de rotation du moteur **2**, contrairement aux  
5 systèmes faisant appel à des dispositifs de commandes mécaniques.

[0066] L'ensemble des modes de réalisations précédemment décrits, permettent donc de maîtriser à la fois la consommation électrique et la contrôlabilité d'actionneurs **19** électromagnétiques dans un moteur **2**.  
Avantageusement, l'utilisation de ce type d'actionneurs rend alors  
10 possible une réduction de la hauteur du moteur **2**, typiquement de l'ordre de 100mm, ouvrant ainsi la voie à de futures améliorations pour le bloc avant des véhicules **1** : diminution du choc piéton, amélioration de l'aérodynamique, ou encore de la visibilité pour le conducteur.

**REVENDEICATIONS**

1. Système (18) d'actionnement de soupapes (9,10) pour un moteur (2) à combustion interne, ce système comprenant
- 5 – une première soupape (9,10), cette première soupape étant actionnée par un premier actionneur (19) électromagnétique, ledit premier actionneur (19) électromagnétique comprenant un aimant (22) générant un champ magnétique et une bobine (23) alimentée électriquement plongée dans ledit champ magnétique,
- 10 l'alimentation électrique de la bobine (23) permettant de gérer alternativement des phases d'accélération et des phases de décélération de la première soupape (9,10), cette alimentation électrique étant réalisée par un dispositif (20) de commande raccordé au premier actionneur (19) électromagnétique, ledit
- 15 dispositif (20) de commande comprenant
- une configuration active dans laquelle le dispositif (20) de commande alimente électriquement la bobine (23) pour procurer une phase d'accélération à la première soupape (9,10) ;
  - une configuration passive dans laquelle le dispositif (20) de
- 20 commande n'alimente pas électriquement la bobine (23) pour procurer une phase de décélération à la première soupape (9,10), et recueille durant cette phase une énergie électrique induite générée par la bobine (23) ;
- une deuxième soupape (9,10), cette deuxième soupape (9,10)
- 25 étant actionnée par un deuxième actionneur (19) électromagnétique, ledit deuxième actionneur (19) électromagnétique, comprenant au moins un aimant (22) générant un champ magnétique et une bobine (23) alimentée électriquement plongée dans ledit champ magnétique, l'alimentation électrique de
- 30 la bobine (23) permettant de gérer alternativement des phases d'accélération et des phases de décélération de la deuxième soupape (9,10) ;
- ce système étant caractérisé en ce que durant une phase de décélération de la première soupape (9,10) et une phase d'accélération
- 35 de la deuxième soupape (9,10), l'énergie électrique induite générée par la bobine (23) du premier actionneur (19) électromagnétique et recueillie par le dispositif (20) de commande, est transmise par ce

dispositif à destination de la bobine (23) du deuxième actionneur (19) électromagnétique, de sorte à utiliser cette énergie électrique pour la phase d'accélération de la deuxième soupape (9,10).

5 2. Système (18) selon la revendication 1, comprenant un calculateur (21) configuré pour

- identifier les phases d'accélération et de décélération de chaque soupape (9,10) du moteur (2) à combustion interne à partir d'informations issues de capteurs ;
- contrôler l'alimentation électrique du dispositif (20) de commande  
10 en fonction de l'identification des phases d'accélération et de décélération de chaque soupape (9,10).

3. Système (18) selon les revendications 1 ou 2, dans lequel le dispositif (20) de commande est réalisé à partir d'un pont en H comprenant des composants électroniques de commutation (T1, T2, T3,  
15 T4), le pont en H étant connecté électriquement aux bornes de la bobine (23) du premier actionneur (19) électromagnétique de sorte à contrôler le sens de circulation du courant électrique dans la bobine (23).

4. Système (18) selon la revendication 3, dans lequel le  
20 calculateur (21) est configuré pour commander l'état des composants électroniques de commutation (T1,T2,T3,T4) du pont en H, via des signaux (PWM1,PWM2) modulés en largeur d'impulsions, ces signaux étant fournis par le calculateur (21) en fonction de l'identification des phases d'accélération et de décélération de chaque soupape (9,10).

25 5. Système (18) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le dispositif (20) de commande est connecté électriquement à une source de tension (Vbat), permettant son alimentation en tension et en courant.

6. Système (18) selon la revendication 5, comprenant entre la  
30 source de tension (Vbat) et le dispositif (20) de commande un dispositif hacheur de tension, configuré pour contrôler l'alimentation en courant et tension du dispositif (20) de commande.

7. Système (18) selon la revendication 6, dans lequel le dispositif  
35 hacheur de tension est réalisé par des composants électroniques de commutation (T5,T6), le calculateur (21) étant en outre configuré pour commander l'état de ces composants électroniques de commutation (T5,T6) via des signaux (PWM3,PWM4) modulés en largeur

d'impulsions, ces signaux étant fournis par le calculateur (21) en fonction de l'identification des phases d'accélération et de décélération de chaque soupape (9,10).

5 8. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel la bobine (23) d'un actionneur (19) électromagnétique est solidaire de la soupape (9,10) et l'aimant (22) est fixe par rapport à une culasse (13) du moteur (2) à combustion interne.

10 9. Moteur (2) à combustion interne comprenant un système (18) d'actionnement de soupapes (9,10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.

10. Véhicule (1) automobile comprenant un moteur (2) à combustion interne selon la revendication 9.

1/5

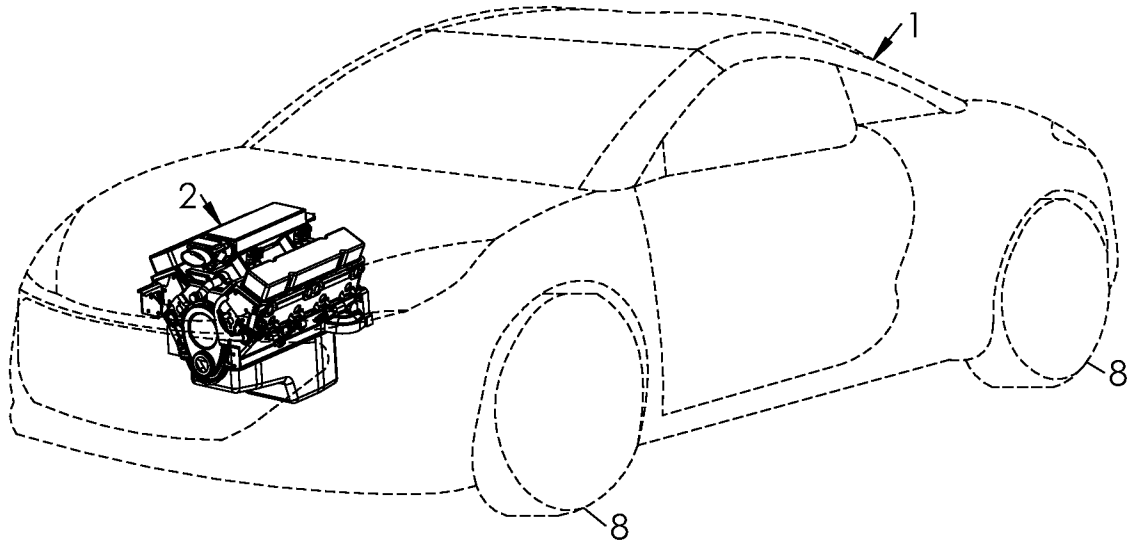


FIG. 1

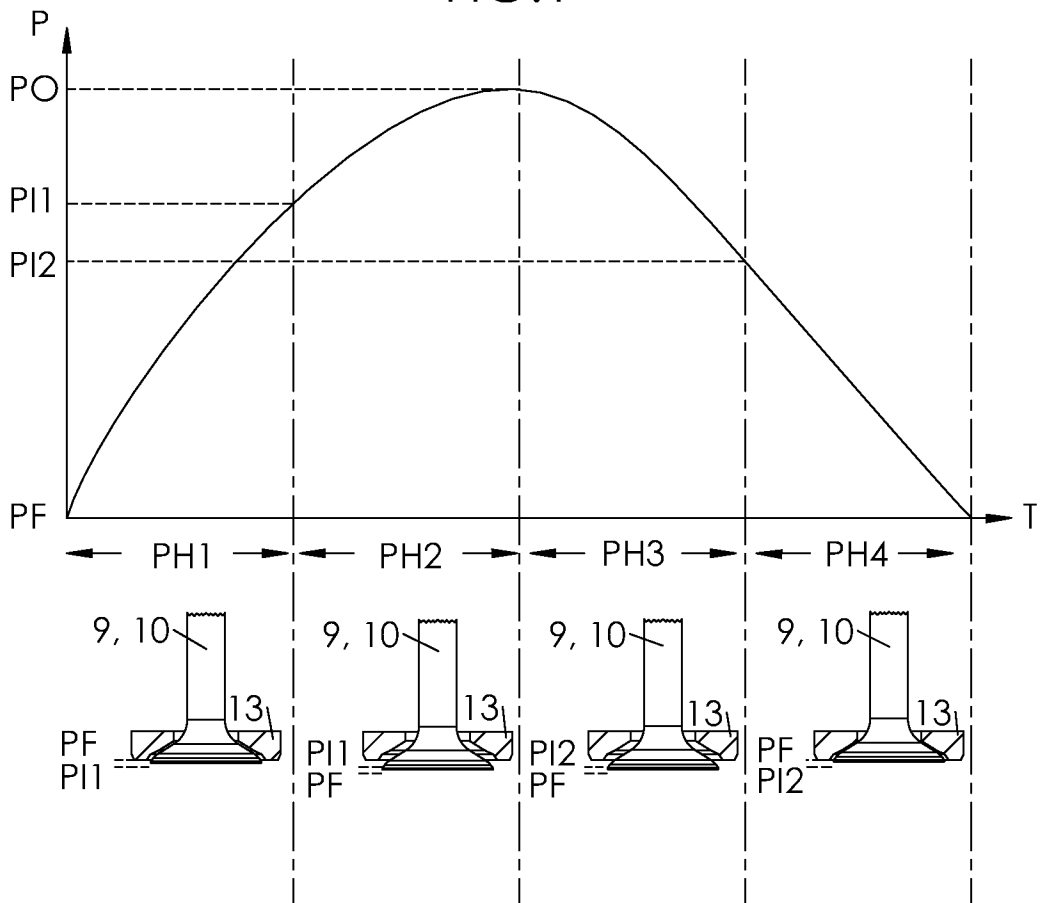


FIG. 2

2/5

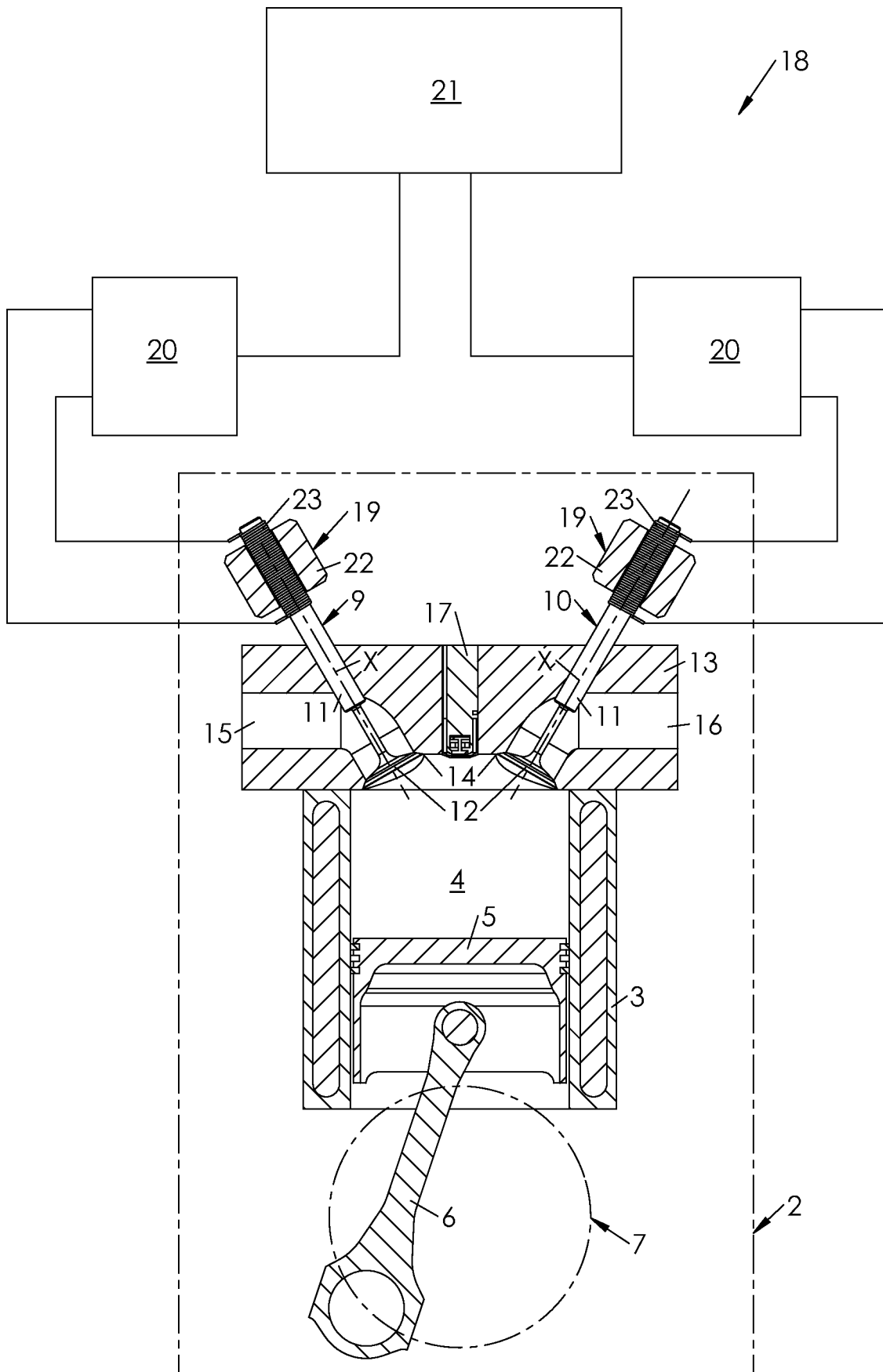
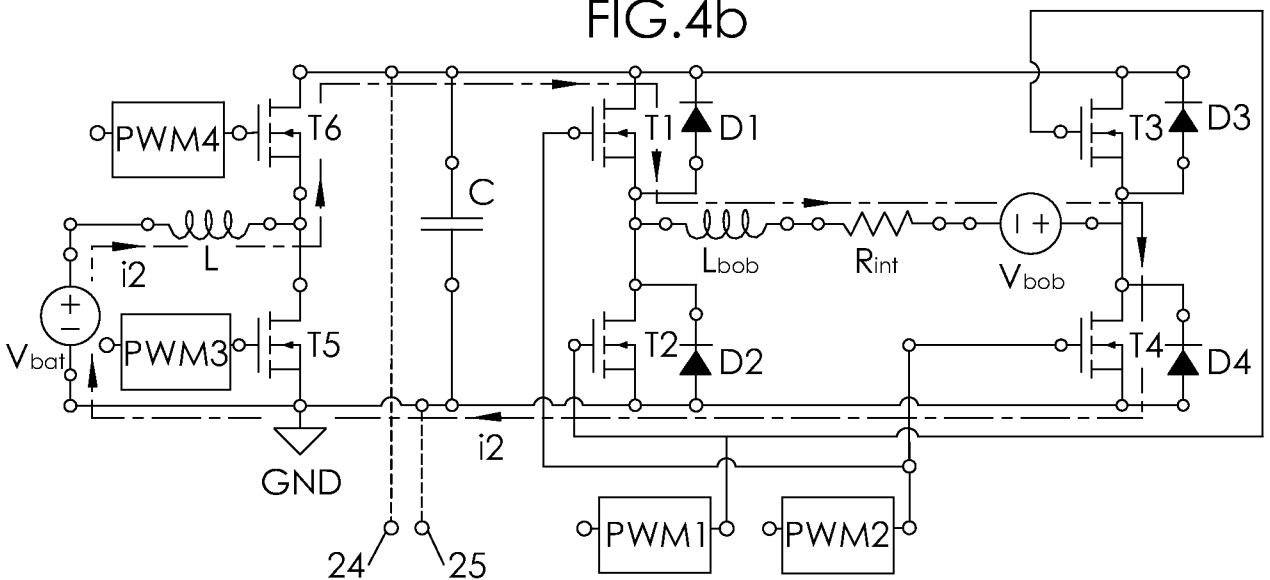
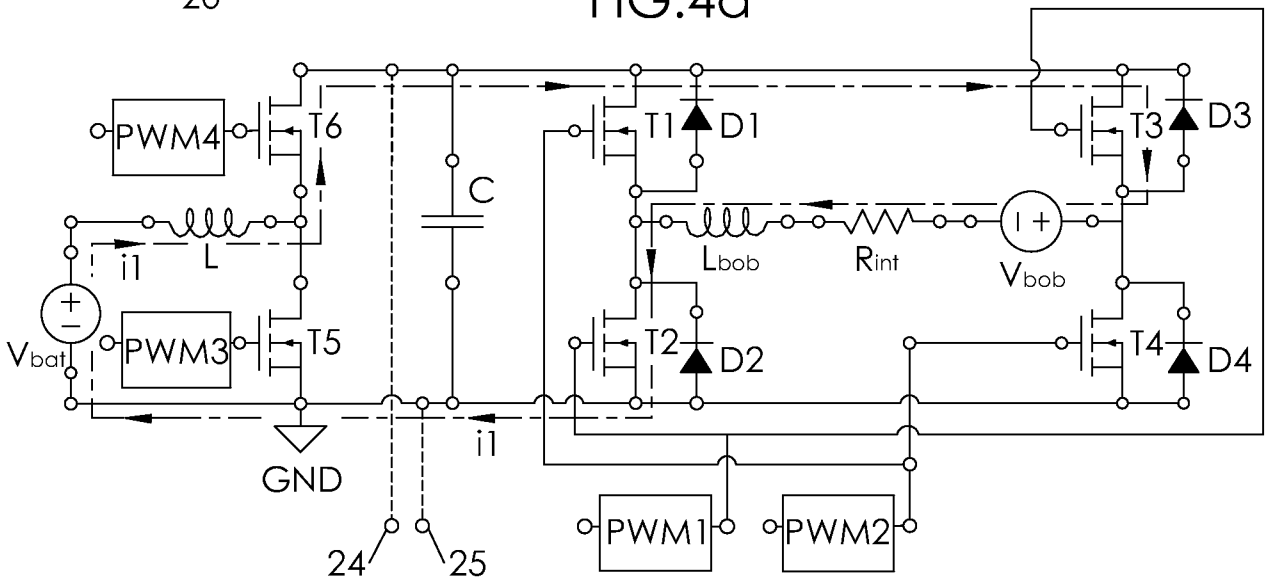
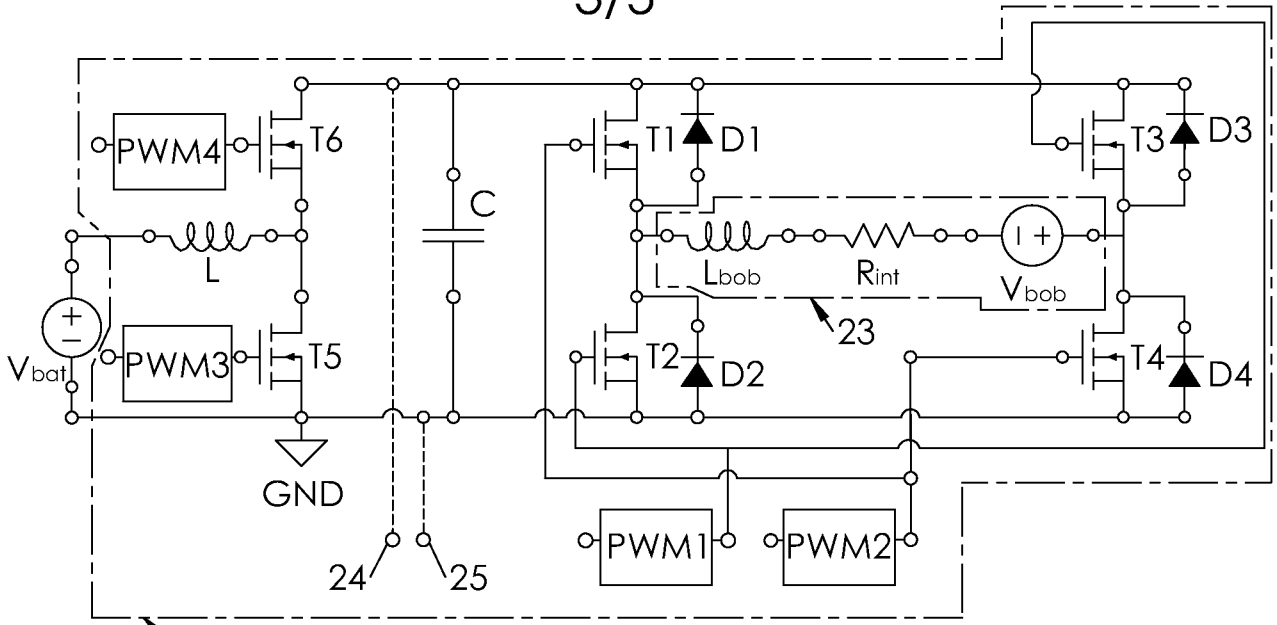


FIG.3

3/5



4/5

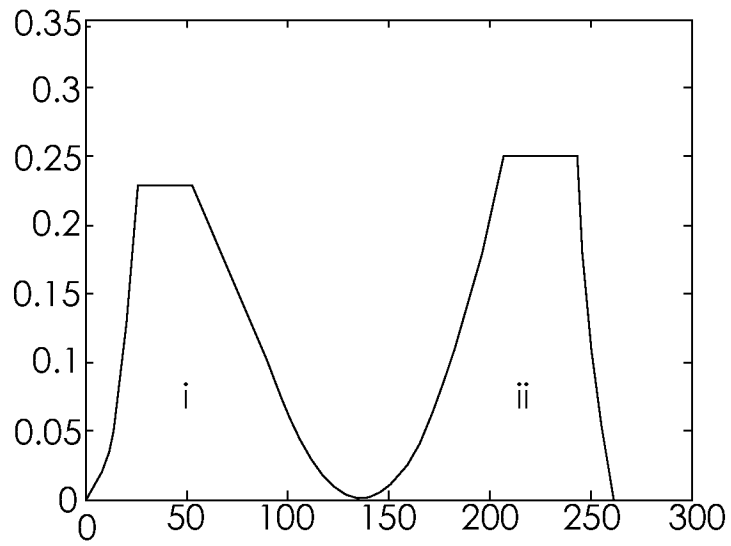


FIG.5a

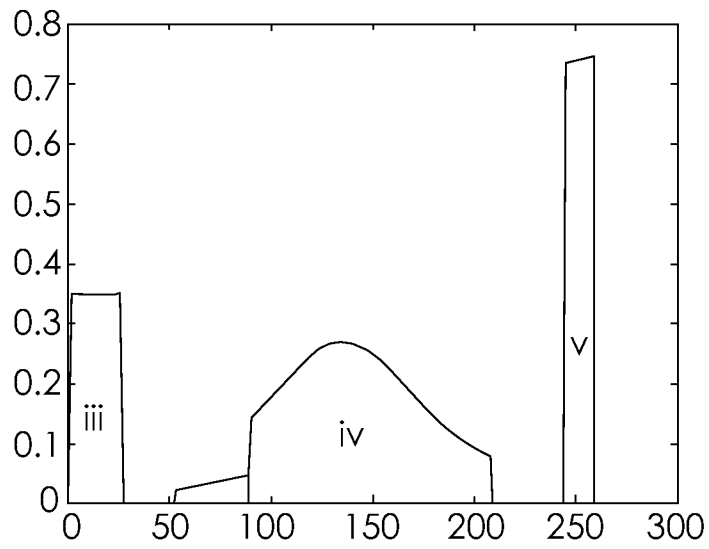


FIG.5b

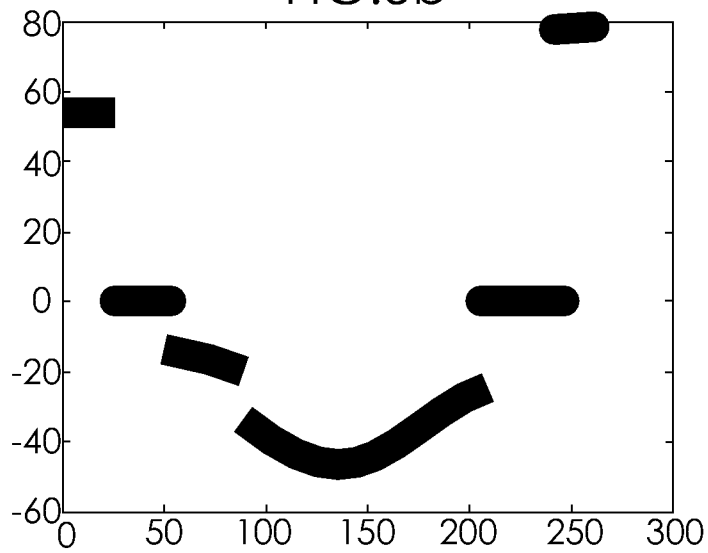


FIG.5c

5/5

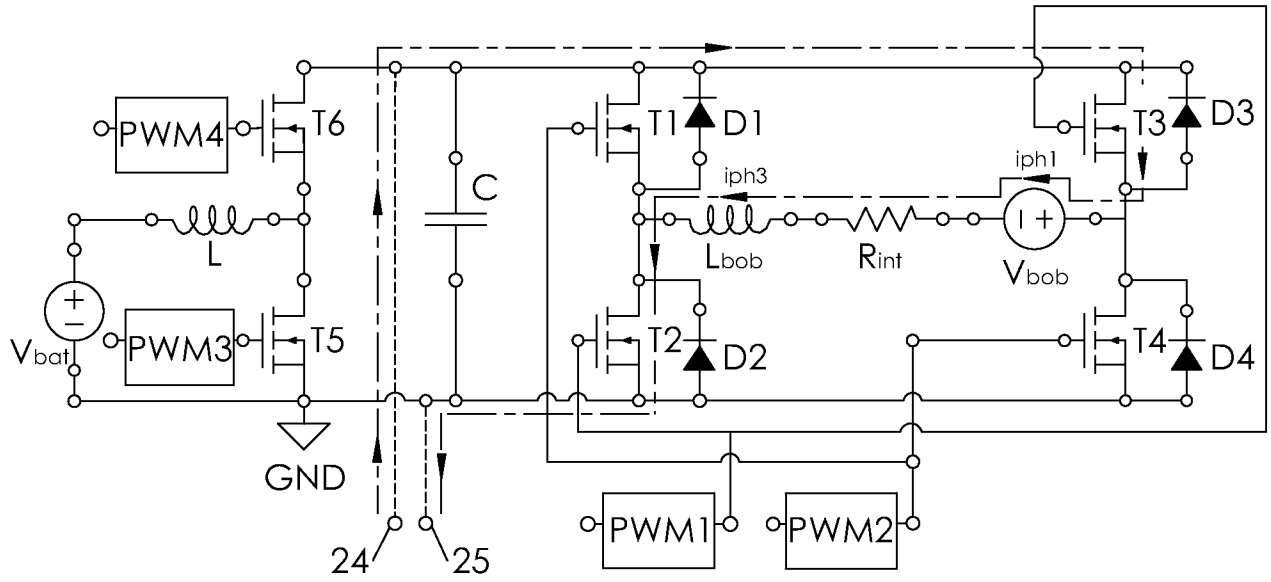


FIG.6a

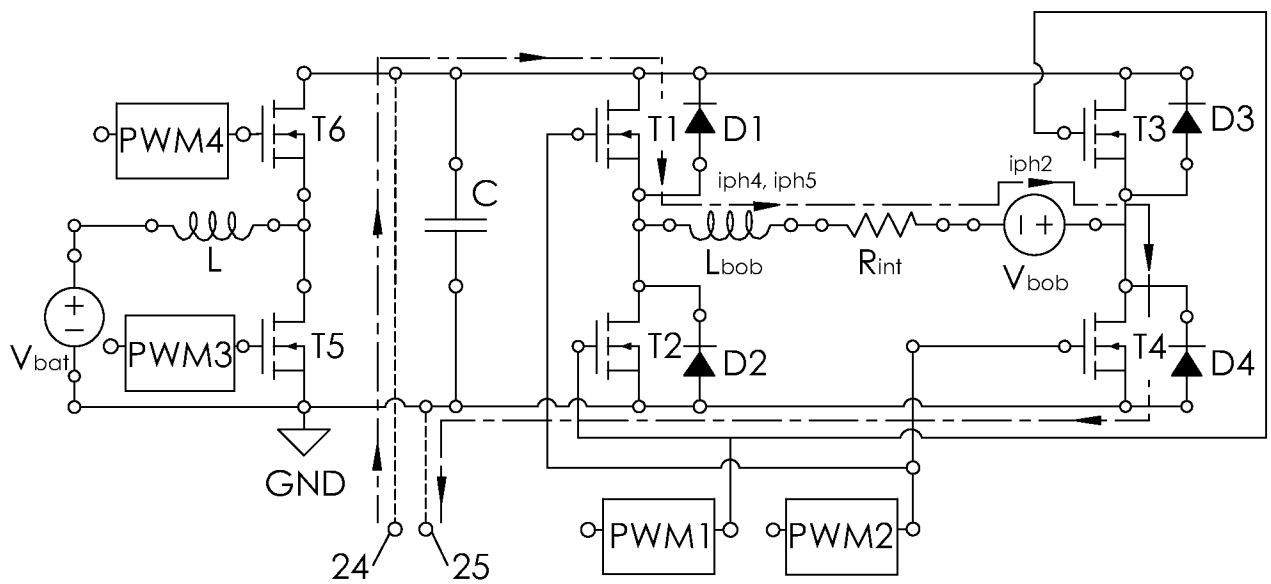


FIG.6b

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/FR2015/052729

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. F01L9/04  
ADD.  
  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
F01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10 131726 A (ISUZU MOTORS LTD) 19 May 1998 (1998-05-19) cited in the application abstract; figures	1
A	WO 2012/150845 A2 (UNIV YEUNGNAM IACF [KR]; HWANG PYUNG [KR]; VU DUC THUAN [KR]) 8 November 2012 (2012-11-08) abstract; figures	1

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  6 January 2016	Date of mailing of the international search report  15/01/2016
---	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Klinger, Thierry
--	--

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2015/052729

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 10131726	A	19-05-1998	NONE
-----			
WO 2012150845	A2	08-11-2012	CN 104302877 A 21-01-2015
			KR 20120125127 A 14-11-2012
			WO 2012150845 A2 08-11-2012
-----			

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2015/052729

<p>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE                  INV. F01L9/04                  ADD.</p>		
<p>Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB</p>		
<p>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</p>		
<p>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)                  F01L</p>		
<p>Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche</p>		
<p>Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)                  EPO-Internal, WPI Data</p>		
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</p>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	JP 10 131726 A (ISUZU MOTORS LTD) 19 mai 1998 (1998-05-19) cité dans la demande abrégé; figures -----	1
A	WO 2012/150845 A2 (UNIV YEUNGNAM IACF [KR]; HWANG PYUNG [KR]; VU DUC THUAN [KR]) 8 novembre 2012 (2012-11-08) abrégé; figures -----	1
<p><input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</p>		
<p><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</p>		
<p>* Catégories spéciales de documents cités:</p>		
<p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p>		<p>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>"&amp;" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>
<p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p>		
<p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p>		
<p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p>		
<p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p>		
<p>Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée</p>		
<p>6 janvier 2016</p>		<p>Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale</p> <p>15/01/2016</p>
<p>Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale</p> <p>Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2                  NL - 2280 HV Rijswijk                  Tel. (+31-70) 340-2040,                  Fax: (+31-70) 340-3016</p>		<p>Fonctionnaire autorisé</p> <p>Klinger, Thierry</p>

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2015/052729

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 10131726	A	19-05-1998	AUCUN	
-----				
WO 2012150845	A2	08-11-2012	CN 104302877 A	21-01-2015
			KR 20120125127 A	14-11-2012
			WO 2012150845 A2	08-11-2012
-----				