

(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 2011/027051 A2

(43) Date de la publication internationale
10 mars 2011 (10.03.2011)

PCT

- (51) Classification internationale des brevets :
F02B 41/06 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2010/000598
- (22) Date de dépôt international :
1 septembre 2010 (01.09.2010)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
0904194 3 septembre 2009 (03.09.2009) FR
- (72) Inventeur; et
- (71) Déposant : SEEL, Jean, Joseph [FR/FR]; 13, rue du Mont Ste Odile, F-67190 Grendelbruch (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.

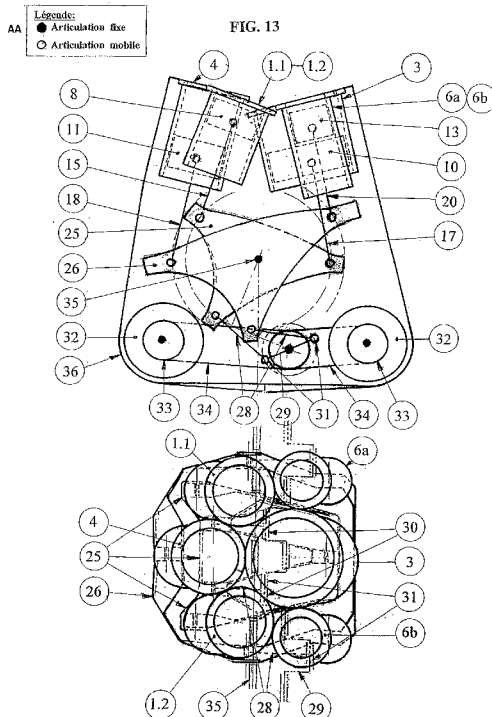
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)

(54) Title : INTERNAL COMBUSTION ENGINE HAVING MULTI-CYLINDER EXPANSION WITH A VIEW TO SAVING ENERGY

(54) Titre : MOTEUR À COMBUSTION INTERNE À DÉTENTE MULTICYLINDRE; CAP VERS LES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE



AA Legend
Stationary hinge
Mobile hinge

(57) Abstract : The invention relates to an ecological and sustainable development internal combustion engine for reducing pollution and for improving the efficiency of current engines, by using: the transfer of gases with one or two combustions between two or three cylinders having an increasing diameter, referred to as "multi-cylinder expansion"; the anti-vibratory transmission of the engine torque to the crankshaft via an equalizer beam; the conversion of a large portion of the heat generated by the operation of the engine into mechanical energy; the control of the valves by rams simultaneously using two sources of energy generated by the operation of the engine; supercharging pumps for the engine cylinders instead of the supercharger that cannot be used due to the transfers; direct fuel injectors provided with a retractable injection needle for cooling same; and a ram which is fireproof due to the high temperature. The proposed engines are suitable for replacing all the current single-cylinder expansion engines in any field of use.

(57) Abrégé : Moteur à combustion interne écologique et du développement durable destiné à diminuer la pollution et à améliorer le rendement des moteurs actuels

[Suite sur la page suivante]

WO 2011/027051 A2



par utilisation de : -Le transfert des gaz avec une ou deux combustions entre deux ou trois cylindres de diamètre croissant appelé « détente multicylindre ». -La transmission antivibratoire du couple moteur au vilebrequin par balancier. -La transformation en énergie mécanique d'une grande partie de la chaleur produite par le fonctionnement du moteur. -La commande des soupapes par vérins exploitant simultanément deux sources d'énergie produite par le fonctionnement du moteur. -De pompes de suralimentation des cylindres moteurs en remplacement du turbo de suralimentation inutilisable à cause des transferts. -D'injecteurs directs de carburant équipés d'une aiguille d'injection rétractable pour permettre son refroidissement. -Un vérin anti-incendie pour cause de température élevée. Les moteurs proposés sont destinés au remplacement de tous les moteurs à détente monocylindre actuels dans tous les domaines d'application.

Moteur à combustion interne à détente multicylindre ; cap vers les économies d'énergie.

La présente invention, appelée "moteur à combustion interne à détente multicylindre; cap vers les économies d'énergie" ou "moteur à combustion interne écologique et du développement durable" propose plusieurs pistes destinées à obtenir la combustion la plus complète et la moins polluante possible, et à améliorer le rendement en s'attaquant à plusieurs foyers de pertes des moteurs à combustion interne actuels afin de réaliser le moteur écologique économe en carburant et polluant le moins possible; voire, si on le souhaite et grâce aux matériaux de meilleur qualité utilisés, le moteur du développement durable, robuste, inusable, non jetable parce que réparable et recyclable qu'en dernier ressort pour cause de pertes d'énergie.

Le moteur à combustion interne actuel, dans lequel le cycle de fonctionnement quatre temps s'effectue dans un seul et même cylindre, connu et utilisé maintenant depuis plus d'un siècle, a atteint son paroxysme en matière d'économie d'énergie. Il sera difficile de faire beaucoup mieux. Malgré un dosage précis du carburant en fonction des régimes du moteur, il nécessite un pot catalytique pour poursuivre la combustion et diminuer la pollution en pure perte, sans pouvoir récupérer la précieuse énergie mécanique de la détente ce que le piston du cylindre ne peut effectuer que sur à peine un demi-tour. Le fonctionnement de ce même moteur produit en plus d'autres pertes d'énergie importantes auxquelles il serait temps de s'attaquer, en particulier:

- la chaleur perdue dans les gaz d'échappement,
- la chaleur évacuée par le liquide de refroidissement,
- la mise en circulation du liquide de refroidissement par la pompe à eau,
- les pertes par frottement dans les cames, linguets ou culbuteurs pour la commande des soupapes.

La mise en œuvre du nouveau moteur nécessite en outre l'installation de nouveaux éléments comme: -des pompes de suralimentation des cylindres moteurs,

- une pompe de démarrage afin de compenser le déficit de compression lorsque les cylindres sont froids,
- des injecteurs gazole ou essence adaptés,
- un vérin anti-incendie.

Le transfert des gaz entre cylindres appelé "détente multicylindre" dans la présente invention, déjà proposée par d'anciens brevets et qui consiste à transférer les gaz de combustion d'un premier cylindre vers un deuxième cylindre de plus grand diamètre et dont le mouvement du piston est inversé, voire un troisième cylindre de mêmes caractéristiques avec une deuxième combustion, ouvrirait de nouvelles perspectives. Elle permettrait d'optimiser la combustion en la "traitant" par le choix de la richesse du mélange dans un ou deux cylindres non pas sur un demi-tour comme dans les moteurs actuels mais sur plusieurs temps, avec récupération de l'énergie mécanique sur deux, trois

ou quatre demi-tours, à comparer au demi-tour dans les moteurs d'aujourd'hui.

Des extraits des travaux des anciens brevets intéressant mon invention sont résumés dans le tableau ci-dessous:

Nom de l'inventeur Date de publication	Résumé de la partie du brevet en relation avec mon invention	Points faibles que la présente invention cherche à améliorer
Gustave Heinrich OTTO 8-7-1913	Moteur monocylindre deux temps suralimenté par une pompe à mélange et une pompe à air pour éviter l'auto-allumage dans la chambre de précombustion. Les gaz d'échappement sont transférés sans air et détendus successivement dans trois cylindres de diamètre croissant avec récupération de l'énergie mécanique sur les pistons de ces cylindres. Ces transferts de gaz entre les cylindres sont commandés par les pistons obturant ou libérant des lumières dans les cylindres.	-Pertes d'énergie dans les volumes morts des longs canaux de transfert -combustion incomplète due aux transferts sans présence d'air -Couples antagonistes dus au transfert et diamètre différent des pistons engendrent des vibrations nuisibles sur le vilebrequin
Thomas Hamilton ADAMS 7-10-1947	Cherche à créer deux réactions chimiques successives à la température la plus favorable possible afin d'obtenir de chaque réaction, le maximum de chaleur dégagée. La 1ère réaction $2C + O_2 \rightarrow 2CO$ qui produit le maximum de chaleur à $1500^\circ C$ est engendrée par une injection substantielle de gazole dans l'air comprimé d'un 1er cylindre en alliage de molybdène-chrome sans liquide de refroidissement permettant de conserver une température de fonctionnement élevée ce qui présente l'avantage, parmi d'autres, de pouvoir obtenir la température d'inflammation avec un effort de compression plus faible. La 2e réaction chimique $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$, qui produit un maximum de chaleur à la température ambiante, est obtenue par transfert du monoxyde de carbone dans un 2e cylindre de diamètre plus élevé en présence d'air, comprimé puis injecté d'une faible quantité de carburant.	<u>Avantages:</u> -effort de compression plus faible permettant une économie d'énergie. -diminution des pertes de chaleur par refroidissement. -optimisation des dégagements de chaleur des réactions. <u>Points faibles:</u> -auto-allumage en cas d'admission de mélange avec essence -nécessité d'adapter l'injecteur d'essence à la température élevée du cylindre. -vibrations nuisibles sur le vilebrequin dû au transfert et au diamètre différent des pistons.
Hurd A. FRASER 16-11-76	Après une première explosion et détente dans un 1er cylindre d'un mélange très riche en carburant pour diminuer les oxydes d'azote, les gaz de combustion sont transférés dans un 2e cylindre de diamètre plus élevé contenant de l'air faiblement mélangés puis compressés	-lubrification d'étanchéité entre le 2e cylindre et la chemise-soupape délicate (faibles déplacements). -commande côté vilebrequin de la chemise-soupape difficile. -transfert et diamètre différent

Nom de l'inventeur Date de publication	Résumé de la partie du brevet en relation avec mon invention	Points faibles que la présente invention cherche à améliorer
Hurd A. FRASER 16-11-76	allumés ou injectés afin de parfaire la combustion. Le transfert est commandé par la chemise mobile du grand cylindre formant soupape plaquée contre la culasse.	des pistons créent des vibrations dommageable au vilebrequin. -dans l'application industriel, la lubrification cylindre-piston ne peut être réalisée qu'en ajoutant l'huile au carburant ce qui est source de pollution.
Gianni ZANIERI 2-5-1991	Produit deux explosions successives dans deux cylindres de même diamètre; la 2e explosion utilise les gaz d'échappement du 1er cylindre en présence d'air faiblement mélangé puis allumé ou injecté après compression.	-Le transfert entre deux cylindres de même diamètre nécessite le blocage des gaz de combustion en détente dans le 1er cylindre pendant que le 2e cylindre aspire le mélange ce qui freine le piston du 1er cylindre et nuit au rendement du moteur. -vibrations néfastes au vilebrequin dû au transfert.

La détente multicylindre pose un problème dans la transmission du couple au vilebrequin. C'est, à mon avis, la raison pour laquelle ces anciennes inventions n'ont jamais trouvées d'application industrielle. En effet, si les deux pistons en mouvement contraire, soumis aux forces de pression des gaz de combustion des deux cylindres en transfert et directement reliés par leur bielle respective à deux manetons opposés du vilebrequin, celui-ci aura à subir deux couples antagonistes durant le transfert entraînant des vibrations nuisibles auxquelles s'ajoutent les vibrations créées par le poids différent proportionnel au diamètre des pistons. Comme solution à ce problème, qui interdit l'utilisation de la détente multicylindre, je propose d'intercaler un balancier en matériaux composites ultra-légers monté entre les bielles, allégées si possible elles aussi, du vilebrequin et les bielles des deux ou trois pistons des cylindres moteurs en transfert à un moment du cycle. Le balancier est constitué, à la manière d'une balançoire, d'un pivot central au milieu de deux ou de plusieurs bras aux extrémités desquels viennent s'articuler les bielles des pistons suivant leur sens de déplacement. Tous les pistons des cylindres moteurs (1), (2) et (3) sont toujours raccordés à un même balancier qui absorbe les vibrations dues aux transferts et aux diamètres différents des pistons, pour ne transmettre que le couple moteur au vilebrequin. Les bras qui peuvent être décalés entre eux, sont centrés sur l'axe des pistons des cylindres. Une structure relie les extrémités des bras afin d'augmenter la rigidité et la résistance mécanique du balancier auquel les mouvements alternatifs des pistons impriment un mouvement de balançoire.

Je propose ensuite de transformer une grande partie de la chaleur produite par le fonctionnement du moteur en énergie mécanique, en associant la détente multicylindre à

une température de fonctionnement du moteur plus élevée par suppression du liquide de refroidissement suivant le conseil éclairé d'ADAMS. Un moteur chaud permet de réduire l'effort de compression en ce sens qu'il nécessite moins de volume de compression, mais l'étanchéité segment-cylindre doit rester tout aussi efficace puisque le taux de compression doit demeurer identique à la fin du mouvement. Le travail à fournir est donc moins important, ce qui représente une économie d'énergie non négligeable quand on connaît le taux de compression nécessaire à l'inflammation du carburant. Mais ce taux de compression est plus faible à froid ce qui nécessite l'installation d'une pompe de démarrage. La pompe à eau de mise en circulation du liquide de refroidissement devient superflue éliminant d'importantes pertes mécaniques. L'idéal serait de pouvoir atteindre et conserver la température d'inflammation spontanée du carburant (diesel). Cette valeur ne peut être avoisinée dans l'état actuel de la tenue aux températures élevées des lubrifiants assurant étanchéité segments-chemise dont la technologie devra encore progresser, mais la température de fonctionnement peut être augmentée substantiellement afin de récupérer une partie conséquente de l'énergie mécanique de la chaleur grâce à la détente multicylindre. L'utilisation d'une température de fonctionnement élevée est tributaire des recherches en lubrifiant. Il s'agit de trouver un nouveau lubrifiant participant à l'étanchéité; liquide ou gras qui reste visqueux sans solidifier à température élevée, ou solide sans vieillissement et collant ou restant en place aux endroits qui glissent. On sait en effet que la chaleur maintient la pression des gaz plus élevée, la détente des gaz sera donc plus longue. La figure 1 représente et commente le cycle réel imaginé de Beau de Rochas d'un moteur tricylindre qui illustre cette longue détente durant deux transferts sur trois cylindres avec deux combustions successives. La température de fonctionnement plus élevée nécessite l'utilisation de métaux aux propriétés tribologiques (dureté, usure et frottements) supérieures pour les cylindres et plus réfractaires pour la culasse et le haut des pistons. L'achat de ces métaux et leur mise en œuvre reviendront plus cher, mais c'est le prix à payer pour obtenir le moteur écologique du développement durable inusable, réparable, recyclé qu'en dernier ressort pour cause de dépenses d'énergie, mais récupéré et seulement rectifié, remis en état et équipé des dernières innovations, il sera prêt pour une nouvelle longue vie.

Afin de supprimer les pertes par frottements des cames, culbuteurs ou linguets, qui constituent une transmission bien compliquée des mouvements d'ouverture et de fermeture des soupapes, je propose d'actionner chacune de celles-ci par un vérin double effet piloté par un distributeur 4/2 monostable à commande électromagnétique commandé par des détecteurs de position du vilebrequin et d'un diviseur électronique par deux (bascule RS ou JK) des impulsions (cycle sur deux tours). Les vérins sont commandés simultanément par deux sources d'énergie produites par la fonctionnement du moteur qui sont: La dépression d'air et l'air comprimé. Chaque position de soupape est obtenue en injectant conjointement

une dépression d'air dans la chambre du vérin vers laquelle le piston doit se déplacer et de l'air comprimé dans la chambre opposée.

La production des deux énergies de commande s'effectue de la manière suivante:

5 -Une petite soupape de dépression d'air située dans la tubulure d'admission du moteur et communiquant à l'aide d'un tuyau avec le réservoir de stockage de la dépression d'air (49), s'ouvre momentanément lorsque la dépression est la plus élevée (ces moments sont indiqués dans les tableaux "cycle fonctionnement des moteurs" feuilles 21 à 25 après le signe §).

10 -Une deuxième petite soupape d'air comprimé, située dans le détendeur (3), ou dans certains canaux de transfert entre les pompes et cylindres moteurs suivant le type de moteur (voir tableaux "cycle fonctionnement des moteurs") et communiquant à l'aide d'un tuyau avec le réservoir de stockage de l'air comprimé (48), s'ouvre momentanément lorsque la compression qui y règne est la plus élevée (ces moments sont indiqués dans les tableaux "cycle fonctionnement des moteurs" feuilles 21 à 25 après le signe §).

15 Un graisseur d'huile, assurant la lubrification des joints de piston des vérins et de tiroir des distributeurs, est monté sur la canalisation d'alimentation en air comprimé des vérins et distributeurs.

L'utilisation de deux sources d'énergie permet d'additionner la force créée par l'air comprimé d'un côté du piston et la force engendrée par la dépression d'air de l'autre côté du piston. Elle offre deux avantages: le premier est de pouvoir réduire le diamètre du vérin et d'obtenir un gain de place; le deuxième est que l'air comprimé est récupéré automatiquement lors de la commande du mouvement contraire du vérin par le réservoir de dépression d'air (49). La régénération de la dépression d'air à travers la petite soupape enverra cet air avec les résidus de brouillard d'huile de lubrification éventuels dans la pompe de suralimentation de l'enflammeur pour être brûlés dans les cylindres du moteur évitant ainsi tout risque de pollution.

Tous les dessins en vue de face de cylindres de moteurs équipés de leurs soupapes des figures 2 à 5 sont représentés, pour simplifier, avec une seule soupape de fonction (admission, prise d'air, transfert ou échappement). Il est vivement conseillé de les doubler, comme dans les moteurs actuels, afin de ne pas nuire au rendement.

30 La figure 2 représente le dessin d'un enflammeur (1) muni d'une soupape d'admission(38) et d'une soupape de transfert (41) ou (42) avec le détendeur (3) ou le post-enflammeur (2). Les soupapes sont commandées chacune par un vérin double effet (45) pilotés par un distributeur 4/2 monostable à commande électromagnétique.

35 La figure 3 représente une commande doublée de soupape par deux vérins parallèles. Ce procédé permet un gain de place à l'avant et à l'arrière puisque la section des vérins a pu être divisé par deux.

La figure 4 représente le dessin de l'enflammeur (1) et du post-enflammeur (2) d'un moteur tricylindre équipés de leurs soupapes et de leur commande par vérin. Une soupape anti-retour des gaz de combustion (53) du post-enflammeur (2) vers l'enflammeur (1), commandée de la même façon que la soupape enflammeur-post-enflammeur (42), a été ajoutée au point de rencontre du canal de transfert avec le post-enflammeur (2). Ce risque existe puisqu'une deuxième explosion est produite dans le post-enflammeur, mais une commande renforcée par un vérin doublé ou plus grand de la soupape de transfert enflammeur-post-enflammeur (42) peut suffire à régler ce problème. Sur ce même dessin, la commande par vérin de la soupape d'admission (38) de l'enflammeur (1) est constituée de deux vérins superposés de section deux fois plus petite que celle d'un vérin unique permettant ainsi un gain de place pour la commande de la soupape anti-retour de transfert (53) voisine, elle aussi équipée de la même façon et pour les mêmes raisons. Quant à la soupape de transfert enflammeur-post-enflammeur (42), elle a été décalée et inclinée vers l'avant pour assurer une place suffisante à sa commande.

Dans le cas du post-enflammeur (2) et du détenteur (3), on peut profiter du canal de transfert avec le cylindre précédent, c'est à dire respectivement avec l'enflammeur (1) et le post-enflammeur (2) pour disposer de plus de surface pour loger les soupapes afin augmenter leur section, à condition d'aplatir les canaux de transfert entre ces cylindres. Pour ce faire, la tubulure des canaux de transfert part "en éventail" jusqu'à épouser le diamètre intérieur du cylindre suivant. Au fur et à mesure que le canal s'élargit, sa hauteur diminue pour maintenir sa section constante. On peut aussi donner une forme triangulaire à sommets arrondis aux faces supérieures; les soupapes seront ainsi inclinées et disposées sur les côtés du triangle, ce qui permet de les éloigner les uns des autres et d'avoir suffisamment de place pour loger les vérins de commande. Une section trapézoïdale pour le canal de transfert permet d'incliner la soupape vers le cylindre de transfert améliorant ainsi l'aérodynamisme du canal de transfert.

La figure 5 représente l'enflammeur (1) et le détenteur (3) d'un moteur bicylindre munis de leurs soupapes. L'originalité de ce dessin est la disposition vers le bas de la soupape d'échappement (44) dont la commande se retrouve à l'extérieur et à côté du bloc moteur. Bien qu'augmentant le volume du canal de transfert, elle présente l'avantage d'accroître la surface disponible pour l'implantation des soupapes, qui pourront être agrandies et améliorer quelque peu le rendement du moteur. Si l'on dispose d'espace à côté du détenteur, plusieurs soupapes d'échappement de faible section peuvent être disposées autour du détenteur afin de réduire l'encombrement et d'augmenter leur section.

Pour diminuer le volume perdu (non balayé par un piston) des canaux de transfert les hauts de piston (8), (9) et (10) des figures 2, 4 et 5 ont la forme de deux pans obliques à la manière d'un toit de maison.

La figure 6 donne un exemple de répartition des soupapes sur le moteur tricylindre à deux balanciers proposé dans les applications industrielles sur figure 15. (Il s'agit du modèle le plus compliqué puisque les tricylindres couplés suivants ne font que répliquer la même chose doublée). Cette figure 6 est expliquée et commentée dans la partie concernant
5 les applications industrielles de la description à partir de la page 12, ligne 22

Les pompes de suralimentation ou de prise d'air ne nécessitent qu'une seule soupape d'admission d'air; elle se retrouve centrée sur le cylindre de la pompe et est légèrement plus petite que le diamètre de celui-ci. Ce sont les cylindres moteurs (1), (2) et (3) qui possèdent le plus de soupapes doublées au nombre de quatre. Il s'agit des deux soupapes
10 d'admission (38) ou (39), de prise d'air (40) et des soupapes de transfert (42) ou (43) ou d'échappement (44). La meilleure façon de répartir ces soupapes sur la culasse d'un cylindre, le haut du canal de transfert compris afin d'augmenter la surface disponible, est de tracer un axe passant par le centre approximatif de cette surface, et ce trouvant au milieu et à égale distance des cylindres avec lesquels il communique des transferts d'air ou de gaz de
15 combustion. Ces axes sont appelés xx' , yy' et zz' sur le dessin; les deux mêmes soupapes sont réparties de chaque côté de cet axe.

Le turbo de suralimentation des cylindres, utilisé sur les moteurs actuels afin d'augmenter le taux de compression favorable au rendement du moteur, devient inutilisable sur le nouveau moteur écologique proposé, du fait de la détente multicylindre qui diminue
20 fortement la pression des gaz d'échappement. Sa température de fonctionnement élevée, qui fait augmenter rapidement la pression de l'air arrivant dans le cylindre, aura tendance à refuser l'entrée d'une quantité d'air suffisante durant l'admission. La suralimentation des cylindres devient donc indispensable. Cette fonction sera assurée par des pompes à piston mues par le balancier des cylindres moteurs ou par un deuxième balancier spécial pompes
25 qui tente d'équilibrer poids des manetons opposés du vilebrequin. Le piston de la pompe suralimentant un cylindre moteur doit se déplacer en mouvement contraire par rapport à celui du cylindre suralimenté.

Lors du démarrage à froid, la quantité d'air introduite dans l'enflammeur (1) doit être supérieure afin de palier au déficit de compression dû au cylindre froid lorsque l'air n'
30 est pas chauffé par les parois chaudes de l'enflammeur et de son piston. C'est la fonction de la pompe de démarrage qui fonctionne comme la pompe (4) et qui doit être installée sur tous les types de moteurs entre l'enflammeur (1) et sa pompe de suralimentation (4) et communiquer avec le canal de transfert entre ces deux même cylindres. La figure 8 représente le dessin simplifié de cette pompe de démarrage sur lequel:

35 -La position "entraînement du piston" est représenté pour la position basse du piston en trait continu épais et, pour la position haute du piston en trait mixte fin.

-dans la position "piston pompe à l'arrêt", les pièces (71), (74) et (75) oscillent entre la position dessinée en trait continu épais et celle dessinée en trait court fin.

Le piston de celle-ci est actionné par une bielle brisée (71), dont l'articulation centrale est raccordée à un levier de découplage (74), qui, lorsqu'il est verrouillé, maintient la bielle brisée déployée par l'intermédiaire de la bielle (75). Le balancier (26) ou 5 (27) entraîne le piston de la pompe (70) aussi longtemps que le levier de découplage (74) est retenu par la butée du levier de commande (72). L'alimentation de l'électroaimant (73) après quelques minutes de fonctionnement du moteur ou par capteur de température, libère le levier de découplage (74). C'est ce dernier qui est animé du mouvement alternatif du 10 balancier avec la bielle (75) et la bielle brisée (71) qui plie et déplie au rythme du mouvement du balancier. Ce dispositif permet de réaliser des économies d'énergie, puisque l'énergie mécanique à fournir pour la mise en mouvement de ces pièces ultra-légères est très faible et les pertes dues aux "pompages d'air" générés par les déplacements du piston de la pompe de démarrage sont supprimées. En plus, l'effort nécessaire au maintien de la 15 bielle brisée déployée est très minime.

La température de fonctionnement élevée nécessite également une adaptation des injecteurs de carburant. Celle-ci consiste à équiper les injecteurs d'une aiguille d'injection rétractable afin de permettre son refroidissement. L'avance ou le recul de l'aiguille sont commandés par un vérin identique à celui des soupapes à condition de faire appel à une 20 commande électronique précise par capteur de position du vilebrequin. Il faudrait que l'aiguille avec son support mobile ne contienne que la quantité de carburant nécessaire à l'injection et que celle-ci ne puisse se réaliser que si l'aiguille est presque sortie de l'injecteur et se trouve à l'intérieur du cylindre. Un obturateur ouvre et ferme l'orifice d'injection dans le cylindre et est actionné par l'ensemble mobile supportant l'aiguille lorsque 25 celui-ci arrive pratiquement en bout de course. Vue la température élevée et les dilatations qui en découle, l'utilisation de segments pour assurer l'étanchéité support mobile de l'aiguille-tube qui la guide ne serait pas superflue.

La température plus élevée du moteur présente un risque d'incendie en cas de rupture ou de fuite sur la canalisation d'alimentation en carburant du moteur, que l'installation 30 d'un vérin hydraulique anti-incendie à proximité du réservoir de carburant peut rapidement circonscrire. Ce vérin obture la sortie d'essence ou de gazole du réservoir et aspire le carburant contenu dans les canalisations en cas de choc ou de détection par capteur de l'existence d'une température très élevée due à un début d'incendie. La figure 9 représente la vue de face du dispositif.

35 Afin de faciliter la compréhension du dispositif vérin anti-incendie, le dessin simplifié est représenté en position repos ou enclenchée correspondant au fonctionnement normal

du moteur en traits épais, et en position déclenchée suite à un choc violent ou un début d'incendie en traits mixtes fins.

Le dispositif comporte un vérin hydraulique simple effet (80) avec ressort (82). Au repos, la tige du vérin est maintenue en position rentrée par la crémaillère (83). En cas de
5 début d'incendie détecté par un capteur de température très élevée alimentant électroaimant (90) ou de choc violent décelé par la masselotte (92), le levier de déverrouillage de la bielle brisée (91) pivotant dans le sens horaire libère la bielle brisée (89) qui plie légèrement sous l'effet du ressort de rappel (95) entraînant le pivotement du levier de déverrouillage du vérin (85) ainsi que celui de la crémaillère de maintien de la tige du vérin (83) grâce
10 à la butée (84). La tige du vérin est libérée et sort sous l'effet du ressort (82) et l'obturateur (97) est plaqué contre son siège par le déplacement du levier de déverrouillage (85) empêchant toute sortie de carburant du réservoir. Le déplacement du piston (81) du vérin, engendré par la traction du ressort (82), aspire le carburant contenu dans la canalisation d'alimentation (98) du moteur. Un levier manuel de commande (86) permet la remise en
15 position "fonctionnement normal du moteur" par quelques "mouvements de pompage" grâce à la crémaillère (87) servant de point d'appui à l'extrémité pointue du levier manuel de commande (86). Préalablement à cette manœuvre, l'ensemble du mécanisme a été mis en position "fonctionnement normal" (en trait épais) grâce à une traction sur la poignée (100).

L'invention est accompagnée des diagrammes et dessins annexés suivants:

La figure 1 représente et commente le cycle réel imaginé de Beau de rochas du moteur
20 tricylindre de la figure 15.

La figure 2 représente le dessin de l'enflammeur muni d'une soupape d'admission et d'une soupape de transfert commandées chacune par un vérin double effet piloté par un distributeur 4/2 monostable à commande électromagnétique.

La figure 3 illustre une soupape de cylindre commandée par deux vérins en parallèle

25 La figure 4 représente le dessin d'un enflammeur et d'un post-enflammeur munis de leurs soupapes avec parfois des vérins superposés et une soupape inclinée pour permettre le logement de l'ensemble de leur commande.

La figure 5 représente l'enflammeur et le détendeur d'un moteur bicylindre avec la soupape d'échappement située à l'extérieur du bloc moteur, dans le but d'augmenter la section des
30 soupapes et sensiblement le rendement du moteur.

La figure 6 donne un exemple de disposition des tubulures et canaux de transfert avec soupapes intégrées du moteur tricylindre de la figure 15 respectant les concepts de l'invention.

La figure 7 représente un système de déverrouillage de la soupape d'admission des pompes de récupération de l'air rejeté par certains cylindres, lorsque celle-ci sont vides.

35 La figure 8 représente une vue de face du système de couplage et de découplage de la pompe de démarrage.

La figure 9 représente une vue de face du dispositif "vérin anti-incendie".

La figure 10 représente une vue de face et de dessus d'un moteur bicylindre avec un seul balancier.

5 La figure 11 représente une vue de face et de dessus d'un moteur bicylindre avec deux balanciers.

La figure 12 représente une vue de face et de dessus d'un moteur couplant deux bicylindres avec un seul balancier.

La figure 13 représente une vue de face et de dessus d'un moteur couplant deux bicylindres avec deux balanciers.

10 La figure 14 représente une vue de face et de dessus d'un moteur tricylindre avec un seul balancier.

La figure 15 représente une vue de face et de dessus d'un moteur tricylindre avec deux balanciers.

15 La figure 16 représente une vue de face et de dessus d'un moteur couplant deux tricylindres avec un seul balancier.

La figure 17 représente une vue de face et de dessus d'un moteur couplant deux tricylindres avec deux balanciers.

20 Quatre modèles de moteurs sont ensuite proposés en applications industrielles respectant toutes les propositions conseillées précédemment, du moins cher au plus coûteux avec des performances en matière de pollution et de rendement sensiblement proportionnelles au prix de revient. Les quatre moteurs proposés sont:

-Le moteur bicylindre avec une combustion et un transfert et un couple moteur sur deux demi-tours sur les deux tours du cycle.

25 -Le moteur couplant deux moteurs bicylindres permettant d'obtenir un couple moteur à chaque demi-tour grâce au décalage d'un tour du cycle de fonctionnement des deux moteurs.

-Le moteur tricylindre avec deux combustions dans deux cylindres successifs et deux transferts et un couple moteur sur trois demi-tours sur les deux tours du cycle et un couple partiel durant le 1er transfert.

30 -Le moteur couplant deux moteurs tricylindres avec une combustion et un couple moteur

-Le moteur couplant deux moteurs tricylindres avec une combustion et un couple moteur à chaque demi-tour, grâce au décalage d'un tour du cycle de fonctionnement des deux moteurs, cumulé aux quatre couples créés par les quatre détentes secondaires de transfert sans combustion durant un cycle.

35 La transmission du couple moteur au vilebrequin par balancier est très différente des transmissions "piston unique par maneton" des moteurs actuels. Le balancier forme une pièce unique pratiquement indéformable qui transmet le couple de façon symétrique à deux

manetons symétriques du vilebrequin ce qui présente un avantage avéré. Il est néanmoins difficile de prévoir sans l'avoir étudié, laquelle des deux mises en rotation suivantes du vilebrequin est la plus intéressante: -par balancier unique ou -par deux balanciers en mouvement contraire. Pour cette raison, chacun des quatre moteurs est présenté en deux versions:

-Transmission du couple moteur et entraînement des pompes par un seul balancier.

-Transmission du couple moteur et entraînement des pompes par deux balanciers en mouvement contraire.

Ces moteurs utilisent la détente multicylindre suivant deux procédés dont les caractéristiques et la constitution sont les suivantes:

-la détente bicylindre: Application du principe de récupération de l'énergie mécanique par transfert proposé par OTTO, mais en quatre temps et en présence d'air pour parfaire la combustion + température de fonctionnement du moteur élevée conseillée par ADAMS.

Un premier cylindre quatre temps appelé "enflammeur" (1) produit une combustion et détente, qui est ensuite transférée vers un 2e cylindre de plus grand diamètre appelé "détendeur" (3), dont le mouvement du piston est inversé et contenant de l'air préalablement introduit. Le transfert en présence d'air est destiné à assurer la poursuite de la combustion des imbrûlés et du monoxyde de carbone qui se transforme en CO₂ avec dégagement de chaleur grâce à la présence d'air. Cette phase, qui est effectuée dans le pot catalytique des moteurs actuels en perdant une grande partie d'énergie mécanique, peut être récupérée par le piston du détenteur (3) dans le moteur proposé avec une grande part de l'énergie de la chaleur conservée par la structure du moteur à une température élevée, qui ralentit le refroidissement des gaz dû à la détente, dont l'énergie mécanique potentielle pourra être prolongée et récupérée durant le transfert.

-la détente tricylindre: Application du cycle ADAMS durant le transfert entre le 1er et le 2e cylindre avec température de fonctionnement du moteur élevée + récupération de l'énergie mécanique par transfert proposé par OTTO avec température de fonctionnement du moteur élevée entre le 2e et le 3e cylindre.

Au moteur bicylindre précédent, équipé des mêmes accessoires mais dont le 2e cylindre est appelé post-enflammeur (2) et qui possède en plus un injecteur produisant une 2e combustion avec les gaz d'échappement de l'enflammeur (1) mélangés à de l'air, comprimés et injectés d'une faible quantité de carburant, est raccordé un 3e cylindre appelé "détendeur" (3), de diamètre en progression de raison constante, sur la soupape d'échappement qui devient soupape de transfert post-enflammeur-détendeur (43). Les détentes engendrées par les deux combustions successives et la détente partielle de transfert dans les deux

premiers cylindres ainsi que le transfert vers le troisième cylindre créent trois couples sur trois demi-tours et un couple partiel.

Une température de fonctionnement proche de la température d'inflammation justifierait une détente quadricylindre avec, comme pour la détente tricylindre, deux combustions dans les deux premiers cylindres suivies de deux détente de chaleur par transfert; cela nécessiterait l'adjonction d'un quatrième cylindre appelé "dépresseur" de diamètre en progression de raison constante.

Les tableaux des feuilles 20, 21, 22, 23, 24 et 25 expliquent le cycle de fonctionnement de chaque moteur en indiquant ce qui se passe dans chaque cylindre.

Tous les huit dessins de moteurs des figures 10 à 17 sont représentés sans la culasse ni les soupapes. Pour leur implantation suivre les conseils fournis ci-dessous et sur pages 5, 6 et 10.

Les hauts des cylindres moteur ou pompe échangeant des gaz doivent être rapprochés le plus possible afin de diminuer au maximum la longueur du canal de transfert qui forme un volume perdu (non balayé par un piston). Les pistons des cylindres moteurs ou pompes, échangeant un gaz, sont toujours en mouvements contraires; ils doivent donc être raccordés, par l'intermédiaire de leur bielle, à deux bras opposés du balancier. C'est la distance entre ces deux bras qui détermine l'angle d'inclinaison du V renversé entre les axes de deux cylindres communiquant. Cet angle dépend aussi de la distance entre le pivot du balancier et la culasse; celle-ci est choisie la plus courte possible afin de réduire au maximum la longueur et donc le poids des bielles, mais sans que les cylindres ne gênent les pivotements du ou des balanciers.

Sur les dessins des figures 10 à 17, les cylindres moteurs et pompes possèdent, à leur extrémité supérieure, une collerette serrée sur la culasse par l'intermédiaire de vis et d'une bague (uniquement représenté sur les dessins de la figure 4 et 5) avec taraudages et entourant chaque cylindre afin d'assurer l'étanchéité cylindre-culasse. La meilleure façon d'obtenir un assemblage cylindre-culasse étanche et capable de résister aux dilatations dues aux écarts de températures très importants entre l'arrêt et le fonctionnement du moteur est de scinder la culasse en plusieurs parties. C'est ce principe qui est appliqué sur la figure 6 représentant le moteur tricylindre de la figure 15 équipé des tubulures et canaux de transfert avec leurs soupapes incorporées. Les parties de la culasse sont composées des tubulures d'admission, ou d'échappement, ou des canaux de transfert intégrant, suivant le cas, les soupapes doublées d'admission, d'échappement, de prise d'air, de transfert et éventuellement d'anti-retour des gaz vers l'enflammeur. L'étanchéité entre les cylindres et tubulures ou canaux de transfert ne peut être assurée que si les surfaces de serrage entre ces éléments sont planes. A cet effet, le cylindre de l'enflammeur (1) est surmonté de deux pans réguliers à la manière d'un toit d'une maison dont le faitage est situé sur l'axe xx', dépass-

sant d'une épaisseur constante le pourtour du cylindre et possédant des orifices aux emplacements des soupapes; l'ensemble formant une seule pièce obtenue par moulage. Tous les autres cylindres moteurs ou pompes possèdent à leur extrémité supérieure la collerette, représentée sur les dessins des moteurs, et qui sert de bande de serrage aux semelles de serrage des tubulures et canaux de transfert. La tubulure d'admission de l'enflammeur à la forme d'un tube angulaire de section ovale cintré intégrant les deux soupapes d'admission (38) de l'enflammeur. Une semelle de serrage aux deux extrémités permet sa fixation sur le pan gauche du haut de l'enflammeur (1) et sur la collerette de la pompe (4). Une deuxième semelle de serrage de même dimension, située sur le haut de la tubulure d'admission et au-dessus de la pompe 4, inclinée vers la pompe de récupération (7a) et présentant le même diamètre d'ouverture que le cylindre de la pompe (4), reçoit une des quatre semelles du canal de transfert détenteur (3), pompes de récupération (7a) et (7b) et pompe (4) et dont les trois autres semelles sont fixées sur les pompes de récupération (7a) et (7b) et sur le canal de transfert post-enflammeur-détendeur. Les soupapes d'admission d'air (50) de la pompe (4), la soupape d'admission d'air automatique (51) de la pompe de récupération (7a) représentée sur la figure 7, ainsi que les deux soupapes de prise d'air (40) du détenteur sont incorporées dans ce même canal de transfert. Le canal de transfert enflammeur-post-enflammeur est fixé à l'aide de deux semelles de serrage situées à ses deux extrémités sur le pan de droite de l'enflammeur (1) et sur la collerette du post-enflammeur (2). La face supérieure de ce canal, dont les contours sont parfois débordés par des bandes de serrage recevant les semelles de serrage des autres canaux de transfert, présente deux surfaces planes. Celle du milieu est inclinée vers le détenteur et reçoit la semelle de serrage du canal de transfert post-enflammeur-détendeur; la deuxième étant serrée sur la collerette du détenteur (3). La deuxième surface planes, localisée à droite, est penchée depuis l'axe yy' représentant le faitage jusqu'à la semelle de serrage sur le post-enflammeur, accueille le canal de transfert de la pompe (5) vers le post-enflammeur (2). Les deux soupapes de prise d'air (40) et d'échappement (44) du détenteur (3) sont incorporées dans le canal de transfert post-enflammeur-détendeur; tandis que les deux soupapes d'admission du post-enflammeur (39) et les soupapes de transfert post-enflammeur-détendeur (43) sont intégrées dans le canal de transfert enflammeur-post-enflammeur. La soupape d'admission d'air (52) de la pompe (5) obture le tuyau de raccordement (23) et est fixée sur la face supérieure du canal de transfert pompe (5)-post-enflammeur (2).

Un montage des soupapes d'inclinaison différente à celle des surfaces de serrage est parfois nécessaire pour permettre le logement des vérins de commande et celui des soupapes voisines. Un support formant enceinte ou carter, maintient l'ensemble cylindres-parties de culasse montées et assemblées par des boulons serrés sur des pattes de fixation

rapportées ou obtenues lors de la fabrication des trois parties assemblées. Un serrage élastique autorise la dilatations des différentes pièces. La nouveauté de ce procédé d'assemblage est de permettre aux vapeurs et projections d'huile d'arriver, directement ou par ricochet, sur toutes les parties du moteurs y compris les faces supérieures des parties de culasse. Le circuit de graissage n'est-il pas devenu obsolète supprimant pas mal de pertes d'énergie et de parcours compliqués?

Le serrage entre collerette, semelle ou bande de serrage est réalisé par boulons uniformément répartis autour de ces pièces. Les parties cachées par le passage des tubulures ou canaux de transfert sont serrées par des boulons traversant l'épaisseur de ces éléments et guidés par des trous aménagés dans des nervures aérodynamiques disposées dans le sens de circulation des fluides. Pour éviter un trop grand nombre de nervures, celles-ci peuvent se prolonger en cas de besoin, pour assurer le guidage des boulons sur deux cylindres voisins.

Sur les dessins, les balanciers sont constitués d'un assemblage ultra-léger et résistant à la température élevée, de pièces planes et coudées, obtenues par moulage en matériaux composites (nanotechnologie). Celle-ci sont disposées verticalement pour permettre le passage entre les structures des projections d'huile générées par la rotation des pignons huileurs. Elles peuvent éventuellement être nervurées ou recourbées aux extrémités pour augmenter leur rigidité. Les parties à assembler sont munies de percements, obtenues lors de la fabrication, qui doivent coïncider entre les pièces assemblées afin de permettre le passage des renforts fibreux et de la résine coulée lors de la réalisation des assemblages en vue d'obtenir une structure d'ensemble très résistante.

Sur les figures 13, 15 et 17, les bras de levier des bras du balancier des pompes (26) ont été augmentés pour faciliter le logement des cylindres et réduire l'encombrement du moteur, le diamètre des cylindres concernés a donc été réduit inversement-proportionnellement dans le but de conserver le même volume d'air de suralimentation.

Tous les cylindres du moteur fonctionnent en quatre temps sauf les pompes de suralimentation (4), (5) et (6) des moteurs bicylindre et tricylindre qui n'ont besoin que de deux temps pour assurer leur fonction, l'un pour aspirer de l'air, l'autre pour suralimenter le cylindre moteur. Il en est de même du détenteur (3), qui aspire puis rejette l'air dont il n'a pas besoin. Si durant les deux temps mort, pendant lesquels ces cylindres ne remplissent aucune fonction, leurs soupapes d'admission d'air restaient fermées, les déplacements de leur piston seraient considérablement freinés et le rendement du moteur notablement affecter. Il est donc indispensable d'ouvrir leur soupape d'admission ou de prise d'air et d'offrir l'air nécessaire lors de la descente de leur piston et de récupérer l'air filtré rejeté lors de sa remontée. Cette fonction est assurée par les pompes de récupération (7a) et (7b) à piston à tige libre, qui ont été doublés et ont des diamètre inégaux pour réduire l'encombrement des

moteurs. Les pistons de ces pompes descendent pour stocker l'air rejeté par un cylindre et montent si un cylindre à besoin d'air durant les temps suivants. Le volume d'air récupérable des pompes doit au moins être égal au volume d'air maximum rejeté par les cylindres à un moment du cycle. Il faut ensuite s'assurer qu'elles soient vidées par les besoins en air des cylindres durant les temps suivants, afin qu'elles soient en mesure de récupérer à nouveau l'air rejeté par ces mêmes éléments. Pour ce faire, la soupape d'admission d'air automatique (51) de la pompe de récupération (7a) est autorisée à s'ouvrir que si les pistons des deux pompes (7a) et (7b) se retrouvent tous les deux en position haute. La figure 7 représente le dessin simplifié d'un tel système de verrouillage en position fermée de la soupape (51) autorisée à s'ouvrir que si les deux pompes sont vides. Le système de déverrouillage de la soupape d'admission (51) peut également être commandé à l'aide de deux capteurs de position haute des pistons des pompes (7a) et (7b)

Pour simplifier la compréhension du système de la figure 7, les pistons sont dessinés dans une position quelconque en trait continu épais et en trait mixte épais pour le levier support (66) du levier cliquet; et en position haute en trait mixte fin.

Lorsque les pistons sont en position quelconque autre que la position haute, les leviers (66) se trouvent en butée contre les ergots du support sous l'effet des grands ressorts (68), et la soupape bloquée en position fermée par les verrous des leviers cliquets (67) sous l'action des petits ressorts (68). Quand les pistons se rapprochent de la position haute, les leviers de commande (65) entre en contact avec les leviers support (66), et s'ils continuent leur mouvement de montée, font basculer l'ensemble levier cliquet (67)-levier support (66) dans un mouvement d'éloignement du verrou de la soupape qui sera libérée lorsque les deux pistons seront en position haute. La soupape peut se fermer à tout moment et quelle que soit la position des pièces en mouvement, grâce aux petits ressorts (68) qui autorisera le recul des verrous.

La figure 10 représente la vue de face et la vue de dessus d'un **moteur à détente bicylindre** avec deux pompes de récupération d'air, une transmission du couple moteur et un entraînement de la pompe par un seul balancier et un vilebrequin à deux manetons du même côté.

Sur le dessin les pompes de récupération (7a) et (7b) sont inclinées pour diminuer la longueur des canaux de communication avec les cylindres moteur ou pompe. Elles ne sont pas non plus raccordées aux bras opposés d'un balancier qui justifierait une inclinaison. Une disposition verticale de celles-ci, comme dans le dessin de la figure 11, réduirait la longueur du moteur et assurerait une meilleur lubrification de leur piston sans nécessité de croiser la courroie du pignon huileur.

Sur la vue de dessus, le balancier (27) à la forme d'un triangle isocèle pivotant approximativement au milieu de sa hauteur autour d'un axe soutenu par trois paliers. Une

bielle articulée (15) au sommet du triangle actionne l'enflammeur (1). Le détenteur (3) et la pompe de suralimentation de l'enflammeur (4) dont les pistons se déplacent dans le même sens ont été alignés parallèlement à la base du triangle du balancier. Les sommets situés aux extrémités de cette base forment les articulations des bielles d'entraînement de leurs pistons. Deux autres bras disposés vers le bas, plus ou moins perpendiculaire au triangle du balancier suivant l'emplacement du vilebrequin, entraîne ses deux manetons du même côté par l'intermédiaire de deux bielles. L'axe du vilebrequin est situé sur la tangente au cercle des articulations du balancier, au point de rattachement à mi-course de la bielle du vilebrequin côté balancier. Les deux pompes de récupération (7a) et (7b), communiquant par un canal de transfert, alimentent ou récupèrent l'air du détenteur (3) et de la pompe de suralimentation (4) et sont disposées à côté et en contact avec un des deux cylindres.

La figure 11 représente la vue de face et la vue de dessus d'un **moteur à détente bicylindre** avec deux pompes de récupération d'air, enflammeur et détenteur en ligne, une transmission du couple moteur par un premier balancier, un entraînement de la pompe par un deuxième balancier, les deux balanciers en mouvement contraire et un vilebrequin à deux manetons opposés.

Le but du modèle proposé est de commander deux manetons opposés du vilebrequin avec deux balanciers se déplaçant en sens contraire. L'enflammeur (1) incliné et le détenteur (3) vertical sont en ligne et actionnent le balancier à trois bras (25) des cylindres moteurs. La pompe de suralimentation (4), inclinée et située à l'arrière de l'enflammeur est entraînée par le balancier des pompes à deux bras (26). Les deux bras dirigés vers le bas des deux balanciers (25) et (26) sont raccordés aux deux manetons opposés (31) du vilebrequin (29) par deux bielles (28). Les deux pompes de récupération (7a) et (7b), situées à l'arrière du détenteur communiquent par un canal de transfert entre elles, la pompe (4) et le détenteur (3).

La figure 12 représente la vue de face et la vue de dessus d'un **moteur couplant deux moteurs à détente bicylindre** avec une transmission du couple moteur et un entraînement de la pompe par un seul balancier, un vilebrequin à deux manetons du même côté, un détenteur commun aux deux bicylindres et une pompe de suralimentation des enflammeurs doublée.

Ce moteur présente trois avantages: 1)Le cycle de fonctionnement des deux moteurs bicylindres est décalé d'un tour, ce qui permet d'obtenir un couple moteur à chaque demi-tour comme dans un moteur quatre temps, quatre cylindres. 2)Les pompes de suralimentation ou de prise d'air aspirent l'air puis suralimentent un cylindre moteur du premier bicylindre, elles renouvellent ensuite ces mêmes opérations pour suralimenter un cylindre moteur du deuxième bicylindre, etc.... Il n'y a plus de temps morts, les pompes de récupération peuvent être supprimées. 3)Le détenteur reçoit et traite successivement les gaz de combus-

tion de l'un puis de l'autre bicylindre. Un seul suffit donc. Un moteur couplant deux moteurs bicylindres n'est pas tellement plus compliqué qu'un moteur bicylindre.

Comme pour tous les modèles de moteur à un seul balancier, le couple moteur est transmis aux deux manetons du vilebrequin, de façon symétrique et par une pièce unique et indéformable, en l'occurrence le balancier.

Le détenteur (3) est placé au milieu avec sa pompe de prise d'air (6); l'enflammeur (1-1) ou (1-2) avec une des pompes doublées (4a) ou (4b) de chaque bicylindre disposés de part et d'autre. Parce que les pompes de suralimentation (4a) et (4b) sont doublées, elles doivent être raccordées, par un tuyau contournant le détenteur et non représenté sur la figure 12, afin de pouvoir alimenter successivement l'un ou l'autre des deux bicylindres. Le raccordement par tuyau, non représenté sur les dessins, entre les pompes de suralimentation doublées (4a) et (4b) ou (5a) et (5b) ou de prise d'air doublées (6a) et (6b) est nécessaire sur chaque moteur à chaque fois que ces pompes sont doublées. Le volume de ce tuyau a été compensé par un diamètre des pompes plus élevé. Les pistons des enflammeurs (8-1) et (8-2) ainsi que celui de la pompe de prise d'air (13), qui se déplacent dans le même sens, sont raccordés par l'intermédiaire de bielles à trois articulations situées à gauche du pivot (35) du balancier (27). Le piston (10) du détenteur ainsi que les pistons (11a) et (11b) des pompes de suralimentation, qui se déplacent dans le même sens mais contraire aux précédents, sont raccordés à l'aide de bielles aux trois articulations situées à droite du pivot (35) du balancier (27).

La figure 13 représente la vue de face et la vue de dessus d'un **moteur couplant deux moteurs à détente bicylindre** avec un balancier "cylindre moteur" et un balancier "pompes" en mouvement contraire actionnant un vilebrequin usuel à quatre manetons et une pompe de prise d'air du détenteur doublée.

Ce modèle utilise le vilebrequin à quatre manetons classique: Les manetons 1 et 4 actionnant les pompes grâce au balancier (26) et au bielles (28), le couple moteur étant transmis aux manetons 2 et 3 par le balancier "cylindres moteurs" (25) et les bielles (28). Les enflammeurs (1-1) et (1-2) et le détenteur (3) n'ont pas bougé et sont raccordés respectivement à gauche et à droite du balancier "cylindre moteur" (25) suivant les sommets d'un triangle isocèle. Les pompes ont été permutées pour permettre au deuxième balancier des pompes (26) de ce déplacer en mouvement contraire. C'est la pompe de prise d'air (6a) et (6b) du détenteur qui se trouve doublée de part et d'autre de celui-ci. La pompe de suralimentation (4) est disposée au milieu entre les deux enflammeurs (1-1) et (1-2) qu'elle suralimente alternativement, à gauche du détenteur (3). Les efforts sur le vilebrequin sont transmis symétriquement par une seule pièce aux deux manetons à la fois et non sur un seul maneton, donc sans symétrie, comme dans les moteurs actuels.

La figure 14 représente la vue de face et la vue de dessus d'un **moteur à détente**

tricylindre avec deux pompes de récupération d'air, une transmission du couple moteur et un entraînement des pompes par un seul balancier et un vilebrequin à deux manetons du même côté.

Les pompes de suralimentation des cylindres moteurs n'alimentent qu'un seul moteur non couplé, elles interviennent donc pendant seulement deux temps sur quatre. Les pompes 5 de récupération (7a) et (7b) redeviennent à nouveau indispensable pour recueillir puis offrir l'air des cylindres à deux temps morts. Les cylindres moteurs, à savoir l'enflammeur (1), le post-enflammeur (2) et le détenteur (3) sont pratiquement alignés verticalement et inclinés alternativement d'un côté ou de l'autre suivant le sens de déplacement de leur piston; tan- 10 dis que les pompes de suralimentation sont situées à droite ou à gauche du cylindre qu'elle suralimentent suivant, là encore, le sens de déplacement de leur piston. Les pompes de récupération (7a) et (7b), doublées pour réduire l'encombrement, ont été logées dans l'espace vide à côté du détenteur (3) et du post-enflammeur (2).

La figure 15 représente la vue de face et la vue de dessus d'un **moteur à détente** 15 **tricylindre** avec deux pompes de récupération, un balancier "cylindre moteur" et un balancier "pompes" en mouvement contraire actionnant un vilebrequin usuel à quatre manetons.

La transmission du couple moteur s'opère, de façon symétrique, par le balancier triangulaire (25) au deuxième et troisième maneton du vilebrequin; le premier et le quatrième maneton actionnant, en mouvement inverse les deux pompes de suralimentation (4) et (5) 20 grâce au deuxième balancier concentrique (26) qui tente d'équilibrer les poids sur les manetons opposés du vilebrequin. Les cylindres moteurs: enflammeur (1), post-enflammeur (2) et détenteur (3) sont disposés en triangle avec le post-enflammeur au sommet; les pompes de suralimentation (4) et (5) au-dessus ou en-dessous des cylindres qu'elles suralimentent et les pompes de récupération (7a) et (7b) dans le vide à côté de l'enflammeur (1) et 25 autour du détenteur (3). Un tuyau de raccordement contournant le détenteur (3) permet à la pompe (5) de rejeter et de s'alimenter en air auprès de la pompe de récupération (7b). les paliers du pivot des balanciers ne sont pas dessinés, faute de place, parce que trop proche du vilebrequin.

La figure 16 représente la vue de face et la vue de dessus d'un **moteur couplant** 30 **deux moteurs à détente tricylindre** avec une transmission du couple moteur et un entraînement des pompes par un seul balancier, un vilebrequin à deux manetons du même côté, un détenteur commun aux deux tricylindres et des pompes de suralimentation des enflammeurs et des post-enflammeurs doublées.

Modèle à balancier unique avec transmission symétrique au vilebrequin à deux manetons du même côté. Puisqu'il s'agit d'un couplage de deux moteurs, ce modèle 35 présente les mêmes avantages que ceux des figures 12 et 13, à savoir:

-Un, voire parfois deux couplés moteurs par demi-tour.

-Pas de pompes de récupération puisque tous les cylindres interviennent durant les quatre temps.

-Le détenteur (3) est commun aux deux tricylindres couplés et reçoit alternativement les gaz de combustion de l'un puis de l'autre tricylindre.

5 La coupe AA montre la différence de niveau entre les articulations des bielles des pistons sur le balancier due à la nécessité d'incliner l'enflammeur (1-1) pour qu'il puisse toucher le post-enflammeur (2-1), afin que le canal de transfert entre les deux cylindres soit le plus court possible et de laisser suffisamment d'espace entre les cylindres pour assurer leur fixation par bague de serrage (54). Cette solution de fixation, représentée sur
10 les figures 4 et 5, ayant été abandonnée dans l'implantation des soupapes de la figure 6, pratiquement tous les cylindres des vues de dessus des figures 16 et 17 peuvent se toucher pour réduire l'encombrement du moteur. Ainsi le cylindre (1-1), gardant le contact avec le cylindre (4a), peut venir toucher les cylindres (2-1) et (5a). Les éléments des deux tricylindres se trouvent à l'opposé de chaque côté du détenteur (3) et de sa pompe de
15 prise d'air (6).

La figure 17 représente la vue de face et la vue de dessus d'un **moteur couplant deux moteurs à détente tricylindre** avec un balancier "cylindre moteur" et un balancier "pompes" en mouvement contraire actionnant un vilebrequin usuel à quatre manetons, une pompe de suralimentation de l'enflammeur et une pompe de prise d'air du détenteur doublée chacune.

20 Ce modèle présente les mêmes avantages que les moteurs couplés des figures 12, 13 et 16. Les deux balanciers assurent une transmission symétrique à un vilebrequin classique à quatre manetons. L'encombrement du moteur peut être réduit en rapprochant certains cylindres suivant la remarque de la figure précédente. Les balanciers se déplaçant en mouvement contraire, les pompes (4), (5) et (6) ont changées de côté tout en restant en
25 contact avec le cylindre qu'elles suralimentent en air et qui est resté en place. Pour cela, la pompe (5) est devenue commune aux deux post-enflammeurs (2-1) et (2-2) et a été permutée avec la pompe (6) qui se retrouve doublée. Les pompes (4a) et (4b) ont, quant à elles, pivotées autour des enflammeurs (1-1) et (1-2) pour venir se raccorder de l'autre côté du balancier (26).

30 Les moteurs écologiques et du développement durable proposés sont destinés au remplacement de tous les moteurs à détente monocylindre actuels dans le vaste champ d'application des machines mues par un moteur à combustion interne. Les moteurs bicylindres et tricylindres étant plutôt réservés aux petites puissances, les moteurs couplés bicylindres ou tricylindres aux moyennes et grandes puissances.

Cycle de fonctionnement du moteur bicylindre

Type de cylindre Temps du cycle	Enflammeur (1)	Détendeur (3)	Pompe de suralimentation de l'enflammeur (4)	Pompes de récupération (7a) et (7b)
1er temps	Suralimentation en air par la pompe de suralimentation de l'enflammeur (4)	Echappement	Suralimentation en air de l'enflammeur	Pistons à l'arrêt
2e temps	-Compression de l'air -Injection de gazole ou d'essence* à la fin du 2e temps	Prise d'air** à partir des pompes de récupération (7a) et (7b) puis par la soupape d'admission (51) lorsqu'elles sont vides***	Admission d'air à partir des pompes de récupération (7a) et (7b) puis par la soupape d'admission (51) lorsqu'elles sont vides***	Les pistons à tige libre des pompes de récupération (7a) et (7b) montent progressivement pour répondre aux besoins d'air du détendeur (3) et de la pompe (4) <i>§ production de dépression d'air</i>
3e temps	Explosion, détente Couple moteur créé par la force exercée sur le piston (8) de l'enflammeur	-Régulation de l'air (rejet ** d'une partie de l'air; ne conserve que l'air nécessaire à la poursuite de la combustion) -compression de l'air restant <i>§ production d'air comprimé</i>	Rejet de l'ensemble de l'air aspiré précédemment	Les pistons à tige libre des pompes de récupération (7a) et (7b) descendent progressivement pour récupérer l'air rejeté par la pompe (4) et par le détendeur (3) ****
4e temps	Transfert des gaz de combustion de l'enflammeur (1) vers le détendeur (3)	-Réception des gaz de combustion provenant de l'enflammeur (1) -Poursuite de la combustion Couple moteur produit par la force exercée sur le piston (10) du détendeur	Admission d'air à partir des pompes de récupération (7a) et (7b)	Les pistons à tige libre des pompes de récupération (7a) et (7b) montent progressivement pour répondre aux besoins d'air de la pompe (4)

* Injection directe indispensable en cas de température de fonctionnement élevée des cylindres pour éviter l'auto-allumage.

** Lorsqu'un cylindre quelconque ne remplit aucune fonction distincte durant un ou deux temps du cycle, la soupape d'admission ou de prise d'air est systématiquement ouverte afin de compenser avec de l'air les changements de volume dus aux déplacements de son piston pour ne pas le freiner ce qui nuirait au rendement du moteur.

*** Le volume total des pompes de récupération (7a) et (7b) doit au moins être égal à la somme du volume d'air rejeté par le détendeur (3) et du volume de la pompe (4).

**** Il faut s'assurer que les pompes de récupération (7a) et (7b) soit vidées de leur contenu d'air durant le 2e temps lors de la prise d'air du détendeur (3) et de l'admission de la pompe (4) afin d'être en mesure de récupérer l'air rejeté par ces mêmes éléments pendant le 3e temps. La soupape d'admission (51) des pompes de récupération ne doit être autorisée à s'ouvrir que si les pistons de celles-ci se trouvent en position haute.

Cycle de fonctionnement de 2 moteurs bicylindres couplés

Type de cylindre du cycle	Enflammeur du 1er bicylindre (1-1)	Enflammeur du 2e bicylindre (1-2)	Détendeur (3)	Pompes doublées de suralimentation des enflammeurs (4a) et (4b)	Pompe de prise d'air du détendeur (6)
1er temps	<p>Suralimentation en air par les pompes doublées de suralimentation des enflammeurs (4a) et (4b)</p>	<p>Explosion, détente</p> <p>Couple moteur créé par la force exercée sur le piston (8-2) de l'enflammeur (1-2)</p>	<p>-Echappement jusqu'à mi-course du piston (10)</p> <p>-réception d'air de la pompe de prise d'air du détendeur (6)</p> <p>-compression de l'air dans le détendeur par les pistons (10) du détendeur et (13) de la pompe (6)</p> <p>§ Production d'air comprimé à la fin du 1er temps</p>	<p>Suralimentation en air de l'enflammeur (1-1)</p>	<p>-Comprime l'air qu'elle contient dans le canal de transfert entre (6) et (3) en attendant la fin de l'échappement dans le détendeur (3)</p> <p>-alimentation en air du détendeur (3)</p>
2e temps	<p>-Compression de l'air</p> <p>-Injection directe de gazole ou d'essence* à la fin du 2e temps</p>	<p>Transfert des gaz de combustion de l'enflammeur (1-2) vers le détendeur (3)</p>	<p>-Réception des gaz de combustion de l'enflammeur (1-2)</p> <p>-poursuite de la combustion</p> <p>Couple moteur produit par la force exercée sur le piston (10) du détendeur (3)</p>	<p>Admission d'air</p>	<p>Admission d'air</p> <p>§ Production de pression d'air dans la tubulure d'admission</p>
3e temps	<p>Explosion, détente</p> <p>Couple moteur créé par la force exercée sur le piston (8-1) de l'enflammeur (1-1)</p>	<p>Suralimentation en air par les pompes doublées de suralimentation des enflammeurs (4a) et (4b)</p>	<p>-Echappement jusqu'à mi-course du piston (10)</p> <p>-réception d'air de la pompe de prise d'air du détendeur (6)</p> <p>-compression de l'air dans le détendeur par les pistons (10) du détendeur et (13) de la pompe (6)</p> <p>§ Production d'air comprimé à la fin du 3e temps</p>	<p>Suralimentation en air de l'enflammeur (1-2)</p>	<p>-Comprime l'air qu'elle contient dans le canal de transfert entre (6) et (3) en attendant la fin de l'échappement dans le détendeur (3)</p> <p>-alimentation en air du détendeur</p>
4e temps	<p>Transfert des gaz de combustion de l'enflammeur (1-1) vers le détendeur (3)</p>	<p>-Compression de l'air</p> <p>-Injection directe de gazole ou d'essence* à la fin du 2e temps</p>	<p>-Réception des gaz de combustion de l'enflammeur (1-1)</p> <p>-poursuite de la combustion</p> <p>Couple moteur produit par la force exercée sur le piston (10) du détendeur (3)</p>	<p>Admission d'air</p>	<p>Admission d'air</p> <p>§ Production de pression d'air dans la tubulure d'admission</p>

*Injection directe d'essence est indispensable en cas de température de fonctionnement élevée pour éviter l'auto-allumage.

Cycle de fonctionnement d'un moteur tricylindre

Type de cylindre Temps du cycle	Enflammeur (1)	Post-enflammeur (2)	Détendeur (3)
1er temps	Suralimentation en air par la pompe de suralimentation de l'enflammeur (4)	-Compression des gaz d'échappement de l'enflammeur (1) et de l'air aspiré lors du 4e temps -injection directe de gazole ou d'essence* à la fin du 1er temps	Prise d'air** provenant de la pompe de prise d'air du détendeur (6)
2e temps	-Compression de l'air -Injection directe de gazole ou d'essence* à la fin du 2e temps	Explosion, détente Couple moteur créé par la force exercée sur le piston (9) du post-enflammeur (2)	-Régulation de l'air (rejet** d'une partie de l'air; ne conserve que l'air nécessaire à la poursuite de la combustion) -Compression de l'air restant <i>§ production d'air comprimé</i>
3e temps	Explosion, détente Couple moteur créé par la force exercée sur le piston (8) de l'enflammeur (1)	Transfert des gaz de combustion du post-enflammeur (2) vers le détendeur (3)	-Réception des gaz de combustion transférés du post-enflammeur (2) -poursuite de la combustion Couple moteur produit par la force exercée sur le piston (10) du détendeur (3)
4e temps	Transfert des gaz de combustion de l'enflammeur (1) vers le post-enflammeur (2)	-Réception des gaz de combustion de l'enflammeur -A mi-course du piston (9) suralimentation du post-enflammeur (2) par la pompe de suralimentation du post-enflammeur (5)	Echappement

*Injection directe d'essence est indispensable en cas de température de fonctionnement élevée pour éviter l'auto-allumage.

** Lorsqu'un cylindre quelconque ne remplit aucune fonction distincte durant un ou deux temps du cycle, la soupape d'admission ou de prise d'air est systématiquement ouverte afin de compenser avec de l'air les changements de volume dus aux déplacements de son piston pour ne pas le freiner ce qui nuirait au rendement du moteur.

*** Le volume total des pompes de récupération (7a) et (7b) doit au moins être égal à la somme du volume d'air rejeté par le détendeur (3) et du volume de la pompe (5) moins celui de la pompe (4).

**** Il faut s'assurer que les pompes de récupération (7a) et (7b) soit vidées de leur contenu d'air durant le 2e temps lors de la prise d'air du détendeur (3) et de l'admission de la pompe (4) afin d'être en mesure de récupérer l'air rejeté par ces mêmes éléments pendant le 3e temps. La soupape d'admission (51) des pompes de récupération ne doit être autorisée à s'ouvrir que si les pistons de celles-ci se trouvent en position haute.

Cycle de fonctionnement d'un moteur tricylindre (suite)

Type de cylindre Temps du cycle	Pompe de suralimentation de l'enflammeur (4)	Pompe de suralimentation du post-enflammeur (5)	Pompes de récupération (7a) et (7b)
1er temps	Suralimentation en air de l'enflammeur (1)	Admission d'air** provenant des pompes de récupération (7a) et (7b) ou par la soupape d'admission (51) lorsqu'elles sont vides***	Les pistons à tige libre des pompes de récupération (7a) et (7b) montent progressivement pour répondre aux besoins d'air du détendeur (3) et de la pompe (5) <i>§ production de dépression d'air</i>
2e temps	Admission d'air provenant des pompes de récupération (7a) et (7b)	Rejet** de l'ensemble de l'air aspiré précédemment	Les pistons à tige libre des pompes de récupération (7a) et (7b) descendent progressivement pour récupérer l'air rejeté par la pompe (5) et par le détendeur (3) ****
3e temps	Rejet de l'ensemble de l'air aspiré précédemment et récupéré par (7a)	Admission d'air provenant des pompes de récupération (7a) et (7b)	Les pistons à tige libre des pompes de récupération (7a) et (7b) montent progressivement pour répondre aux besoins d'air de la pompe (5)
4e temps	Admission d'air provenant des pompes de récupération (7a) et (7b)	-Comprime l'air dans le canal de transfert entre (5) et (2) jusqu'à mi-course en attendant la fin du transfert des gaz de combustion de (1) vers (2) -Suralimentation en air du post-enflammeur (2) après la mi-course	Les pistons à tige libre des pompes de récupération (7a) et (7b) montent progressivement pour répondre aux besoins d'air de la pompe (4)

*Injection directe d'essence est indispensable en cas de température de fonctionnement élevée pour éviter l'auto-allumage.

** Lorsqu'un cylindre quelconque ne remplit aucune fonction distincte durant un ou deux temps du cycle, la soupape d'admission ou de prise d'air est systématiquement ouverte afin de compenser avec de l'air les changements de volume dus aux déplacements de son piston pour ne pas le freiner ce qui nuirait au rendement du moteur.

*** Le volume total des pompes de récupération (7a) et (7b) doit au moins être égal à la somme du volume d'air rejeté par le détendeur (3) et du volume de la pompe (5) moins celui de la pompe (4).

**** Il faut s'assurer que les pompes de récupération (7a) et (7b) soit vidées de leur contenu d'air durant le 2e temps lors de la prise d'air du détendeur (3) et de l'admission de la pompe (4) afin d'être en mesure de récupérer l'air rejeté par ces mêmes éléments pendant le 3e temps. La soupape d'admission (51) des pompes de récupération ne doit être autorisée à s'ouvrir que si les pistons de celles-ci se trouvent en position haute.

Cycle de fonctionnement de 2 moteurs tricylindres couplés

Type de cylindre Temps du cycle	Enflammeur du 1er tricylindre (1-1)	Enflammeur du 2e tricylindre (1-2)	Post-enflammeur du 1er tricylindre	Post-enflammeur du 2e tricylindre
1er temps	Suralimentation en air par les pompes doublées de suralimentation des enflammeurs (4a) et (4b)	Explosion, détente Couple moteur créé par la force exercée sur le piston (8-2) de l'enflammeur (1-2)	-Compression des gaz de combustion de l'enflammeur (1-1) et de l'air aspiré lors du 4e temps -Injection directe de gazole ou d'essence* à la fin du 1er temps	Transfert des gaz de combustion du post-enflammeur (2-2) vers le détenteur (3)
2e temps	-Compression de l' air -Injection directe de gazole ou d'essence* à la fin du 2e temps	Transfert des gaz de combustion de l'enflammeur (1-2) vers le post-enflammeur (2-2)	Explosion, détente Couple moteur créé par la force exercée sur le piston (9-1) du post-enflammeur (1-1)	-Réception des gaz de combustion de l'enflammeur (1-2) couple moteur sur le piston (9-2) -A mi-course du piston (9-2) suralimentation du post-enflammeur (2-2) par les pompes de suralimentation des post-enflammeurs (5a) et (5b)
3e temps	Explosion, détente Couple moteur créé par la force exercée sur le piston (8-1) de l'enflammeur (1-1)	Suralimentation en air par les pompes doublées de suralimentation des enflammeurs (4a) et (4b)	Transfert des gaz de combustion du post-enflammeur (2-1) vers le détenteur (3)	-Compression des gaz de combustion de l'enflammeur (1-2) et de l'air aspiré lors du 2e temps -Injection directe de gazole ou d'essence* à la fin du 1er temps
4e temps	Transfert des gaz de combustion de l'enflammeur (1-1) vers le post-enflammeur (2-1)	-Compression de l' air -Injection directe de gazole ou d'essence* à la fin du 2e temps	-Réception des gaz de combustion de l'enflammeur (1-1) couple moteur sur le piston (9-1) -A mi-course du piston (9-1) suralimentation du post-enflammeur (2-1) par les pompes de suralimentation des post-enflammeurs (5a) et (5b)	Explosion, détente Couple moteur créé par la force exercée sur le piston (9-2) du post-enflammeur (1-2)

*Injection directe d'essence est indispensable en cas de température de fonctionnement élevée pour éviter l'auto-allumage.

Cycle de fonctionnement de 2 moteurs tricylindres couplés (suite)

Type de cylindre	Détendeur (3)	Pompes de sur-alimentation des enflammeurs (4a) et (4b)	Pompes de suralimentation des post-enflammeurs (5) ou (5a) et (5b)	Pompes de prise d'air du détendeur (6) ou (6a) et (6b)
1er temps	-Réception des gaz de combustion du post-enflammeur (2-2) -Poursuite de la combustion Couple moteur produit par la force exercée sur le piston (10) du détendeur (3)	Suralimentation en air de l'enflammeur (1-1)	Admission d'air <i>§ Production de dépression d'air dans la tubulure d'admission</i>	Admission d'air <i>§ Production de dépression d'air dans la tubulure d'admission</i>
2e temps	-Echappement jusqu'à mi-course du piston (10) -Réception d'air de la pompe(s) de prise d'air du détendeur (6) ou (6a) et (6b) -compression de l'air dans le détendeur par les pistons (10) du détendeur et (13) de la pompe(s) (6)	Admission d'air	Compression de l'air dans le canal de transfert entre (5) et (2-2) jusqu'à mi-course du piston -suralimentation en air du post-enflammeur (2-2) <i>§ Production d'air comprimé à la fin du 2e temps</i>	Compression de l'air dans le canal de transfert entre (6) et (3) jusqu'à mi-course du piston -suralimentation en air du détendeur (3) <i>§ Production d'air comprimé à la fin du 2e temps</i>
3e temps	-Réception des gaz de combustion du post-enflammeur (2-1) -Poursuite de la combustion Couple moteur produit par la force exercée sur le piston (10) du détendeur (3)	Suralimentation en air de l'enflammeur (1-2)	Admission d'air <i>§ Production de dépression d'air dans la tubulure d'admission</i>	Admission d'air <i>§ Production de dépression d'air dans la tubulure d'admission</i>
4e temps	-Echappement jusqu'à mi-course du piston (10) -Réception d'air de la pompe(s) de prise d'air du détendeur (6) ou (6a) et (6b) -compression de l'air dans le détendeur par les pistons (10) du détendeur et (13) de la pompe(s) (6)	Admission d'air	Compression de l'air dans le canal de transfert entre (5) et (2-1) jusqu'à mi-course du piston -suralimentation en air du post-enflammeur (2-1) <i>§ Production d'air comprimé à la fin du 4e temps</i>	Compression de l'air dans le canal de transfert entre (6) et (3) jusqu'à mi-course du piston -suralimentation en air du détendeur (3) <i>§ Production d'air comprimé à la fin du 4e temps</i>

Nomenclature des pièces

Repères	Désignation	Fonction
1	Cylindre enflammeur	
1-1	Cylindre enflammeur du 1er moteur couplé bi ou tricylindre	
1-2	Cylindre enflammeur du 2e moteur couplé bi ou tricylindre	
2	Cylindre post-enflammeur	
2-1	Cylindre post-enflammeur du 1er moteur couplé bi ou tricylindre	
2-2	Cylindre post-enflammeur du 2e moteur couplé bi ou tricylindre	
3	Cylindre détenteur	
4	Cylindre de la pompe de suralimentation de l'enflammeur	Assure la suralimentation en air de l'enflammeur
4a	Premier cylindre de la pompe de suralimentation doublée de l'enflammeur	
4b	Deuxième cylindre de la pompe de suralimentation doublée de l'enflammeur	
5	Cylindre de la pompe de suralimentation du post-enflammeur	Assure la suralimentation en air du post-enflammeur
5a	Premier cylindre de la pompe de suralimentation doublée du post-enflammeur	
5b	Deuxième cylindre de la pompe de suralimentation doublée du post-enflammeur	
6	Cylindre de la pompe de prise d'air du détenteur	Réalise une injection d'air dans le détenteur à la fin de l'échappement. Cet air est destiné à la poursuite de la combustion dans le détenteur
6a	Premier cylindre de la pompe de prise d'air doublée du détenteur	
6b	Deuxième cylindre de la pompe de prise d'air doublée du détenteur	
7	Cylindre de la pompe de récupération	Récupère l'air non utilisé rejeté par le détenteur ou les pompes et aspiré précédemment pour ne pas freiner les déplacements de leur piston pendant les deux temps morts où ils ne sont pas utilisés dans le cas du moteur bicylindre et du moteur tricylindre uniquement
7a	Cylindre de la première pompe de récupération d'air	
7b	Cylindre de la deuxième pompe de récupération d'air	
8	Piston enflammeur	
8-1	Piston enflammeur du 1er moteur couplé bi ou tricylindre	
8-2	Piston enflammeur du 2e moteur couplé bi ou tricylindre	
9	Piston post-enflammeur	
9-1	Piston post-enflammeur du 1er moteur couplé bi ou tricylindre	
9-2	Piston post-enflammeur du 2e moteur couplé bi ou tricylindre	
10	Piston détenteur	
11	Piston de la pompe de suralimentation de l'enflammeur	
11a	Piston de la première pompe de suralimen-	

Nomenclature des pièces

Repère	Désignation	Fonction
	tation doublée de l'enflammeur	
11b	Piston de la deuxième pompe de suralimentation doublée de l'enflammeur	
12	Piston de la pompe de suralimentation du post-enflammeur	
12a	Piston de la première pompe de suralimentation doublée du post-enflammeur	
12b	Piston de la deuxième pompe de suralimentation doublée du post-enflammeur	
13	Piston de la pompe de prise d'air du détenteur	
13a	Piston de la première pompe de prise d'air doublée du détenteur	
13b	Piston de la deuxième pompe de prise d'air doublée du détenteur	
14	Piston à tige libre de la pompe de récupération d'air	
14a	Piston à tige libre de la première pompe de récupération d'air	
14b	Piston à tige libre de la deuxième pompe de récupération d'air	
15	Bielle enflammeur	
15-1	Bielle enflammeur du 1er moteur couplé bi ou tricylindre	
15-2	Bielle enflammeur du 2e moteur couplé bi ou tricylindre	
16	Bielle post-enflammeur	
16-1	Bielle post-enflammeur du 1er moteur couplé bi ou tricylindre	
16-2	Bielle post-enflammeur du 2e moteur couplé bi ou tricylindre	
17	Bielle détenteur	
18	Bielle de la pompe de suralimentation de l'enflammeur	
18a	Bielle de la première pompe de suralimentation doublée de l'enflammeur	
18b	Bielle de la deuxième pompe de suralimentation doublée de l'enflammeur	
19	Bielle de la pompe de suralimentation du post-enflammeur	
19a	Bielle de la première pompe de suralimentation doublée du post-enflammeur	
19b	Bielle de la deuxième pompe de suralimentation doublée du post-enflammeur	
20	Bielle de la pompe de prise d'air du détenteur	
20a	Bielle de la première pompe de prise d'air doublée du détenteur	
20b	Bielle de la deuxième pompe de prise d'air doublée du détenteur	
21	Tuyau de raccordement entre les pompes de récupération	Permet de récupérer un volume d'air égal au volume des pompes de récupération
22	Tuyau de raccordement entre les pompes doublées de suralimentation ou de prise d'	Permet d'additionner le taux de compression des deux pompes doublées reliées par le tuyau pour

Nomenclature des pièces

Repère	Désignation	Fonction
	air	suralimenter successivement un cylindre moteur du 1er ou du 2e bi ou tricylindre
23	Tuyau de raccordement entre une ou les pompes doublées de suralimentation ou de prise d'air et les pompes de récupération	Autorise la circulation de l'air dans les deux sens à travers le tuyau suivant qu'il y a rejet ou admission
23	Tuyau de raccordement entre une ou les pompes doublées de suralimentation ou de prise d'air et les pompes de récupération	Autorise la circulation de l'air dans les deux sens à travers le tuyau suivant qu'il y a rejet ou admission
24	Tuyau de raccordement entre un cylindre moteur (enflammeur, post-enflammeur ou détenteur) et les pompes de récupération	
25	Balancier des cylindres moteur	Transmet le couple moteur au vilebrequin sans les vibrations qui seraient créées par le poids différent des pistons et par les forces antagonistes exercées sur les pistons des deux cylindres en transfert
26	Balancier des pompes de suralimentation ou de prise d'air	Assure l'entraînement des pompes en mouvement contraire par rapport aux déplacements des pistons des cylindres moteur
27	Balancier commun aux cylindres moteur et aux pompes de suralimentation ou de prise d'air	Entraine l'ensemble des pistons cylindres moteur et pompes et transmet le couple moteur sans vibrations au vilebrequin
28	Bielle vilebrequin	
29	Vilebrequin	
30	Manetons du vilebrequin du même côté	
31	Manetons du vilebrequin opposés	
32	Pignon huileurs par projection	Assure la lubrification des segments, cylindres et articulations et le refroidissement de l'ensemble des éléments du moteur
33	Poulies d'entraînement des pignons huileurs	
34	Courroies (non croisées ou croisées suivant sens de rotation désiré) d'entraînement des pignons huileurs	
35	Articulation fixe	
36	Carter d'huile	
37	Bougie d'allumage ou injecteur	
38	Soupape d'admission de l'enflammeur	
39	Soupape d'admission du post-enflammeur	
40	Soupape de prise d'air du détenteur	
41	Soupape de transfert enflammeur-détendeur	
42	Soupape de transfert enflammeur-post-enflammeur	
43	Soupape de transfert post-enflammeur-détendeur	
44	Soupape d'échappement du détenteur	
45	Vérin de soupape	
46	Distributeur de pilotage du vérin	
47	Raccord par clavetage de la tige du vérin à la tige de la soupape	
48	Réservoir de stockage de l'air comprimé	
49	Réservoir de stockage de la dépression d'air	
50	Soupape d'admission d'air de la pompe de suralimentation de l'enflammeur	
51	Soupape d'admission d'air automatique des	Le dessin de la figure 7 représente cette soupape

Nomenclature des pièces

Repère	Désignation	Fonction
	pompes de récupération (7a) et (7b)	avec sa tringlerie de déverrouillage
52	Soupape d'admission d'air de la pompe de suralimentation du post-enflammeur	
53	Soupape anti-retour des gaz du post-enflammeur vers l'enflammeur	
54	Bague ou bride de serrage avec taraudages des cylindres sur la culasse	
55	Soupape d'admission d'air de la pompe de démarrage	
61	Bielle de la pompe de récupération (7a)	
62	Bielle de la pompe de récupération (7b)	
63	Levier de transmission du mouvement	
64	Biellette de commande	
65	Levier de commande	
66	Levier support du levier cliquet	
67	Levier cliquet	
68	Ressort de rappel	
70	Pompe de démarrage de suralimentation de l'enflammeur	Assure un taux de compression de l'air dans l'enflammeur semblable à celui du moteur chaud lors du démarrage à froid
71	Bielle brisée d'entraînement du piston de la pompe de démarrage	Permet la transmission du mouvement alternatif du balancier au piston de la pompe de démarrage lors qu'elle est déployée, et d'obtenir l'arrêt du même piston lorsqu'elle plie et déplie avec les mouvements alternatifs du balancier
72	Levier de verrouillage du levier de découplage de la pompe de démarrage	Commande le mouvement alternatif du piston de la pompe de démarrage s'il est verrouillé, et l'arrêt du même piston s'il est déverrouillé
73	Electroaimant de commande du découplage de la pompe de démarrage	Assure le verrouillage du levier (72) si elle est hors tension, et son déverrouillage si elle est alimentée
74	Levier de découplage de la pompe de démarrage	Permet l'entraînement du piston de la pompe s'il est verrouillé, l'arrêt de celui-ci s'il est déverrouillé
75	Bielle de maintien en position déployée de la bielle brisée	Transmet le mouvement bielle brisée déployée ou l'autorise à se plier
80	Vérin hydraulique d'aspiration du carburant	Aspire le carburant contenu dans la canalisation d'alimentation du moteur
81	Piston du vérin hydraulique	
82	Ressort de rappel du piston	
83	Crémaillère de maintien en position "rentrée" progressive de la tige du vérin	Maintient les reculs successifs de la tige du vérin obtenus par les manœuvres du levier manuel (86) de commande de l'enclenchement du système
84	Butée de déverrouillage de la tige du vérin	Libère la tige du vérin qui peut sortir
85	Levier de déverrouillage du vérin	
86	Levier manuel de commande de l'enclenchement du système	Remise en état d'alimentation en carburant du moteur après un déclenchement du système anti-incendie
87	Crémaillère de point d'appui du levier manuel de commande de l'enclenchement du système	Sert de point d'appui au levier manuel (86)
88	Ressort de rappel commun au deux crémaillères	Autorise un déplacement des crémaillères provoqué par les manœuvres du levier manuel de commande (86)
89	Bielle brisée de commande du levier de	Commande sans effort de l'enclenchement ou du

Nomenclature des pièces

Repère	Désignation	Fonction
	déverrouillage du vérin	déclenchement du système
90	Electroaimant de déverrouillage du vérin	Assure le déverrouillage du système en cas de détection de début d'incendie
91	Levier de déverrouillage de la bielle brisée	Maintien de la position tige rentrée du vérin
92	Masselotte sensible à un choc violent	Déclenchement du système anti-incendie à la suite d'un choc
93	Ressort de rappel du levier de déverrouillage de la bielle brisée	Maintien de la position déployée de la bielle brisée et autorise l'arrivée automatique dans cette position
94	Support du vérin anti-incendie	Supporte l'ensemble des pièces du dispositif
95	Ressort de rappel de mise en position déverrouillage du vérin	Elément moteur de déclenchement anti-incendie du système
96	Tuyau de sortie de carburant du réservoir	
97	Obturateur d'arrivée de carburant	
98	Canalisation d'alimentation en carburant du moteur	
99	Levier d'enclenchement du système	Met la crémaillère (83) en position de maintien de la tige du vérin
100	Poignée d'enclenchement du système	

REVENDICATIONS

1) **Moteur à combustion interne écologique et du développement durable** proposant plusieurs procédés destinés à obtenir la combustion la plus complète et la moins polluante possible, et à améliorer le rendement en s'attaquant à plusieurs foyers de pertes des moteurs à combustion interne actuels, voire, si on le souhaite et grâce aux matériaux de meilleur qualité utilisés, le moteur du développement durable, robuste, inusable, réparable, non jetable et recyclable qu'en dernier ressort pour cause de pertes d'énergie, caractérisé en ce qu'il utilise :

-le transfert des gaz de combustion entre deux ou trois cylindres de diamètre croissant appelé « détente multicylindre » dans l'invention, déjà proposé par d'anciens brevets ;

-la transmission antivibratoire du couple moteur par balancier rendant possible l'application de la détente multicylindre par absorption des vibrations infligées au vilebrequin et générées par le transfert des gaz de combustion entre deux cylindres voisins avec pistons en mouvement contraire et par le diamètre et donc le poids différent des pistons ;

-la transformation en énergie mécanique d'une grande partie de la chaleur produite par le fonctionnement du moteur en associant la détente multicylindre à une température de fonctionnement plus élevée du moteur grâce à la suppression du liquide de refroidissement suivant le conseil éclairé d'ADAMS, permettant conjointement de faire l'économie de l'énergie de sa mise en circulation par la pompe à eau et de diminuer l'effort de compression de l'air ;

-la commande des soupapes par vérins exploitant simultanément deux sources d'énergie produites par le fonctionnement du moteur et permettant la suppression des pertes par frottement dans les engrenages, cames, linguets ou culbuteurs ;

-des pompes de suralimentation des cylindres moteurs en remplacement du turbo de suralimentation inutilisable parce qu'une grande partie de l'énergie dans les gaz d'échappement a été transformée en énergie mécanique par la détente multicylindre et est devenue insuffisante pour faire tourner le turbo.

-un injecteur direct de carburant équipé d'une aiguille d'injection rétractable pour permettre son refroidissement.

-un vérin anti-incendie pour cause de température élevée, aspirant le carburant dans les canalisations d'alimentation du moteur et obturant la sortie de carburant du réservoir en cas de chocs ou de début d'incendie à proximité du moteur.

2) Moteur à combustion interne écologique et du développement durable

5 selon la revendication 1 caractérisé en ce que :

-les deux pistons en mouvement contraire, soumis aux forces de pression des gaz de combustion de leur cylindre en transfert et directement reliés, par leur bielle respective, à deux manetons opposés du vilebrequin, lui font subir deux couples antagonistes durant le transfert entraînant, à vitesse élevée, des vibrations nuisibles à lesquelles s'ajoutent les
10 vibrations créées par le poids différent proportionnel au diamètre des pistons qui interdisent l'utilisation de la détente multicylindre, sauf à intercaler un balancier monté entre les bielles des pistons et du vilebrequin et constitué, à la manière d'une balançoire, d'un pivot central au milieu de deux ou de plusieurs bras, centrés sur l'axe des pistons des cylindres, aux extrémités desquels viennent s'articuler les bielles des pistons, d'un
15 côté ou de l'autre, suivant leur sens de déplacement ;

-le balancier, formant une pièce unique indéformable entraînant deux manetons symétriques du vilebrequin, transmet le couple de manière plus avantageuse, car générant moins de vibrations autres que celle dues au transfert et aux poids différents des pistons, et est très différente des transmissions « piston unique par maneton » des moteurs actuels ;
20 parce qu'il est difficile de prévoir, sans l'avoir étudiée, laquelle des deux transmissions suivantes est la plus intéressante, chaque type de moteur est présenté en deux versions différentes :

- par balancier unique entraînant à la fois les pistons des cylindres moteurs (1), (2) et (3) et les pompes (4), (5) et (6) et raccordé par des bielles à deux manetons du
25 même côté du vilebrequin comme sur les figures 10, 12, 14 et 16 ;
- par deux balanciers en mouvement contraire, l'un entraînant le piston des cylindres moteurs (1), (2) et (3), l'autre celui des pompes (4), (5) et (6), raccordés à deux manetons diamétralement opposés du vilebrequin ou à quatre manetons symétriques et diamétralement opposés deux par deux comme le vilebrequin usuel d'un moteur
30 quatre cylindre actuel, afin d'équilibrer le poids sur les manetons comme sur les figures 11, 13, 15 et 17.

-le balancier est composé d'un assemblage de pièces planes pliées, nervurées ou recourbées aux extrémités pour augmenter leur rigidité, obtenues par moulage en matériaux composites ultralégers résistants à la température élevée du moteur, disposées
35 verticalement pour permettre le passage entre les structures des projections d'huile des pignons huileurs (32) et assemblés lors d'une deuxième opération de fabrication à l'aide

de renforts fibreux et de résine à travers des trous obtenus pendant le moulage, coïncidant entre les deux pièces au niveau des assemblages.

5 **3) Moteur à combustion interne écologique et du développement durable** selon la revendication 1 caractérisé en ce que la température élevée de fonctionnement sera choisie en fonction des métaux utilisés, de qualité tribologique supérieure et plus réfractaire, plus chers mais inusable, ainsi que de la température maximale supportée par le lubrifiant, liquide ou sous forme de vapeurs, assurant l'étanchéité.

10 **4) Moteur à combustion interne écologique et du développement durable** selon la revendication 1 caractérisé en ce que chaque soupape du moteur est actionnée par un vérin double effet, piloté par un distributeur 4/2 monostable à commande électromagnétique, commandé par des détecteurs de position du vilebrequin et un diviseur électronique d'impulsion d'adaptation au cycle sur deux tours, utilisant simultanément comme énergie de commande :

15 -la dépression d'air, stockée dans un réservoir de dépression d'air, produite dans la tubulure d'admission après le filtre à air à un moment donné du cycle, par l'admission d'air du détendeur (3) et des pompes de suralimentation (4), (5) ou (6), et injectée dans la chambre du vérin vers laquelle se déplace son piston ;

20 -l'air comprimé, stocké dans un réservoir d'air comprimé, produit à un moment donné du cycle, par la compression d'air dans le détendeur (3), et introduit dans la chambre opposée au sens de déplacement du piston du même vérin, ce qui présente deux avantages :

- la force créée par la dépression d'air d'un côté du piston du vérin s'ajoute à celle engendrée par l'air comprimé de l'autre côté du piston permettant de réduire le diamètre du vérin,
- 25 • l'air comprimé, avec les éventuels résidus de brouillard d'huile de lubrification des joints de vérins et de distributeur, sont récupérés par la dépression d'air lors du mouvement contraire du vérin et finiront par être aspirés par la dépression d'air régnant dans la tubulure d'admission pour être brûlés dans les cylindres moteurs empêchant toute pollution.

30 **5) Moteur à combustion interne écologique et du développement durable** selon la revendication 1 caractérisé en ce que :

-une pompe à piston, parfois doublée pour réduire encombrement, répartir l'effort sur le balancier ou suralimenter des cylindres moteurs opposés de moteurs couplés, mue par le balancier et se déplaçant en mouvement contraire par rapport à celui du cylindre 35 moteur (1), (2) ou (3) qu'elle suralimente en air, remplace le turbo inutilisable pour cause de pression des gaz d'échappement insuffisante à cause de la détente multicylindre,

-une ou deux pompes de démarrage, suivant que le moteur est bicylindre ou tricylindre, communiquant avec le canal de transfert entre chaque cylindre moteur (1) et (2) créant une combustion et sa pompe de suralimentation respective (3) ou (4), augmente le volume d'air de suralimentation de ces mêmes cylindres afin de palier au déficit de compression dû au cylindre froid lorsque, au démarrage, l'air n'est pas chauffé par les parois très chaudes des cylindres et pistons moteurs.

-dans le but de réaliser des économies d'énergie, la pompe de démarrage (70) est entraîné par le balancier (25) ou (26) par l'intermédiaire d'une bielle brisée (71) composée de deux demi-bielles articulées au milieu, lequel est raccordé par une bielle à un levier de commande (75) verrouillé par la palette d'un électroaimant (73) pendant quelques minutes après le démarrage ou par capteur aussi longtemps que la température du moteur reste insuffisante, maintient déployée la bielle brisée (71) pour que le mouvement alternatif soit transmis au piston de la pompe, et que le même levier de commande (75) déverrouillé lorsque la température du moteur devient suffisante, autorise à plier et déplier au rythme du mouvement du balancier ; dans ce cas, le piston de la pompe, plus lourd que la bielle brisée et son levier de commande, reste à l'arrêt.

6) Moteur à combustion interne écologique et du développement durable selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'injecteur direct d'essence ou de gazole, adapté à la température élevée du moteur, comporte une aiguille d'injection montée à l'intérieur d'un support en forme de tube se déplaçant en translation à l'intérieur d'un petit cylindre creux débouchant à l'intérieur du cylindre moteur (1) ou (2), avec des segments assurant l'étanchéité et lubrifié par les vapeurs d'huile régnant dans le carter entourant l'ensemble des partis du moteur, canaux de transfert compris ; un obturateur, monté sur l'extrémité côté cylindre moteur du tube, bouche l'orifice d'injection dans le cylindre lorsque l'aiguille est rétractée et ne s'ouvre qu'au moment de l'injection à travers une ouverture dans le tube située derrière l'obturateur ; l'avance et le recul de l'aiguille et de son support étant commandés par un vérin identique à celui des soupapes et piloté par des capteurs de position du vilebrequin ; la recharge en carburant sous pression a lieu lors du retrait de l'ensemble mobile.

7) Moteur à combustion interne écologique et du développement durable à détente bicylindre selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il applique le principe de récupération de l'énergie mécanique par transfert proposé par OTTO, mais en quatre temps et en présence d'air pour parfaire la combustion, avec température de fonctionnement du moteur élevée conseillée par ADAMS, comportant un cylindre quatre temps appelé enflammeur (1) équipé d'un injecteur de carburant et d'une soupape doublée d'admission, dont l'orifice d'échappement, obturé par une soupape

doublée de transfert, est raccordé à un deuxième cylindre de plus grand diamètre d'environ 1,5 fois le diamètre de l'enflammeur, dont le mouvement du piston est inversé, pourvu d'une soupape doublée de prise d'air et d'échappement et contenant de l'air comprimé au moment du transfert des gaz de combustion de l'enflammeur (1) vers le
5 détenteur (3), afin de compléter la combustion des imbrûlés et de transformer le monoxyde de carbone en CO₂ créant de la chaleur, qui ajoutée à celle conservée par la structure à température élevée, produit une détente renforcée, dont le piston du détenteur récupère l'énergie mécanique.

8) Moteur à combustion interne écologique et du développement durable à
10 **détente bicylindre**, présenté en application industrielle par les figures 10 et 11, selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que :

-Le cycle de fonctionnement se déroule en quatre temps pendant lequel et dans l'ordre croissant des temps :

- l'enflammeur (1) est suralimenté en air par la pompe (4), puis le comprime, crée
15 la combustion après l'injection de carburant et la détente qui engendre le couple durant le troisième temps puis le transfert vers le détenteur (3) ;
- le détenteur (3) se trouve en phase d'échappement, puis en prise d'air ; il rejette ensuite la partie d'air non nécessaire à la poursuite de la combustion durant le troisième temps puis réceptionne les gaz de combustion provenant de l'enflammeur
20 créant un couple par l'intermédiaire de son piston (10) du fait de son plus grand diamètre ;
- la pompe (4) suralimente l'enflammeur (1) durant le premier temps avec l'air qu'il a aspiré durant le quatrième temps du cycle précédent et n'a aucune fonction à remplir pendant le deuxième et le troisième temps durant lesquels il y
25 a échange d'air avec les pompes de récupération (7a) et (7b) à travers la soupape d'admission (50) de la pompe (4) maintenue ouverte ;
- les pistons à tige libre des pompes de récupération (7a) et (7b) sont à l'arrêt durant le premier temps, puis remontent progressivement pour alimenter en air le détenteur (3) et la pompe (4), la soupape d'admission d'air automatique (51) ne
30 s'ouvrant grâce à sa tringlerie de déverrouillage (fig. 7) ou par capteurs de détection en position haute des pistons, que si les pistons des deux pompes (7a) et (7b) sont en position haute pour s'assurer qu'elles soient bien vides afin de conserver le même volume de récupération des rejets d'air des cylindres (3) et (4) durant le troisième temps ; elles descendent ensuite progressivement pour récupérer
35 l'ensemble de l'air aspiré précédemment rejeté par la pompe (4) et la partie de l'air rejeté et non utile à la poursuite de combustion dans le détenteur (3),

36

L'existence des pompes de récupération (7a) et (7b), doublées et de diamètre inégaux pour réduire l'encombrement du moteur, est justifié par le fait que les déplacements des pistons des cylindres (3) et (4) seraient considérablement freinés, et le rendement du moteur notablement affecté, si les variations de volume n'étaient pas compensées par des aspirations et des rejets d'air filtré à travers leur soupape d'admission ou de prise d'air maintenue ouverte.

9) **Moteur à combustion interne écologique et du développement durable couplant deux moteurs à détente bicylindre**, présenté en application industrielle par les figures 12 et 13, selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que :

-ce moteur présente trois avantages :

1°) il produit un couple moteur à chaque demi-tour de l'arbre moteur comme dans un moteur quatre temps, quatre cylindres actuel :

- dans l'enflammeur (1.2) lors du premier temps,
- dans le détenteur (3) lors du deuxième temps,
- dans l'enflammeur (1.1) lors du troisième temps,
- dans le détenteur (3) lors du quatrième temps,

grâce au décalage de un tour du cycle de fonctionnement des enflammeurs (1.1) et (1.2) ;

2°) les pompes de suralimentation ou de prise d'air aspirent l'air puis suralimentent un cylindre moteur du premier bicylindre, elles renouvellent ensuite ces mêmes opérations pour suralimenter un cylindre moteur du deuxième bicylindre, etc...,il n'y a plus de temps morts, les pompes de récupération peuvent être supprimées ;

3°) le détenteur (3) reçoit et traite successivement les gaz de combustion de l'un puis de l'autre bicylindre ; un seul suffit donc ;

-le cycle de fonctionnement se déroule en quatre temps pendant lesquels et dans l'ordre croissant des temps sauf indications contraires :

- l'enflammeur (1.1) est suralimenté en air par les pompes (4a) et (4b) dont les diamètres ont été augmentés pour compenser le volume du canal de liaison contournant le détenteur (3) et reliant les deux pompes (figure 12) ou par la pompes (4) (figure 13) puis comprime l'air emmagasiné, crée la combustion et la détente engendrant le couple lors du troisième temps puis transfère les gaz vers le détenteur (3) ;
- le détenteur (3) se trouve en phase échappement jusqu'à mi-course du piston, réceptionne l'air partiellement comprimé par la pompe de prise d'air (6) (fig. 12), ou (6a) et (6b) (fig.13) pendant la deuxième moitié du premier temps, puis reçoit les gaz de transfert de l'enflammeur (1.2) qui créent un couple sur le piston (10) du détenteur de plus grand diamètre ; il répète ensuite les mêmes opérations

évacuant les gaz d'échappement durant la première moitié du troisième temps puis en recevant l'air de la pompe (6) (fig. 12), ou des pompes (6a) ou (6b) (fig. 13), qu'ils compriment ensemble et crée un nouveau couple lorsque les gaz transférés de l'autre enflammeur (1.1) lui parviennent au cours du quatrième temps ;

- 5 • les ou la pompe de suralimentation des enflammeurs (4a) ou (4b) (fig. 12), doublées et reliées par un canal de liaison contournant le détendeur (3), ou (4) (fig. 13) suralimente alternativement l'enflammeur (1.1) durant le premier temps et l'enflammeur (1.2) pendant le troisième temps et est en admission d'air au cours du deuxième et du quatrième temps ;
- 10 • les ou la pompe de prise d'air du détendeur (6) (fig.12) ou (6a) et (6b), doublées pour une utilisation judicieuse de l'espace et une meilleure répartition de l'effort sur le balancier, alimente en air partiellement comprimé le détendeur qu'ils continuent de comprimer ensemble durant la deuxième moitié du premier temps et du troisième temps et aspire l'air pendant le deuxième et le quatrième temps .

15 **10) Moteur à combustion interne écologique et du développement durable à détente tricylindre**, selon l'une quelconque des revendications de 1 à 6 caractérisé en ce qu'il utilise la température de fonctionnement élevée et applique le cycle ADAMS durant le transfert entre le premier et le deuxième cylindre permettant d'optimiser la combustion et de diminuer les polluants comme le monoxyde de carbone et les oxydes d'azote par le

20 choix de la richesse des mélanges dans les cylindres (1) et (2) produisant deux combustions successives, et avec récupération de l'énergie mécanique par transfert proposée par OTTO mais avec air et en quatre temps lors d'un deuxième transfert entre le deuxième et le troisième cylindre, constitué d'un moteur bicylindre équipé des mêmes accessoires mais dont le deuxième cylindre est appelé post-enflammeur (2), qui possède

25 en plus un injecteur produisant une deuxième combustion avec les gaz d'échappement de l'enflammeur (1) mélangés à de l'air, comprimés et injectés d'une faible quantité de carburant, et dont la soupape doublée d'échappement qui devient soupape doublée de transfert post-enflammeur-détendeur est raccordé à un troisième cylindre appelé détendeur

30 (3), de diamètre en progression de raison constante, muni de soupapes doublées d'échappement et de prise d'air ; les détentes engendrées par les deux combustions successives et la détente partielle de transfert dans les deux premiers cylindres, ainsi que le transfert vers le troisième cylindre, créent trois couples sur trois demi-tours et un couple partiel.

35 **11) Moteur à combustion interne écologique et du développement durable à détente tricylindre**, présenté en application industrielle par les figures 14 et 15, selon l'une quelconque des revendications de 1 à 6 ou la revendication 10 caractérisé en ce que :

38

-le moteur n'étant pas couplé, le détenteur (3) et les pompes (4) et (5) fonctionnent deux temps sur quatre, d'où nécessité d'installer une ou deux pompes de récupération (7a) et (7b) ;

5 -le cycle de fonctionnement des moteurs se déroule en quatre temps, du premier au quatrième temps pendant lesquels :

- l'enflammeur (1) est suralimenté par la pompe (4) en air qui se trouve ensuite comprimé, injecté, crée la combustion, la détente et le couple moteur puis le transfert des gaz vers le post-enflammeur ;
- 10 • le post-enflammeur (2) comprime les gaz qu'il contient et qu'il injecte créant une détente et un couple moteur puis évacue les gaz de combustion en les transférant vers le détenteur (3) avant de recevoir les gaz de la première combustion dans l'enflammeur jusqu'à mi-course puis d'être suralimenté par la pompe (5) durant le quatrième temps ;
- 15 • le détenteur (3) se trouve d'abord en phase prise d'air sans pompe (6) dont il rejette une partie lors du deuxième temps avant de comprimer l'air restant ; il réceptionne ensuite les gaz de combustion en détente du post-enflammeur (2) créant un couple moteur avant d'évacuer les gaz à travers la tubulure d'échappement ;
- la pompe de suralimentation de l'enflammeur (4) suralimente l'enflammeur, aspire puis rejette l'ensemble de l'air durant le troisième temps, puis aspire à nouveau ;
- 20 • la pompe de suralimentation du post-enflammeur (5) aspire puis rejette la totalité de l'air avant d'aspirer à nouveau pour suralimenter le post-enflammeur (2) lors du quatrième temps ;
- les pompes de récupération (7a) et (7b) alimentent en air (3) et (5) puis récupèrent l'air rejeté par ces mêmes cylindres tout en alimentant (4) ; c'est ensuite (5) qui est approvisionné avec l'air rejeté par (4), enfin la pompe (4) est réalimentée à
- 25 nouveau.

12) Moteur à combustion interne écologique et du développement durable couplant deux moteurs à détente tricylindre, présenté en application industrielle par les figures 16 et 17, selon l'une quelconque des revendications de 1 à 6 ou la revendication

30 10 ou la revendication 11 caractérisé en ce que :

- ce moteur présente trois avantages grâce au couplage de deux moteurs :
- un, voire parfois deux couples moteurs par demi-tour ;
 - pas de pompes de récupération puisque tous les cylindres fonctionnent en quatre temps pour l'un ou l'autre tricylindre couplé ;
 - 35 • le détenteur (3) est commun aux deux tricylindres ;

39

-le cycle de fonctionnement des moteurs se déroule en quatre temps, du premier au quatrième temps sauf indications contraires, pendant lesquels :

- l'enflammeur (1.1) est suralimenté en air par la ou les pompes (4) qui est ensuite comprimé puis injecté pour produire la combustion qui va créer la détente et le couple moteur avant le transfert des gaz vers le post-enflammeur (2) où un couple partiel est engendré grâce au diamètre plus élevé du piston ;
- le post-enflammeur (2.1) comprime l'air et les gaz qu'il contient qui sont ensuite injectés à la fin du premier temps produisant la détente et le couple moteur puis c'est le transfert vers le détenteur créant le couple partiel avant de recevoir les gaz de combustion sous pression de l'enflammeur (1.1) engendrant un couple partiel jusqu'à mi-course du piston puis d'être suralimenté par la ou les pompes (5) ;
- l'enflammeur (1.2) reproduit le même fonctionnement que l'enflammeur (1.1) mais décalé de un tour à savoir : production d'une détente avec couple moteur, transfert vers le post-enflammeur (2.2) puis suralimentation en air par la ou les pompes (4) enfin compression avec injection en fin de compression ;
- Le post-enflammeur (2.2) fonctionne à l'identique du post-enflammeur (2.1) sauf à être décalé de un tour, c'est à dire qu'il commence à transférer les gaz vers le détenteur (3) ce qui engendre un couple partiel, reçoit les gaz de l'enflammeur (1.2) puis l'air de la ou des pompes (5) durant la deuxième moitié du deuxième temps qu'il comprime, injecte en créant la détente qui va générer le couple moteur.
- le détenteur (3) réceptionne les gaz de combustion du post-enflammeur (2.2) qui continuent la transformation en CO₂ créant de la chaleur et donc un couple moteur puis laisse échapper les gaz parfaitement consommés jusqu'à mi-course du piston, reçoit ensuite l'air déjà partiellement comprimé de la ou des pompes (6) ce que ces mêmes pompes et le détenteur compriment davantage ensemble ; il reproduit ensuite les mêmes opérations durant les deux temps suivants avec les gaz du post-enflammeur (2.1) qui continuent leur détente en créant un couple moteur , puis échappement et alimentation en air comprimé par la ou les pompes (6) dont la compression est accentuer avec l'aide du piston du détenteur (10) pendant la fin du quatrième temps ;
- la ou les pompes de suralimentation des enflammeurs (4) se trouvent en phase d'admission durant le deuxième et le quatrième temps et suralimentent en air l'enflammeur (1.1) pendant le premier temps, puis l'enflammeur (1.2) durant le troisième temps ;

- la ou les pompes de suralimentation des post-enflammeurs (5) sont en admission d'air durant le premier et le troisième temps puis compriment cet air :
 - dans le canal de liaison entre elles si elles sont doublées, ou dans le canal vers le post-enflammeur (2.2) jusqu'à la moitié du deuxième temps avant de suralimenter le post-enflammeur (2.2) ;
 - dans le canal de liaison entre elles si elles sont doublées, ou dans le canal vers le post-enflammeur (2.1) durant la première moitié du quatrième temps avant de suralimenter ce même post-enflammeur (2.1) ;
- la ou les pompes de prise d'air du détenteur (6) aspirent l'air durant le premier et le troisième temps puis compriment cet air dans le canal entre elles ou le détenteur (3) durant la première moitié du deuxième ou quatrième temps avant de suralimenter le détenteur qui aide à le comprimer davantage.

13) **Moteur à combustion interne écologique et du développement durable** selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que la réalisation des moteurs présentés en application industrielles, de par la nouveauté et les difficultés techniques qu'elle fait apparaître, suggère les remarques, solutions aux problèmes techniques posés et conseils suivants :

-la longueur du canal de transfert entre les cylindres moteurs (1), (2) ou (3) échangeant un gaz doit être diminuée au maximum en approchant le plus possible le haut de ces cylindres car le canal de transfert forme un volume perdu puisque non balayé par un piston ;

-afin d'autoriser les importantes dilatations dues aux grands écarts de température du moteur, chaque cylindre moteur et pompe est constitué d'une pièce unique, obtenue par moulage ; surmonté dans le cas de l'enflammeur (1) de deux pans obliques à la manière d'un toit d'une maison, avec orifice sur chaque pan destinés aux soupapes, dépassant uniformément le contour extérieur du cylindre pour assurer le serrage des canaux ; ou d'une collerette, dirigée vers l'extérieur pour tous les autres cylindres moteurs ou pompes ; chaque cylindre est fixé élastiquement sur le carter formant support avec couvercle et assemblé par les canaux de transfert en forme de tube angulaire de section ovale cintré dont les extrémités comportent des brides de serrage dirigées vers l'extérieur et destinées à assurer étanchéité entre cylindre-canal de transfert, montés sur les cylindres échangeant des gaz ;

-le serrage entre collerette ou bande de serrage et bride est réalisé par boulons uniformément répartis sur le pourtour et traversant, au point de rencontre des canaux, l'épaisseur de ceux-ci par l'intermédiaire de trous aménagés dans des nervures aérodynamiques disposées dans le sens de circulation des fluides, et qui peuvent, en cas

de besoin pour éviter un trop grand nombre de nervures, se prolonger pour assurer le guidage des boulons sur deux cylindres voisins ;

-les différents cylindres échangeant des gaz sont reliés par les canaux suivants :

- 5 • le canal de transfert entre les cylindres moteurs (1), (2) et (3), part des soupapes de transfert du cylindre qui envoie ces gaz pour épouser le pourtour complet du cylindre qui reçoit les gaz, sert de support à ces soupapes de transfert et possède sur la face supérieure deux orifices, l'une pour l'admission ou la prise d'air, l'autre pour le transfert ou l'échappement suivant le type de cylindre ou de moteur ;
- 10 • le canal de communication entre les cylindres moteurs (1), (2) et (3) et leur pompe de suralimentation ou de prise d'air respective (4), (5) et (6) part des soupapes d'admission ou de prise d'air qu'il intègre, au contour complet de la pompe concernée, avec sur le haut du canal un orifice recevant la tubulure d'admission d'air ;
- 15 • le canal de liaison entre deux pompes de suralimentation doublées n'incorpore aucune soupape, possède un orifice destiné à la tubulure d'admission d'air ainsi qu'un ou deux orifices, non obturés par des soupapes, destinés aux canaux de communication avec les cylindres moteurs qu'elles suralimentent ;
- 20 • les tubulures d'admission ou d'échappement incorporent respectivement les soupapes doublées d'admission ou d'échappement ;
- le canal de communication entre les pompes de récupération doit relier et intégrer les soupapes d'admission ou de prise d'air des cylindres moteurs ou pompes qu'elles alimentent et dont elles récupèrent les rejets d'air .

14) Moteur à combustion interne écologique et du développement durable

25 selon la revendication 1 caractérisé en ce que :

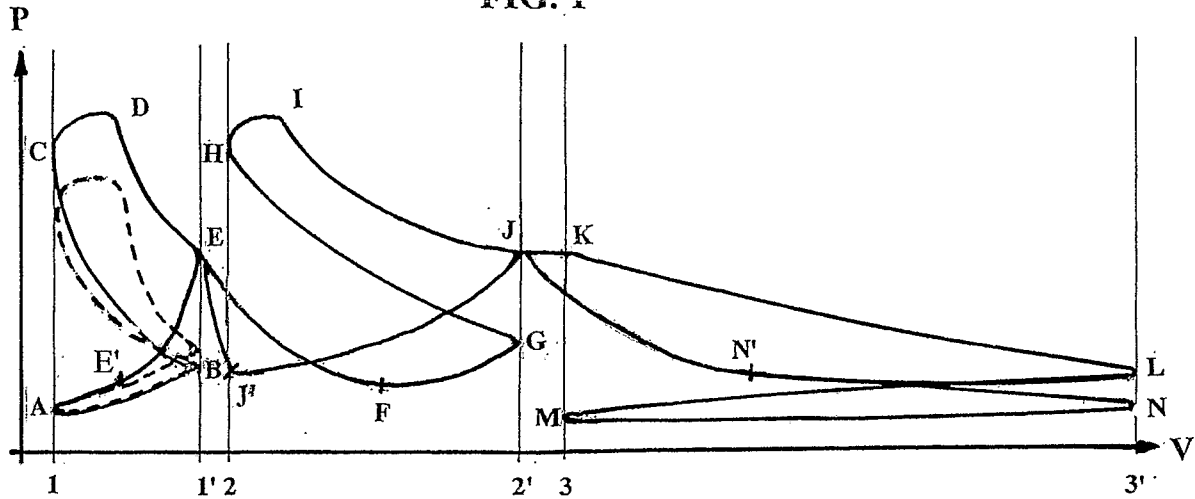
-la température élevée du moteur présente un risque d'incendie en cas de rupture ou de fuite sur la canalisation d'alimentation en carburant du moteur, que l'installation du vérin hydraulique anti-incendie à proximité du réservoir de carburant, peut rapidement circonscrire ;

30 -le dispositif, obture la sortie d'essence ou de gazole du réservoir et aspire le carburant contenu dans les canalisations d'alimentation du moteur en cas de choc, décelé par une masselotte, ou de détection par capteur d'une température très élevée due à un début d'incendie ;

-le dispositif utilise une bielle brisée (89) déverrouillée et autorisée à plier sous 35 l'effet du ressort (95) lorsque l'électroaimant (90) est alimenté par le capteur de détection d'une température élevée ou par la masselotte (92) sensible à un choc ; ce qui fait pivoter le levier de déverrouillage du vérin (85) entraînant la plaquage contre son siège de

l'obturateur de la sortie de carburant et libère la tige du vérin qui sort sous l'effet du ressort (82), aspirant le carburant dans la canalisation.

FIG. 1



1-1': Volume balayé par le piston de l'enflammeur (1)
 2-2': Volume balayé par le piston du post-enflammeur (2)
 3-3': Volume balayé par le piston du détenteur (3)

1'-2: Volume du canal de transfert enflammeur-post-enflammeur
 2'-3: Volume du canal de transfert post-enflammeur-détendeur

En pointillés: Cycle réel de Beau de Rochas d'un moteur diesel monocylindre 4 temps suralimenté.
En traits épais: Cycle réel de Beau de Rochas imaginé d'un moteur diesel à détente tricylindre sans liquide de refroidissement à température élevée et sans soupape anti-retour des gaz vers l'enflammeur.

- A-B: Admission d'air de l'enflammeur (1) suralimenté par la pompe (4).
- B-C: Compression de l'air contenu dans l'enflammeur par le piston de l'enflammeur (8). Cet air comprimé s'échauffe par rayonnement et au contact des parois très chaudes du cylindre augmentant substantiellement le taux de compression de l'air.
- En C: Injection de gazole. C-D: Combustion.
- D-E: Détente des gaz de combustion plus longue parce que le refroidissement des gaz dû à la détente est ralenti par les parois chaudes du cylindre.
- En E: L'ouverture de la soupape de transfert enflammeur-post-enflammeur (42) fait baisser la pression à cause du volume perdu du canal de transfert.
- E-F: Poursuite de la combustion. L'énergie mécanique de la détente est récupérée par le piston du post-enflammeur (9). La baisse de pression des gaz est identique dans les deux cylindres en transfert jusqu'à mi-course en F lorsque la soupape enflammeur-post-enflammeur (42) est fermée; elle a ensuite tendance à augmenter dans l'enflammeur (compression des gaz restant dans le cylindre) ce qui est empêché par l'ouverture prématurée de la soupape d'admission (E-A).
- A partir de F: Suralimentation du post-enflammeur (2) jusqu'en G puis compression des gaz dont le taux est équivalent à celui de l'enflammeur (1) parce que la compression part de plus haut (G plus haut que B) alors que la température de (2) est légèrement plus faible.
- En H: Injection d'une faible quantité de gazole.
- I-J: Détente lente due à la combustion et à la température de fonctionnement élevée.
- En J: L'ouverture de la soupape de transfert post-enflammeur-détendeur (43) n'entraîne aucune perte de pression parce qu'elle est égale dans les deux cylindres; la juste quantité nécessaire d'air à été conservée et comprimée par le piston du détenteur mais aussi et surtout par sa température de fonctionnement élevée (N'-K).
- J-J': La pression des gaz dans le post-enflammeur (2) baisse pareillement à celle dans le détenteur (3) puisqu'ils communiquent par transfert. Les points J' et L ont la même valeur. La pression au point J' augmente brusquement peu après l'ouverture de la soupape de transfert enflammeur-post-enflammeur (42) jusqu'à rejoindre la courbe E-F.
- K-L: transformation du monoxyde de carbone en CO₂ grâce à la présence d'air créant de la chaleur et donc une détente renforcée par la détente de chaleur due à la température de fonctionnement élevée du détenteur dont le piston récupère l'énergie mécanique.
- L-M: Echappement des gaz du détenteur.
- M-N: Prise d'air du détenteur.
- N-N': Rejet d'une partie de l'air aspiré.
- N'-K: Compression de l'air conservé

FIG. 2

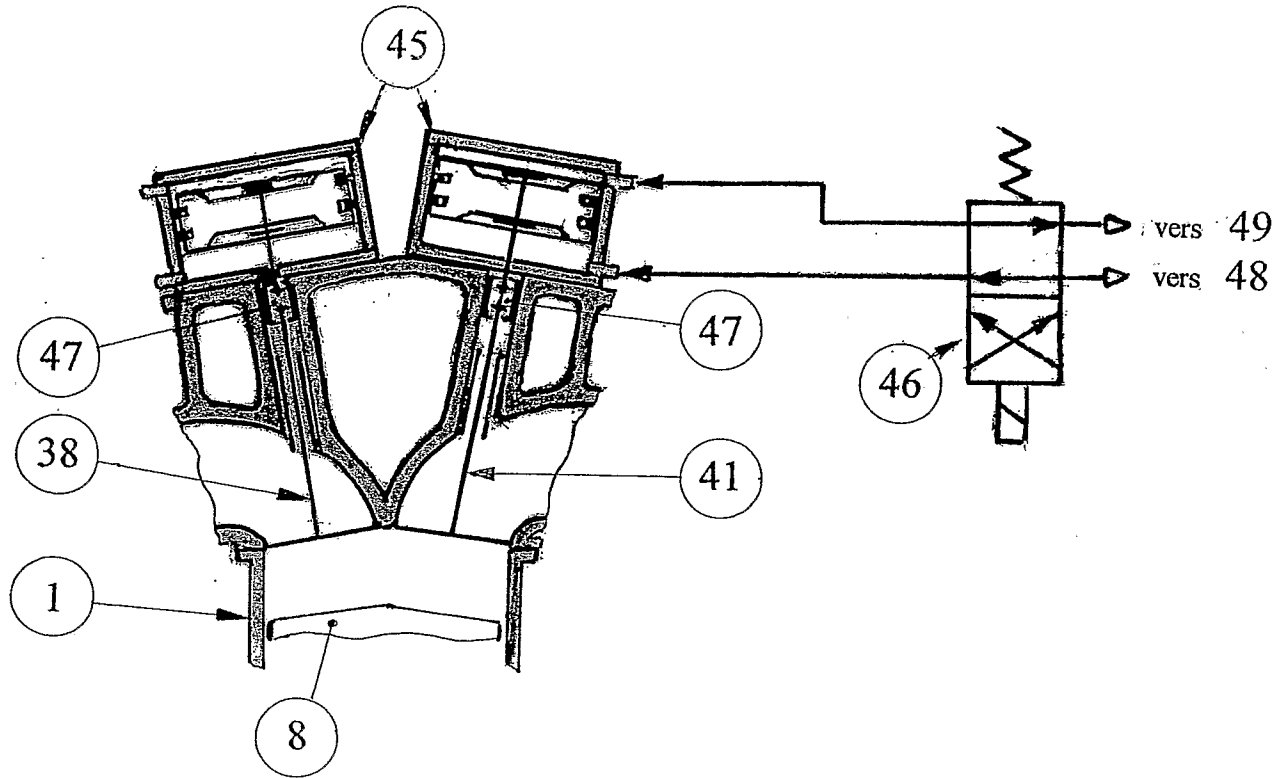


FIG. 3

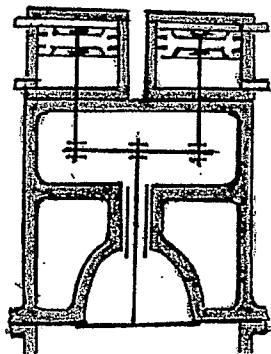


FIG. 4

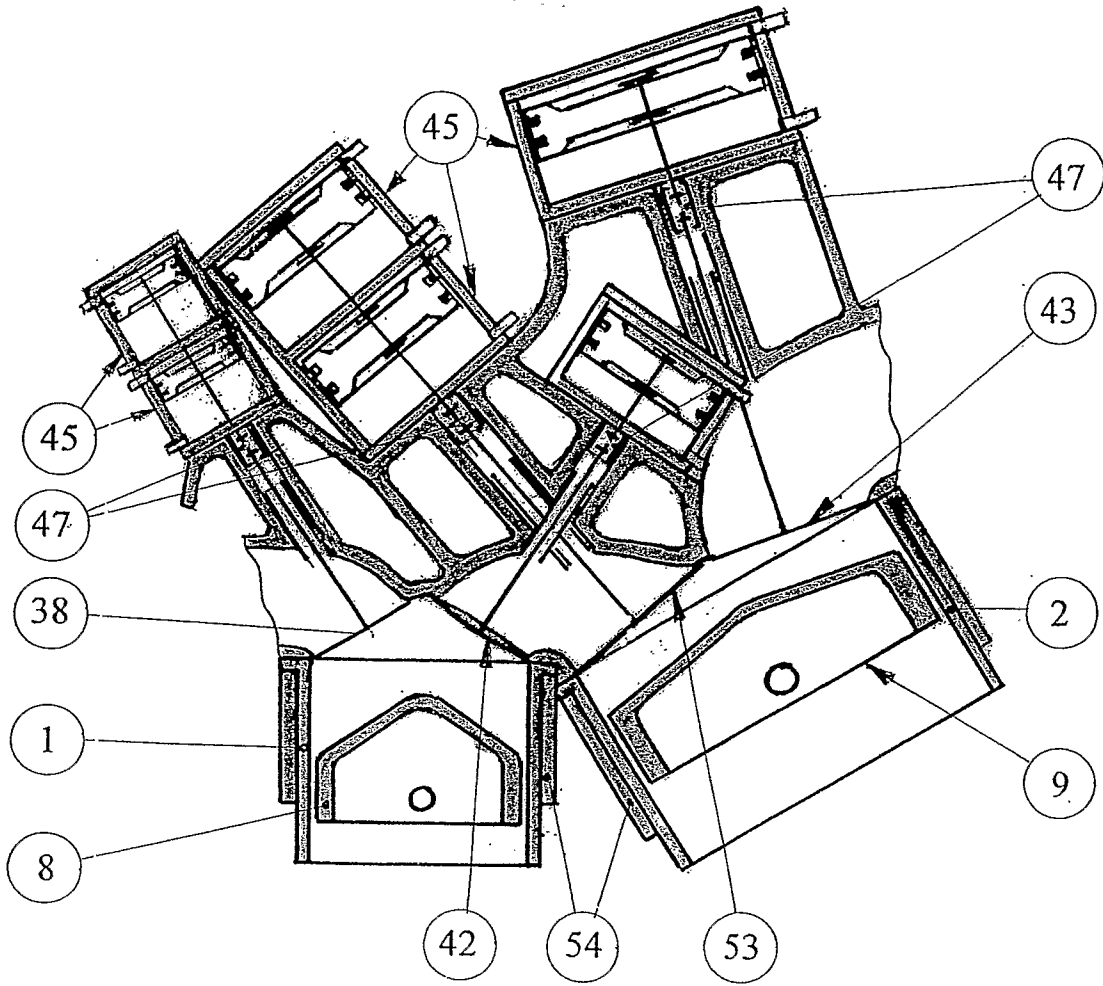


FIG. 5

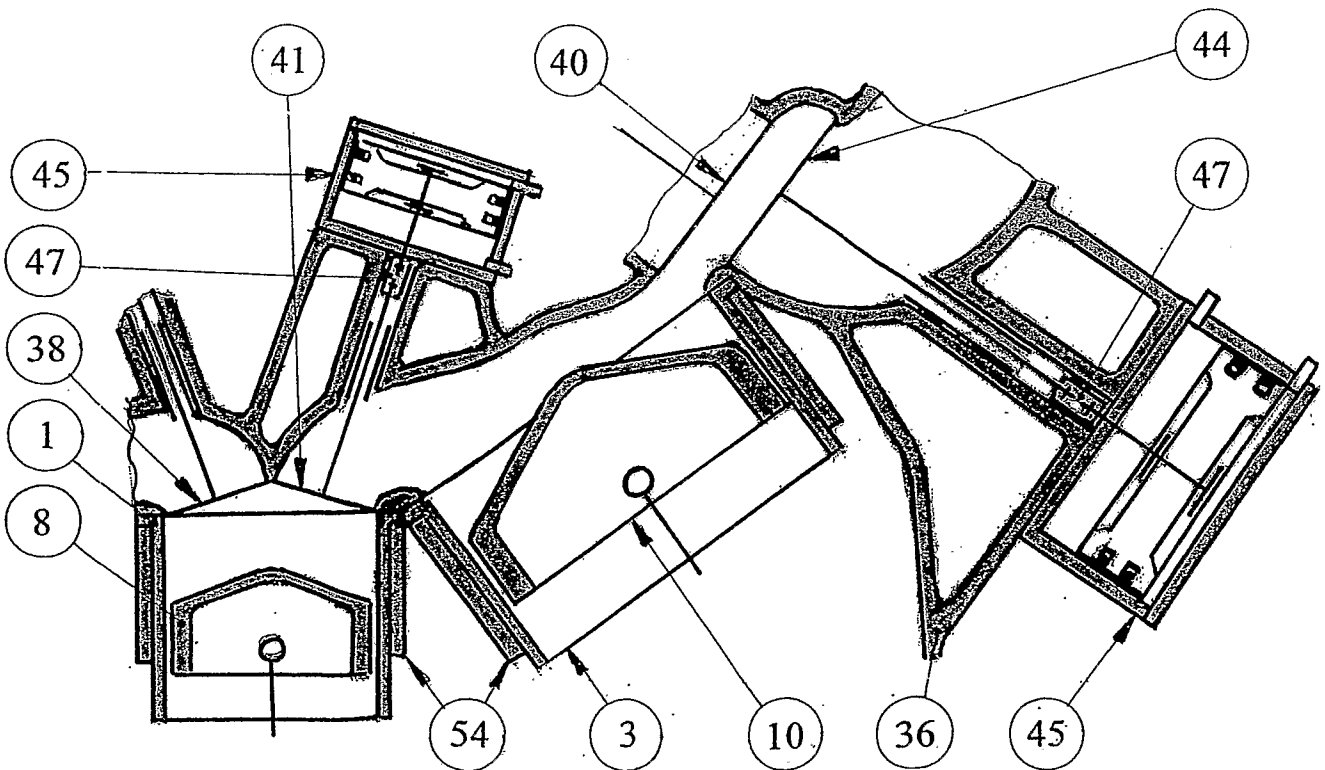


FIG. 6

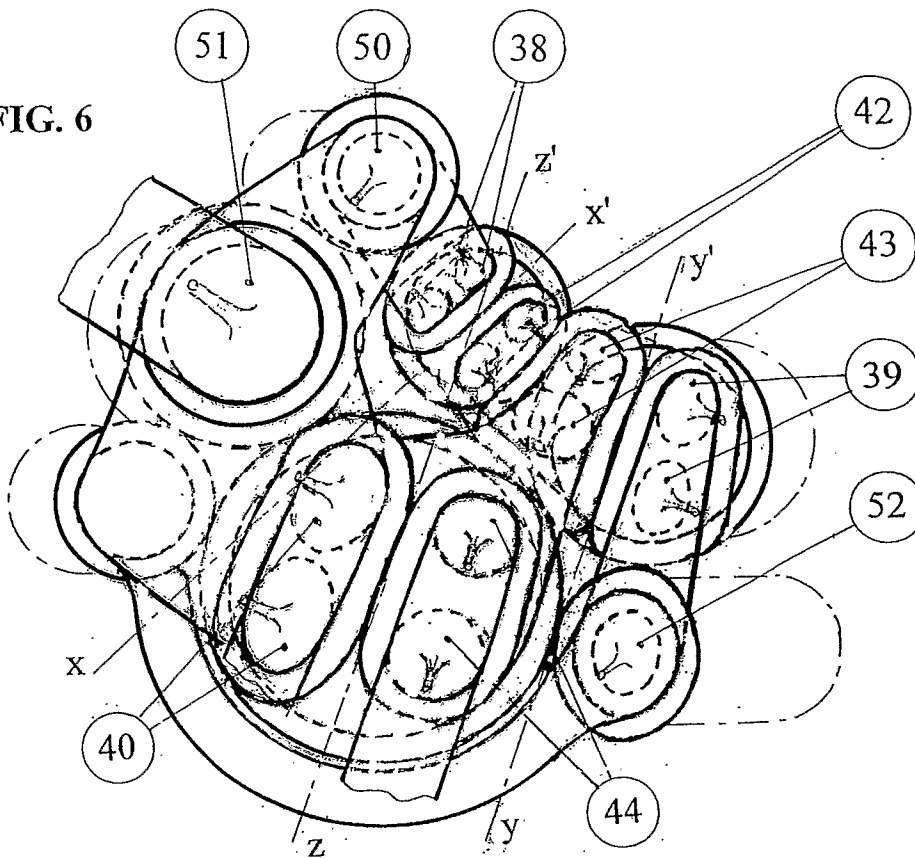


FIG. 7

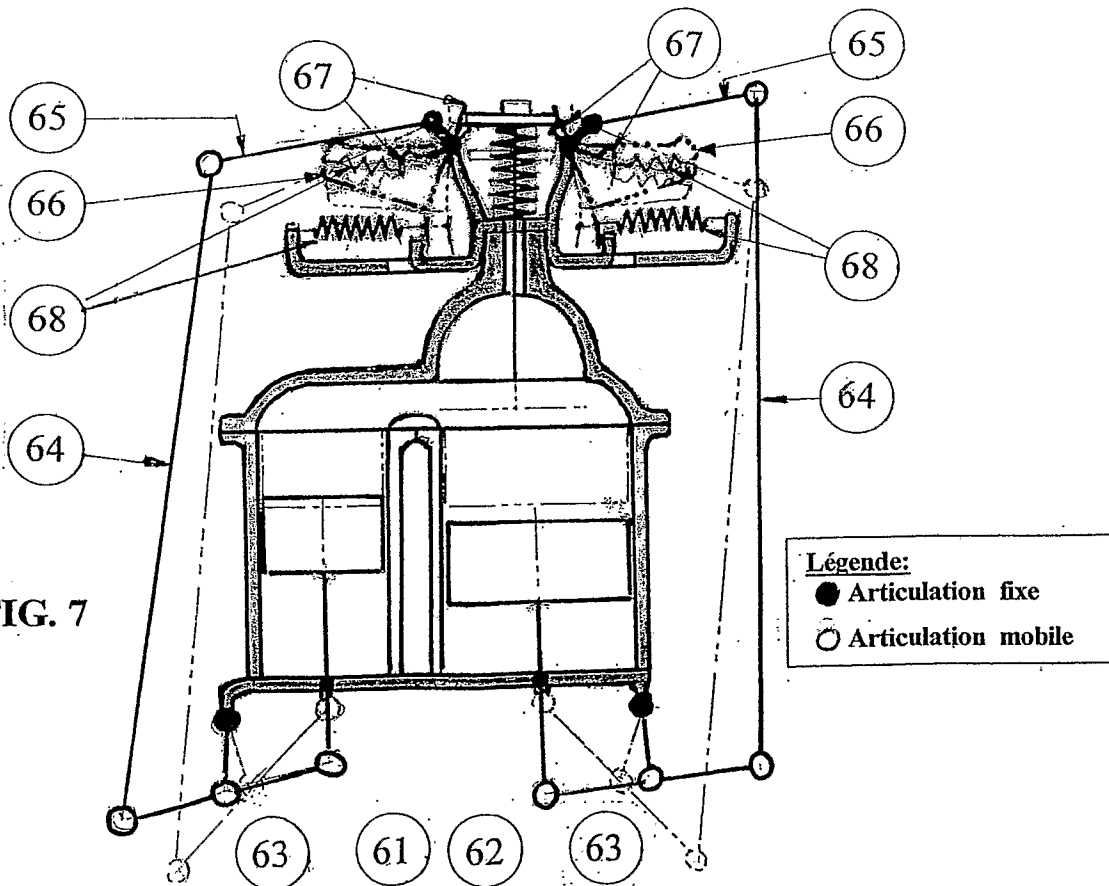
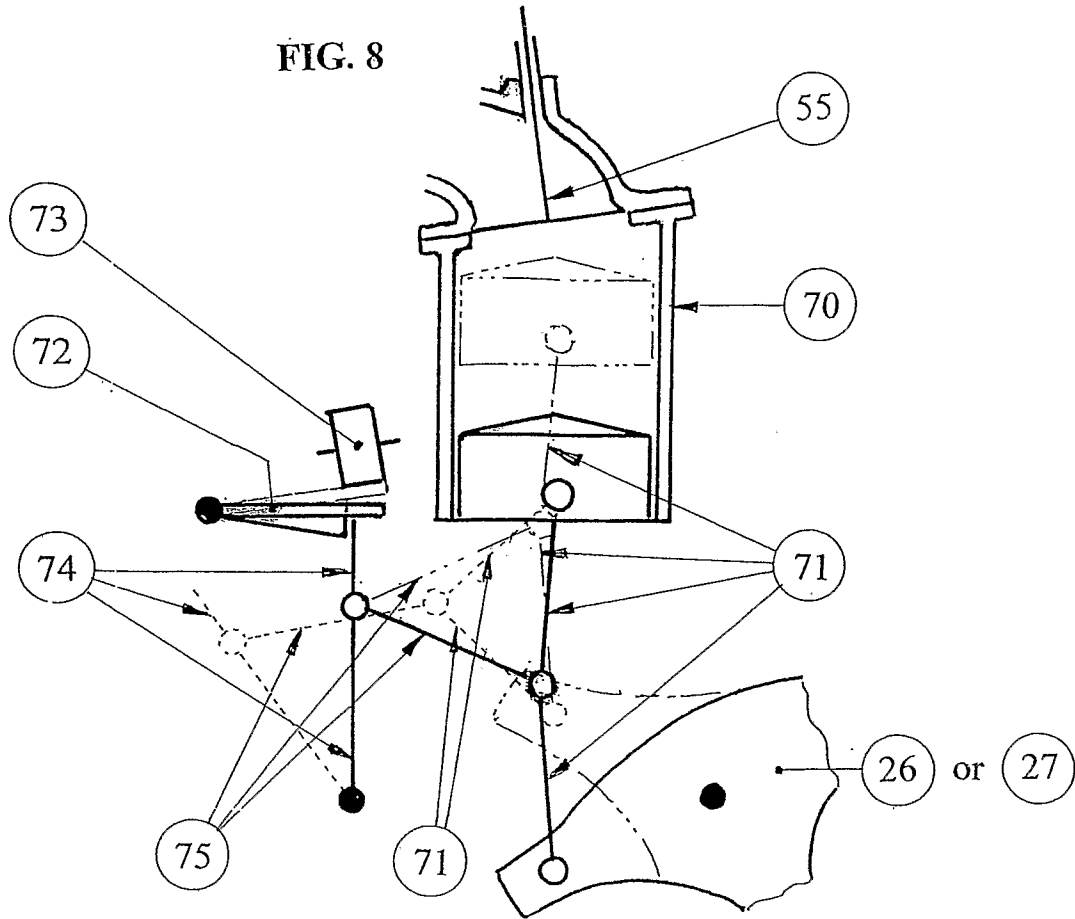
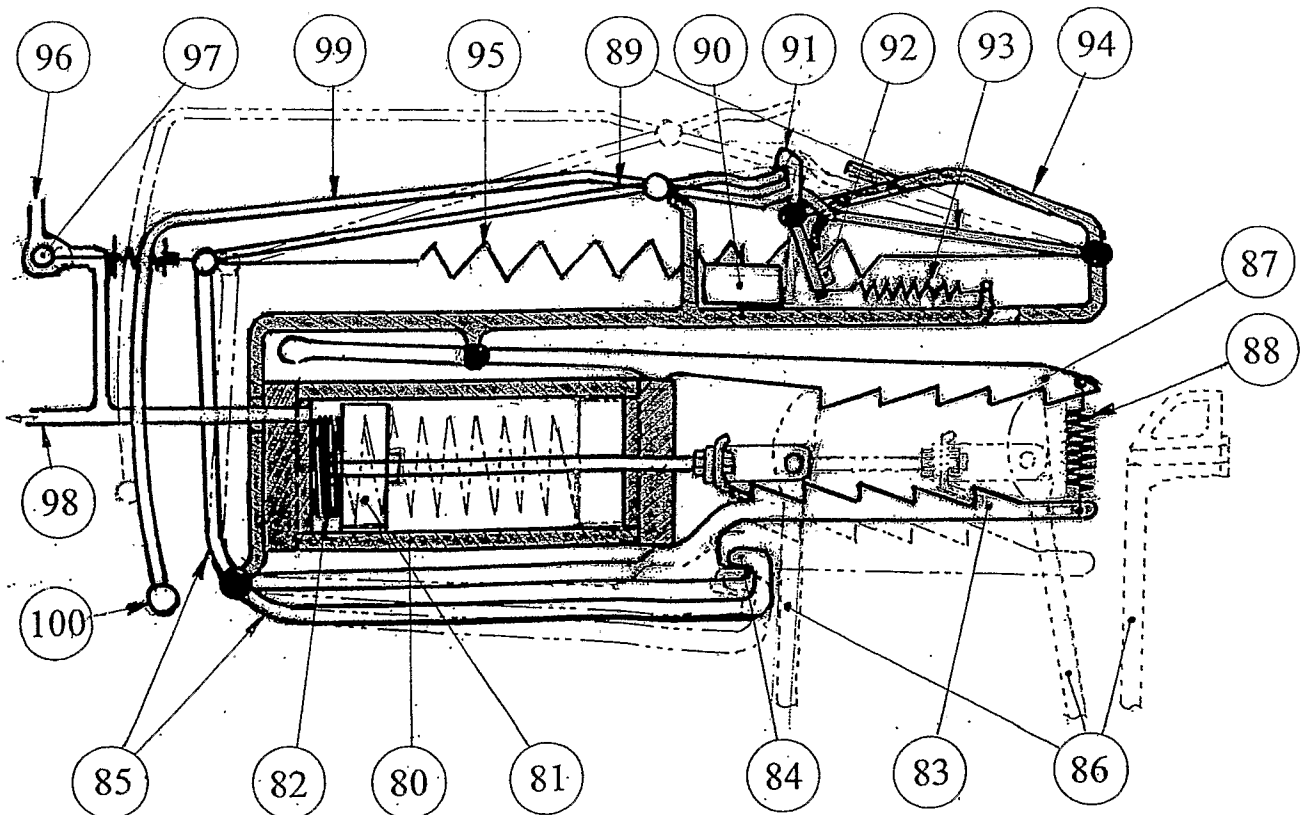


FIG. 8



Légende:
 ● Articulation fixe
 ○ Articulation mobile

FIG. 9



Légende:
● Articulation fixe
○ Articulation mobile

FIG. 10

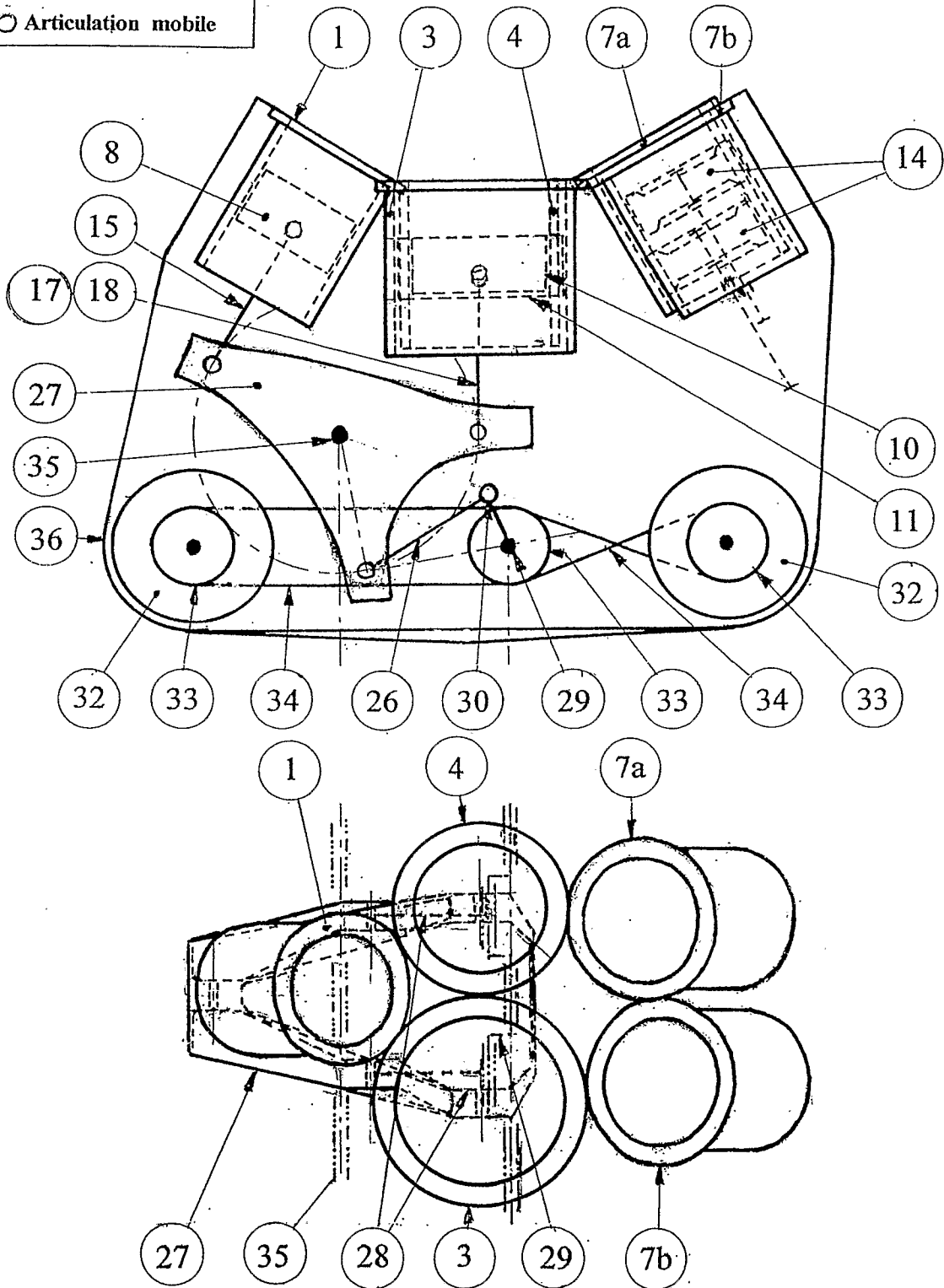
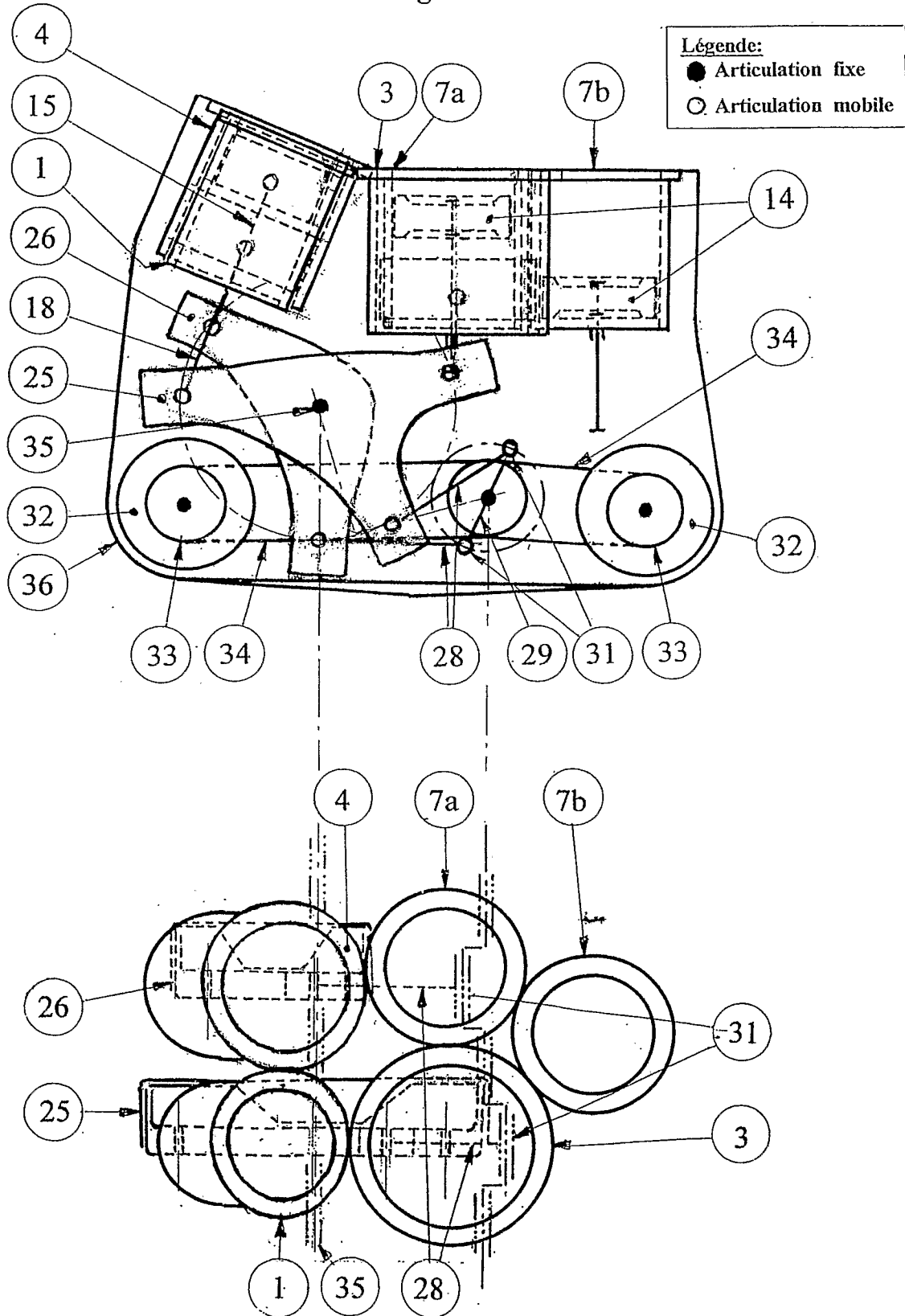
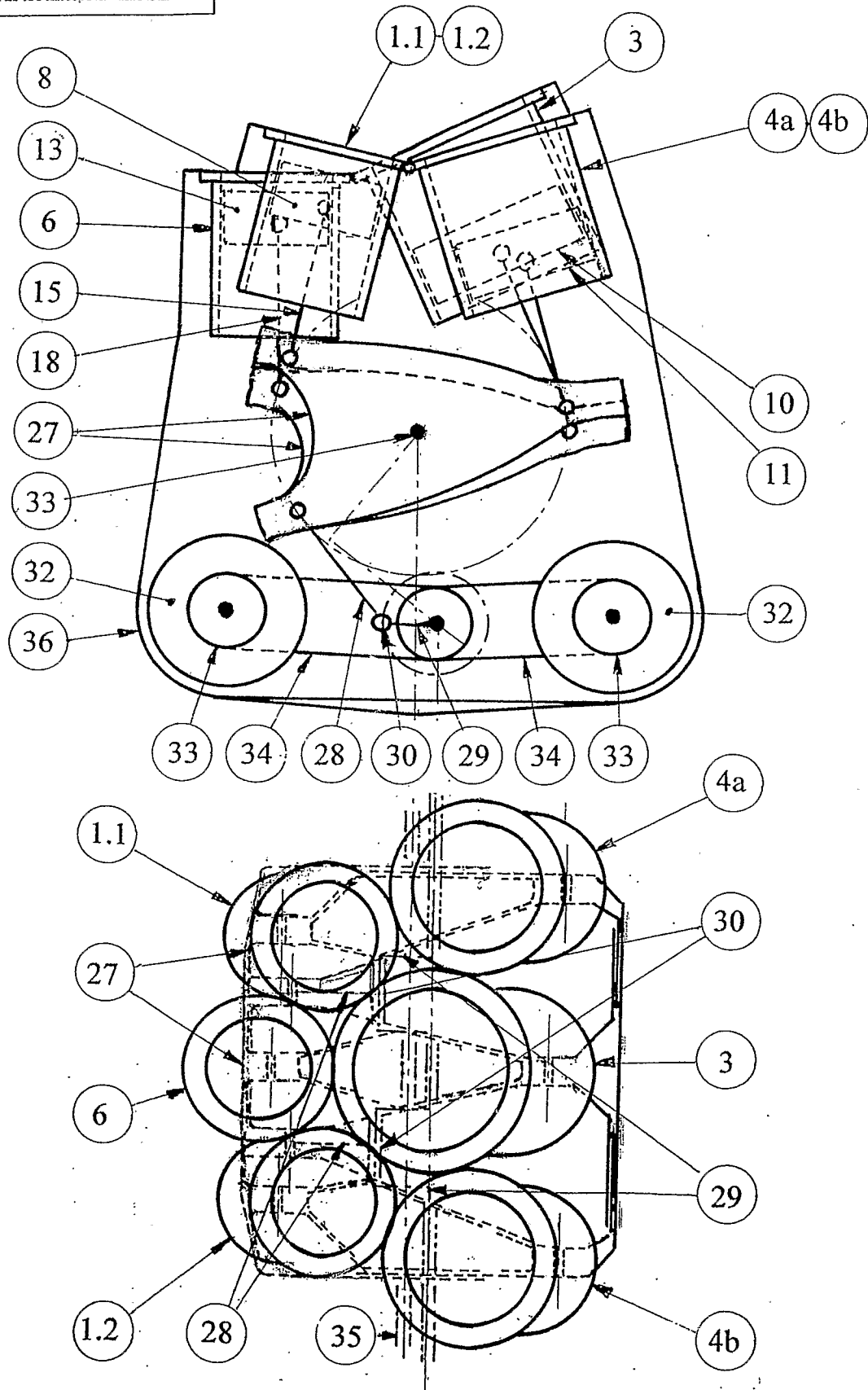


Fig. 11



Légende:
● Articulation fixe
○ Articulation mobile

FIG. 12



Légende:
● Articulation fixe
○ Articulation mobile

FIG. 13

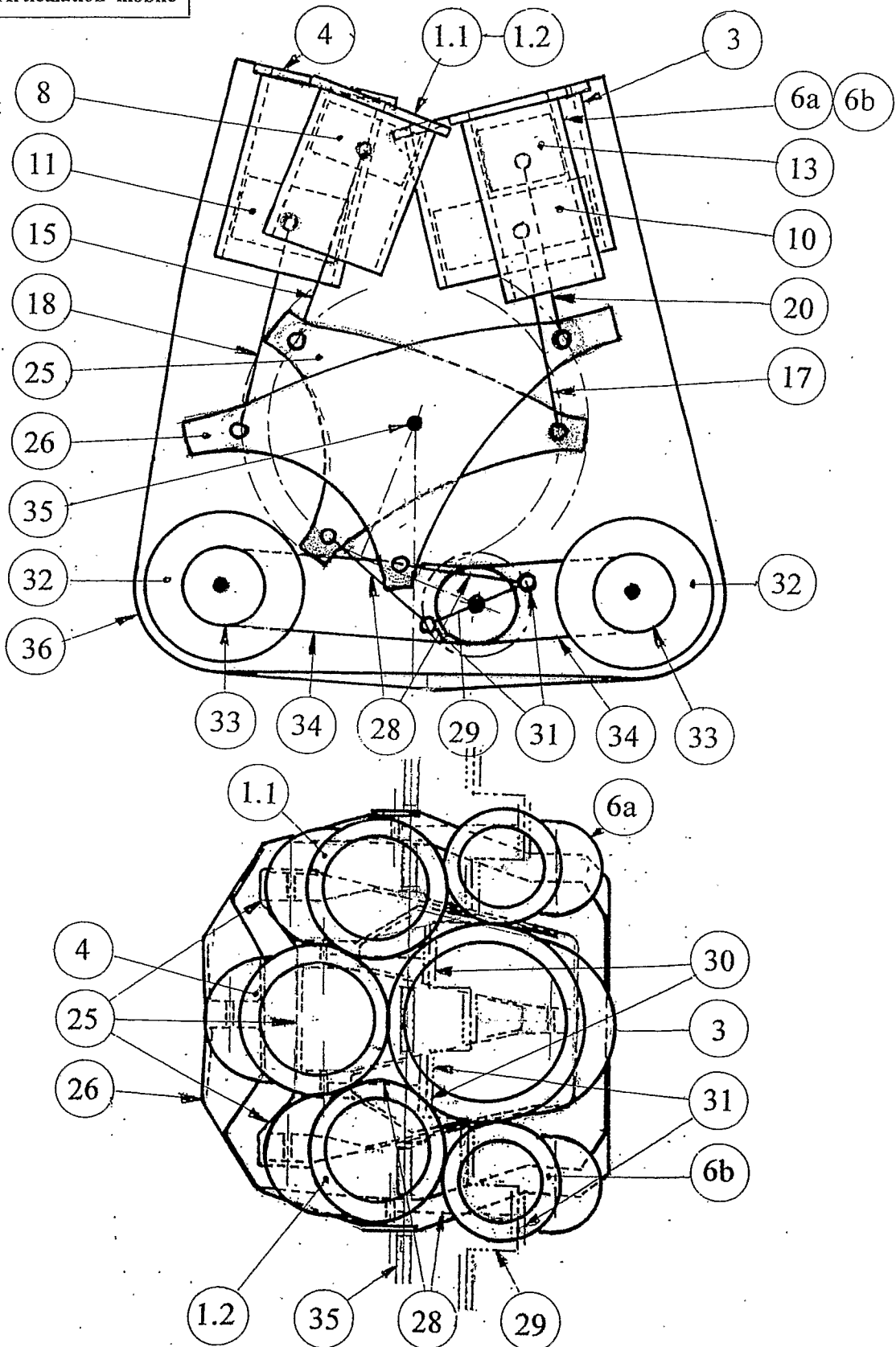


FIG. 14

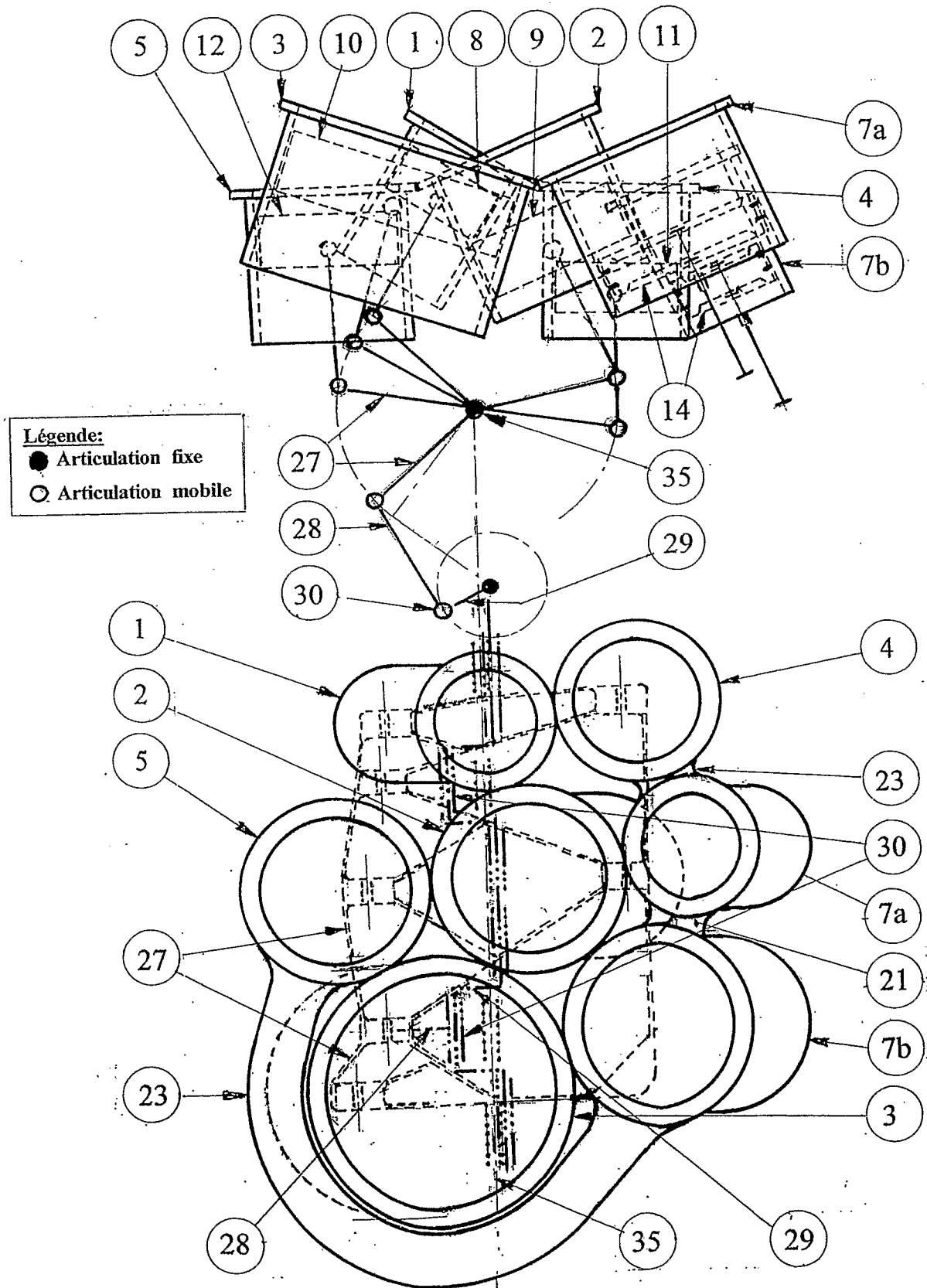


FIG. 15

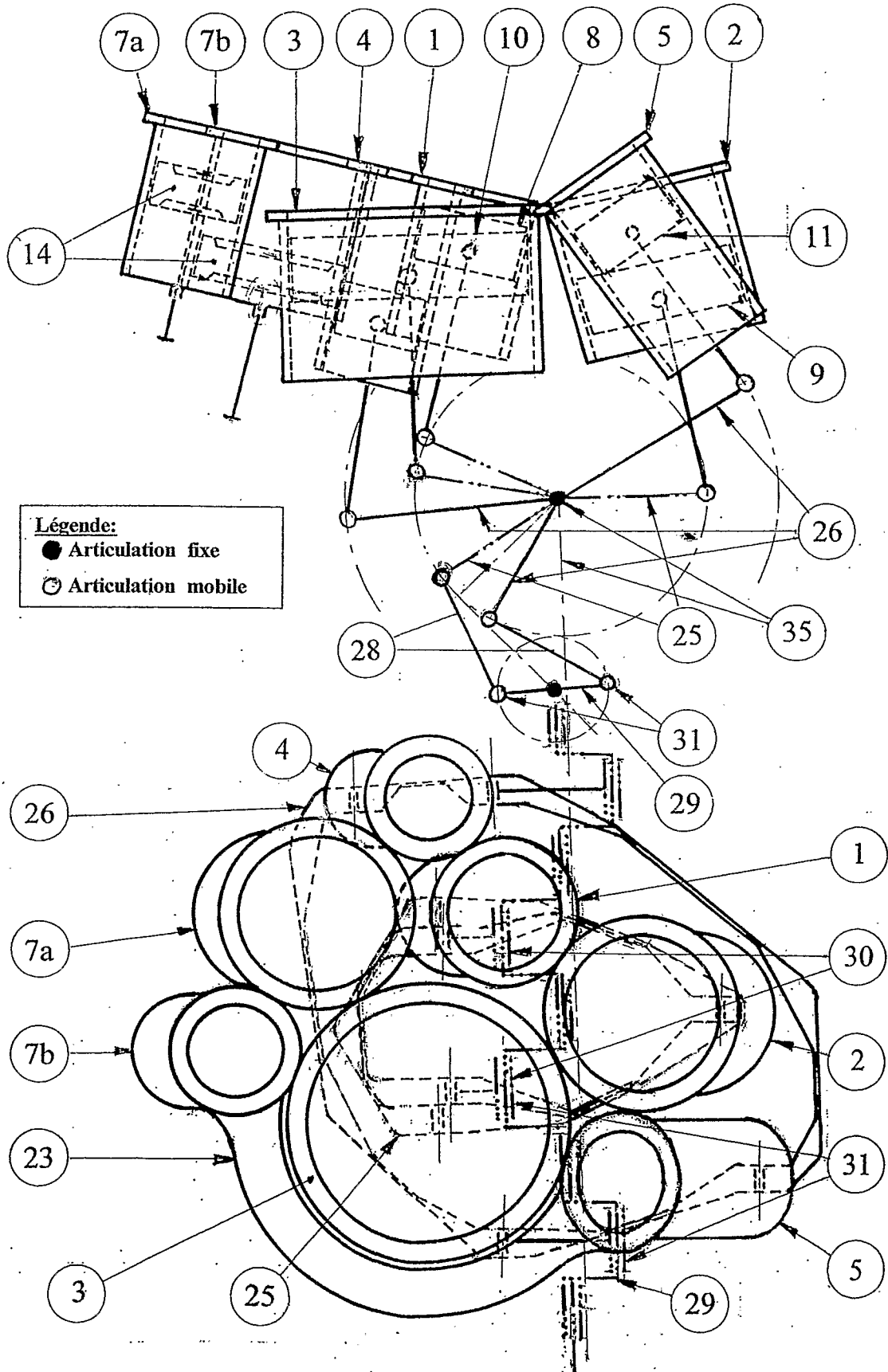


FIG. 16

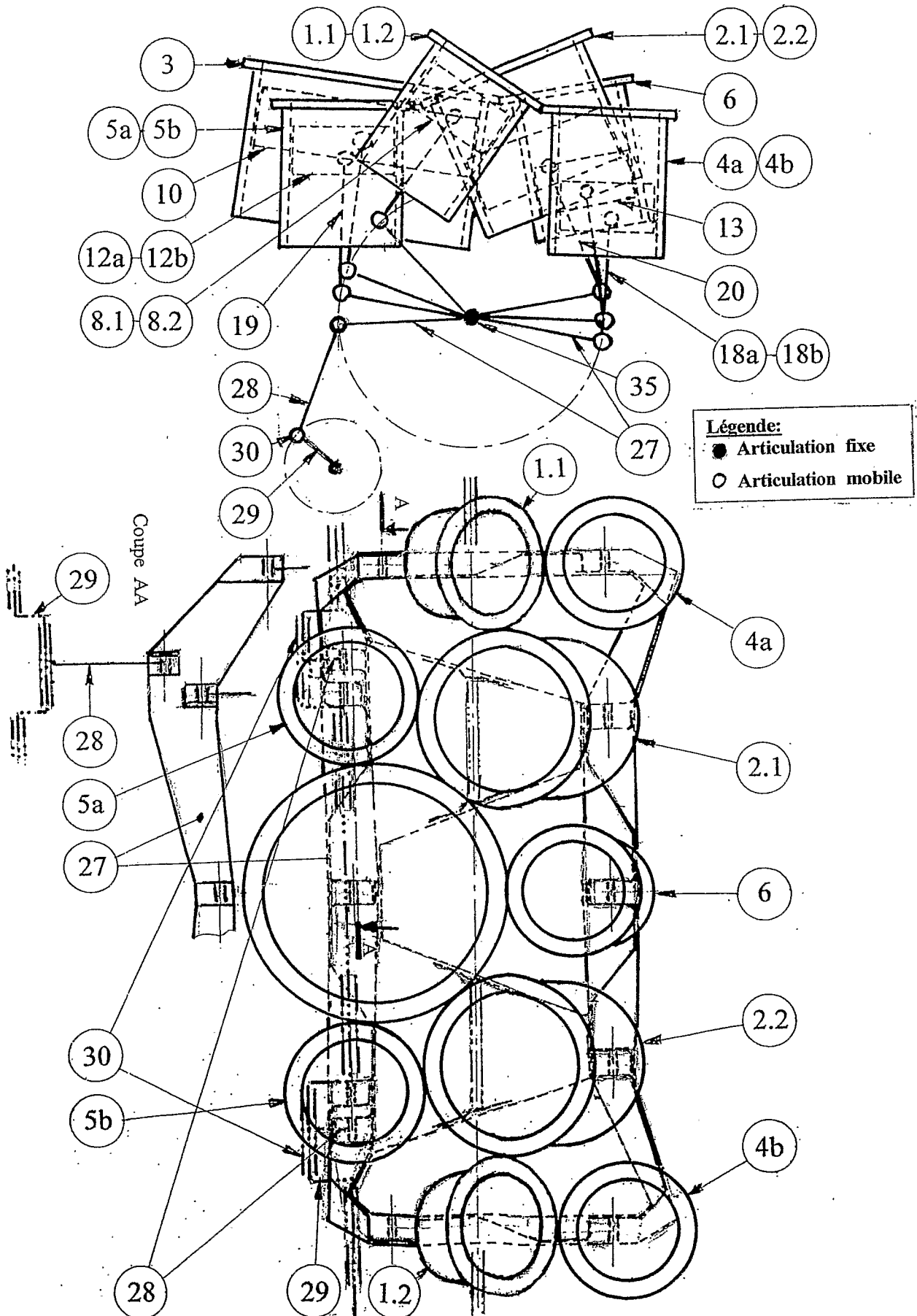


FIG. 17

Légende:
● Articulation fixe
○ Articulation mobile

