



Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ FASCICULE DU BREVET A5

⑪

645 983

⑲ Numéro de la demande: 1577/82

⑲ Titulaire(s):
Effa Etudes, Paris (FR)

⑳ Date de dépôt: 12.03.1982

㉑ Priorité(s): 12.03.1981 FR 81 04961

㉑ Inventeur(s):
Ramel, François, Levallois-Perret (FR)
Rousseau, Alain, Paris (FR)
Touzin, Philippe, Paris (FR)

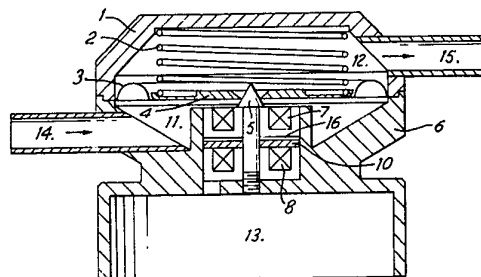
㉒ Brevet délivré le: 31.10.1984

㉓ Fascicule du brevet
publié le: 31.10.1984㉓ Mandataire:
Kirker & Cie SA, Genève

⑤④ Débitmètre pour fluides à perte de charge constante.

⑤⑦ Ce débitmètre comprend une enceinte (1) séparée en deux chambres (11 et 12) par une membrane souple et étanche (3) solidaire en son centre d'une coupelle rigide (4). Un ressort de compression (2) applique la coupelle (4) percée en son centre par un trou sur un cône (5) solidaire de l'enceinte, et exerce un effort constant sur la coupelle. Le fluide pénètre dans le débitmètre par l'orifice (14), passe entre le cône (5) et la coupelle (4) qu'il soulève et ressort par l'orifice (15). Un capteur de déplacement sans contact mesure le déplacement de la coupelle qui est proportionnel au débit du fluide.

Application à la mesure de débit de carburant pour automobiles.



REVENDECATIONS

1. Débitmètre pour fluides, comprenant une enceinte hermétique séparée en deux chambres par un élément mobile et raccordable à la canalisation dans laquelle coule le fluide dont on veut mesurer le débit par un orifice d'entrée pratiqué dans la première chambre et par un orifice de sortie pratiqué dans la seconde chambre, ladite enceinte comportant un moyen d'introduire une perte de charge entre l'entrée et la sortie du fluide quasi indépendante du débit, ledit moyen permettant le contrôle de la section de passage du fluide par un déplacement linéaire en fonction du débit du fluide de l'élément mobile, ainsi que des moyens de mesurer le déplacement dudit élément mobile, caractérisé en ce que lesdits moyens introduisant une perte de charge comprennent une coupelle rigide (4) plate circulaire percée d'un trou central, reliée par un élément souple et étanche (3) au corps de l'enceinte, un cône (5) solidaire du corps (6) de l'enceinte dont l'axe est perpendiculaire au plan de la coupelle (4) et passe par son centre, des moyens (2) d'exercer sur la coupelle (4) une force quasi constante tendant à appliquer le rebord du trou de la coupelle (4) sur le cône (5) et permettant le déplacement de la coupelle (4) dans la direction de l'axe du cône (5), un organe transducteur (7, 8, 16 à 21) sans contact convertissant ledit déplacement en un signal représentatif du débit.

2. Débitmètre selon la revendication 1, dans lequel les moyens (2) d'exercer sur la coupelle (4) une force quasi constante sont constitués par un ressort hélicoïdal précomprimé.

3. Débitmètre selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel une fuite définie est ménagée entre les deux chambres (11 et 12).

4. Débitmètre selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel l'organe transducteur (7, 8, 16 à 21) est un organe transducteur à courants de Foucault.

5. Débitmètre selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel ledit organe transducteur (7, 8, 16 à 21) comprend des moyens électroniques de linéarisation.

6. Débitmètre selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel le cône (5) et le corps (6) font partie d'une même pièce réalisée par moulage.

L'invention concerne un débitmètre pour mesurer les débits de fluides et plus particulièrement adapté aux contraintes de mesure dans le domaine automobile, notamment pour la mesure de carburant.

Ce qui caractérise l'environnement automobile, c'est la gamme de température de fonctionnement très étendue (-40 à $+125^{\circ}\text{C}$), la sollicitation de vibrations et de chocs, la présence d'agents de corrosion. Enfin et surtout, la caractéristique essentielle est la nécessité d'un coût très bas pour de bonnes performances.

Le cahier des charges d'un débitmètre automobile pour carburant est en gros le suivant:

- gamme de mesure: de 0,5 à 50 l/h, pour éviter la multiplicité des gammes
- température de fonctionnement compensée: -30 à $+80^{\circ}\text{C}$
- température de fonctionnement: -40 à $+125^{\circ}\text{C}$
- chocs et vibrations: chocs 50 g, vibrations $3\text{ g} \pm 10\text{ mm}$ de 5 à 50 Hz suivant les trois dimensions
- perte de charge: inférieure à 40 mbar
- indifférence aux bulles
- indifférence au débit pulsé, avec inversion du sens de circulation
- densité du carburant: de $0,745 \pm 3\%$ avec un coefficient de température de $8,5 \cdot 10^{-4}$
- précision en mesure instantanée meilleure que 10%
- précision en mesure cumulée, compte tenu de toutes les variations, meilleure que 5%

- encombrement réduit et facilité de montage
- signal de sortie analogique ou numérique (fréquence) avec une préférence pour le numérique
- connexions électriques réduites

5 Remarquons que ce cahier des charges ouvre bien d'autres applications que celle du domaine automobile.

Au niveau de l'indication, l'indication analogique est utile pour l'apprentissage en dynamique de la conduite économique, tandis que l'indication numérique permet quantitativement de contrôler la consommation, ce qui exige alors la meilleure précision possible.

10 Actuellement, différentes techniques essaient de répondre à toutes ces exigences. En premier lieu, les débitmètres à turbine axiale, ont l'inconvénient d'être sensibles aux bulles et d'avoir des frottements internes qui les rendent peu précis aux faibles débits (inférieurs à 3 l/h). De plus, le fait qu'on ne puisse pas les étalonner ou réaliser simplement des compensations oblige à une fabrication précise et coûteuse. L'avantage qu'ils possèdent est la simplicité de leur électronique et le caractère directement numérique de leur sortie.

20 Un type de débitmètre à turbine tangentielle a actuellement des caractéristiques qui font de lui un appareil très valable. Cependant, en dépit d'un fonctionnement aux bas débits meilleur que les appareils précédents, il possède par ailleurs les mêmes inconvénients.

Un débitmètre proche de l'invention décrite ici par le principe est un débitmètre à perte de charge non nulle à débit nul, puis croissante en fonction du débit. Un cône se déplace sous l'effet de la pression générée par le débit dans un autre cône fixe d'angle plus faible. Un ressort tend à appliquer le premier cône sur le second. Une tige solidaire du premier permet la mesure du déplacement par un transformatrice différentiel. Sur ce capteur, seul l'effort exercé par la pression due à la perte de charge au niveau du laminage entre les cônes, sur le premier cône, déplace celui-ci. Vu la faible section obligée du premier cône, l'effort est donc très faible et parasitable par de nombreux paramètres (frottements, inclinaison, etc.). De plus, le laminage entre les cônes est tel que les pertes de charge par frottement ne sont pas nulles et qu'elles perturbent grandement la mesure aux bas débits. De plus, ces pertes de charge dépendent de la viscosité du fluide, dont la valeur évolue d'environ 10% par 10°C , ce qui occasionne une dérive importante en température. Enfin, cette technique nécessite un centrage presque parfait de la partie fixe par rapport à la partie mobile.

Un type différent de débitmètre est un débitmètre à capteur de pression différentielle utilisant un capteur de déplacement sans contact. L'inconvénient de cet appareil, outre sa faible dynamique (0,5 à 25 l/h), est la stabilité imparfaite de son zéro, due au fait que la perte de charge est à peu près quadratique et que le gain doit être très important aux bas débits rendant l'appareil sensible à plusieurs paramètres parasites tels que:

- gonflement de la membrane,
- inclinaison de l'appareil,
- hystérésis des ressorts.

55 Ses avantages sont son faible prix de revient, le fait qu'il est peu sensible aux bulles, qu'il constitue en lui-même un filtre fluïdique permettant un excellent fonctionnement en régime pulsé ou impulsionnel, qu'il est équipé d'un transducteur analogique qui permet un étalonnage et, par là, un élargissement des tolérances mécaniques, et qu'il peut être compensé en température.

L'invention dont il est ici question permet de conserver les avantages de cet appareil et de supprimer ses inconvénients. Elle permet 60 d'entrer dans le cadre du cahier des charges précédemment défini.

Un débitmètre selon l'invention est un appareil à perte de charge quasi indépendante du débit, utilisant l'énergie d'une pompe et permettant de s'abstraire aux bas débits de paramètres nuisibles. La perte de charge est une perte presque exclusivement par chocs. Le déplacement à mesurer est linéaire en fonction du débit et ne présente pas de coude à l'origine. Enfin, le transducteur permettant la mesure du déplacement sans contact peut avantageusement être un capteur à courants de Foucault faisant l'objet d'une demande de

brevet français N° 79.06206 publiée sous le N° 2451666 et particulièrement adapté au problème, notamment en ce qui concerne la stabilité du zéro.

Le débitmètre selon l'invention comprend donc: une enceinte hermétique séparée en deux chambres par un élément mobile et recordable à la canalisation dans laquelle coule le fluide dont on veut mesurer le débit par un orifice d'entrée pratiqué dans la première chambre et par un orifice de sortie pratiqué dans la seconde chambre, ladite enceinte comportant un moyen d'introduire une perte de charge entre l'entrée et la sortie, c'est-à-dire une pression différentielle entre les deux chambres quasi indépendante du débit, ledit moyen permettant par là même le contrôle de la section de passage du fluide par un déplacement linéaire, en fonction du débit du fluide, de l'élément mobile, ainsi que des moyens de mesurer le déplacement dudit élément mobile, et est caractérisé en ce que lesdits moyens comprennent une coupelle rigide plate circulaire percée d'un trou central, reliée par un élément souple et étanche au corps de l'enceinte, un cône solidaire du corps de l'enceinte dont l'axe est perpendiculaire au plan de la coupelle et passe par son centre, des moyens d'appliquer sur la coupelle une force quasi constante tendant à appliquer le rebord du trou de la coupelle sur le cône et permettant le déplacement de la coupelle dans la direction de l'axe du cône, un organe transducteur sans contact convertissant ledit déplacement en un signal représentatif du débit.

D'autres caractéristiques ainsi que les avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description ci-après.

Au dessin annexé:

la fig. 1 est une vue en coupe verticale suivant la ligne AA de la fig. 2, conforme au mode préféré de l'invention;

la fig. 2 montre une vue de dessus de l'appareil, et

la fig. 3 montre un détail du transducteur de déplacement préféré.

L'appareil se présente sous la forme d'un corps essentiellement composé de deux pièces 1 et 6 emboîtées entre elles et assemblées par des vis telles que 9, formant une chambre inférieure 11 et une chambre supérieure 12 séparée par une membrane 3 solidaire de la coupelle 4. 14 est la canalisation d'entrée du fluide et 15 la canalisation de sortie.

La membrane, par exemple semi-torique, est réalisée dans un caoutchouc résistant aux hydrocarbures, comme le nitrile. Une membrane métallique conviendrait mal, car elle ne permettrait qu'un déplacement très faible. La membrane peut être réalisée par compression, par injection ou en utilisant du tissu très fin (d'épaisseur inférieure à 0,2 mm par exemple) enduit de caoutchouc et formé dans un moule.

On voit que la coupelle 4 est percée d'un trou dont le bord inférieur appuie sur le cône 5. Sur le dessin, la coupelle est représentée biseautée afin de favoriser les pertes par chocs et de limiter les pertes par viscosité. Toutefois, les essais ont montré qu'il était possible de pratiquer un trou droit. La condition essentielle de bon fonctionnement est que le bord du trou pratiqué dans la coupelle et reposant à débit nul sur le cône soit aussi droit et vif que possible. Une telle réalisation peut se faire à l'aide d'un outil de matricage. La coupelle possède une épaisseur de 1,5 mm pour éviter qu'elle ne se déforme sous l'effet de l'effort exercé par le ressort 2 qui tend à l'appliquer sur le cône 5. La membrane est adhésivée sur la coupelle, mais peut être fixée par d'autres moyens mécaniques. La coupelle 4 est ici en métal amagnétique comme un alliage d'aluminium (AU 4 G).

Un ressort de compression 2 hélicoïdal, très souple et ayant une hauteur à vide importante, exerce sur la coupelle l'effort qui détermine la pression de fonctionnement de l'appareil, par exemple 40 mm à vide et 10 mm comprimé. Ce ressort est choisi très souple afin que le déplacement occasionné par le débit ne provoque pas une grande variation relative de l'effort exercé sur la coupelle.

Le cône 5 est, dans le cas de la solution présentée, une pièce métallique décollée qui passe par le trou central des bobines 7 et 8 contenues dans des demi-pots en ferrite qui constituent la partie sensible du capteur de déplacement à courants de Foucault, vient serrer

les pièces 10 et 16 et se visse dans le corps 6. Son angle est ici de 60°. Le fluide voit ainsi un angle d'entrée de 60° et un angle de sortie de 30 à 120° selon le biseautage du bord supérieur du trou de la coupelle.

Un angle de cône différent est possible, par exemple 45°; il permettrait un angle d'entrée égal à l'angle de sortie dans le cas où la coupelle serait percée d'un trou droit.

Une version en plastique chargé (polyamide chargé verre ou polybutylène téréphtalate chargé verre) permet de réduire le nombre de pièces. En effet, dans cette version, les bobines se placent dans le puits de bobines du côté du circuit électronique et une toile d'épaisseur 0,5 à 0,7 mm relie le haut du puits de bobines à la base du cône. De même, la tige de centrage du cône sort avec le moulage. Cette solution permet de supprimer tout problème d'étanchéité et surtout facilite l'enrobage des bobines, et permet une bonne stabilité thermique grâce à la tige qui traverse les bobines et assure la cohésion de l'ensemble. Cette solution permet en outre de simplifier le montage.

Quelle que soit la solution de réalisation du corps employée, les bobines doivent être enrobées sous vide à l'aide d'une résine époxyde chargée ayant un faible coefficient de dilatation linéaire et de bonnes caractéristiques thermiques.

La bobine 7, contenue dans un demi-pot en ferrite, regarde la coupelle 4 et constitue la bobine de mesure. Quand la coupelle se déplace sous l'effet d'un débit, il y a modification des courants de Foucault qui circulent dans celle-ci et variation de l'inductance apparente de la bobine. L'autre bobine regarde soit le corps du débitmètre, s'il est par exemple en aluminium de fonderie, soit une rondelle 16 du même métal que la coupelle 4, dans le cas présenté. Entre la bobine 8 contenue dans un demi-pot en ferrite et cette rondelle 16, une entretoise 10, constituée d'un matériau de préférence isolant et de coefficient de dilatation linéaire proche de celui du matériau du cône, fait que la distance entre le demi-pot en ferrite de la bobine 8 et la rondelle 16 est très proche de la distance existant entre le demi-pot en ferrite de la bobine 7 et la coupelle 4 quand il n'y a pas de débit. Compte tenu des tolérances de fabrication, un écart de quelques centièmes de millimètre est possible.

Les fils des bobines vont directement sur le circuit électronique contenu dans le boîtier 13, circuit qui est le complément indispensable du capteur de déplacement à courants de Foucault. Ce circuit, placé dans le boîtier, permet d'intégrer les compensations en température souhaitées. Le capteur à courants de Foucault ne sera pas détaillé ici, faisant l'objet d'une description complète par ailleurs. Seules ses particularités dues aux exigences inhérentes au type de débitmètre décrit ici seront indiquées.

Le débitmètre est placé dans un circuit de carburant dont on veut mesurer le débit. Le fluide rentre par l'orifice 14, puis pénètre dans la chambre 11. Sans pression, le fluide ne pourra pas s'écouler. La pompe du circuit de carburant fournissant une pression, la pression différentielle nécessaire pour soulever l'ensemble membrane et coupelle est atteinte. Le fluide peut alors passer entre le cône et la coupelle avec une perte de charge qui est de toute façon égale à la pression de tarage déterminée par l'effort qu'exerce le ressort sur la coupelle, effort réparti sur la surface active de la membrane. A un débit correspond donc un déplacement de la coupelle. Le capteur de déplacement sans contact mesure alors ce déplacement par rapport à la position à débit nul. Le déplacement est une fonction quasi linéaire du débit.

On constate donc plusieurs points:

1) Le tarage Δp est tel qu'il varie peu en fonction du débit (moins de 5%).

2) Du fait des angles que forme le cône avec la coupelle (60° à l'entrée et 30 à 90° environ à la sortie) et du fait de la faible longueur de contact entre le cône et la coupelle, la perte de charge est presque purement une perte de charge par chocs, ce qui fait qu'elle peut s'exprimer en première approximation:

$$(A) \quad \Delta p = \frac{3}{4} \rho v^2 \quad \begin{array}{l} \rho : \text{masse volumique} \\ v : \text{vitesse du fluide} \end{array}$$

(B) où $v = \frac{qv}{S}$ qv: débit volumique
S: section de passage

La section de passage s'exprime:

(C) $S = 2\pi Re$ où R est la section du cône et e la distance entre le bord de la coupelle et le cône.

On a donc:

(D) $e = \sqrt{\frac{3\rho}{\Delta p}} \cdot \frac{qv}{4\pi R}$

L'écartement est donc proportionnel au débit. Comme il existe une relation trigonométrique entre l'écartement e et le déplacement de la coupelle suivant une direction parallèle à l'axe du cône, le déplacement est proportionnel au débit.

Pour des calculs exacts, il faut prendre pour S:

(E) $S = \pi(R + e)^2 - \pi R^2$
 $S = \pi(2Re + e^2)$

La formule approchée (D) montre que:

(F) $\frac{de}{e} = \frac{d\rho}{2\rho} + \frac{d(\Delta p)}{2\Delta p}$

c'est-à-dire qu'une variation relative de la masse volumique ou de la pression de tarage se traduit par une variation relative moitié de l'écartement, donc du déplacement; d'autre part, ces paramètres n'influencent que sur le gain du débitmètre.

3) La section de passage est, pour un déplacement donné, indépendante du centrage du cône par rapport à la coupelle. Il n'y a donc pas de réel problème mécanique de centrage.

4) Il n'y a pas de frottement solide qui pourrait créer une hystérésis. Cela résulte de l'absence de nécessité d'un centrage rigoureux et de l'utilisation d'un capteur de déplacement sans contact.

5) L'effort qui permet le déplacement est égal à la pression de tarage multipliée par la surface active de la membrane. Il peut être de 0,4 daN. Comme le poids du ressort et de la coupelle peut être aisément 50 fois plus faible, le retournement du débitmètre n'aura qu'une influence sur le gain limitée à 1% (cf. 2). De même, les chocs et vibrations, le débitmètre une fois rempli, n'auront qu'une très faible influence. Un dispositif permettant d'annuler l'effet du retournement consiste en un flotteur solidaire de la coupelle et annulant le poids de l'équipage mobile dans l'essence. De même, la présence de bulles dans le capteur, qui ne peuvent qu'occasionner des gradients de pression statique inférieurs à 0,5 mbar, n'aura qu'une influence très faible sur l'étalonnage.

Enfin, si, dans le cas d'un capteur de débit à mesure de pression différentielle, la qualité de la membrane a beaucoup d'importance par la variation de ses caractéristiques qui affectent le zéro et l'étalonnage, il n'en est rien dans le cas présent, puisque la pression de tarage donne lieu à un effort très grand devant la perturbation pouvant être apportée par une membrane semi-torique. En tout état de cause, cela ne pourrait affecter l'étalonnage qu'au niveau du pour-mille.

6) Stabilité du zéro: afin de fournir une bonne mesure cumulée, il convient d'avoir une excellente stabilité du zéro. Par exemple, dans une gamme 0-50 l/h, il faut que la stabilité du zéro soit de l'ordre de 0,1 l/h, soit 0,2% de la pleine échelle. Deux types de disposition le permettent.

En premier lieu, le zéro est un zéro mécanique, puisque la coupelle vient au repos reposer sur le cône. D'autre part, les bobines sont référencées par rapport au cône, puisqu'elles en sont solidaires. Donc, même s'il y a déformation du corps du débitmètre, la distance au zéro entre la coupelle et la bobine de mesure restera constante. De plus, au niveau du capteur de déplacement, on a intérêt, pour minimiser la dérive du zéro en température, à faire en sorte qu'il y ait pour lui un équilibrage aussi bon que possible au zéro. Pour cela,

comme on l'a vu, on dispose une entretoise entre la bobine de référence et la rondelle de telle sorte que la distance entre celle-ci et la bobine de référence soit, au repos, égale à la distance entre la bobine de mesure et la coupelle. Compte tenu des tolérances et de la dimension des pièces, on peut obtenir un écart de 0,05 mm dans une production de série (0,1 mm serait tolérable).

D'autre part, dans le mode préféré de réalisation, le capteur de déplacement est un capteur à courants de Foucault, décrit par ailleurs, dont le principe est rappelé fig. 3. Les bobines 7 et 8, en série respectivement avec les résistances 18 et 19 sensiblement de même valeur, se voient appliquer une tension rectangulaire de fréquence et de rapport cyclique fixés par l'intermédiaire du transistor 17 et de la diode de roue libre 20. L'inductance apparente de la bobine 7 est modifiée par le déplacement d'une pièce métallique amagnétique comme la coupelle 4. On montre qu'il est particulièrement avantageux pour la stabilité du zéro en température d'ajouter à ce montage de base le potentiomètre 21 qui permet de parfaire l'équilibrage des tensions Va et Vb au zéro.

L'ensemble de ces précautions permet d'atteindre une dérive de zéro inférieure à 0,2% dans la gamme de températures.

7) Hystérésis et répétabilité: l'hystérésis est nulle et la répétabilité parfaite à condition que l'état de surface du cône et du trou de la coupelle soit excellent. Sur ces petites dimensions, il est possible d'obtenir un état de surface poli au moindre coût. En effet, il faut que la coupelle trouve au zéro sa position d'équilibre naturelle avec le moins possible de frottements solides.

8) Aux très bas débits, en dessous de 2 l/h, l'influence des pertes par viscosité est importante et elle augmente le déplacement de la coupelle, provoquant une non-linéarité dans cette zone. La formule approchée qui rend compte des pertes par viscosité est la suivante:

(G) $\frac{1}{\pi Re^2} \left(\frac{3}{16} \rho \cdot \frac{qV^2}{\pi R} + \frac{96 \mu \lambda qv}{13 e} \right) = \Delta p$

où μ : viscosité dynamique
 λ : longueur de passage visqueux.

Le terme $\frac{96 \mu \lambda qv}{13 e}$ est donc le terme de viscosité qui fait que, aux bas débits, les valeurs de e sont supérieures aux valeurs données par la formule (D).

Plusieurs solutions sont possibles pour rétablir la linéarité aux bas débits:

- organiser une fuite connue au clapet ou percer un trou sur la coupelle pour décaler la courbe de réponse fluidique,
- effectuer une compensation électronique en jouant soit sur la linéarité de la partie électronique aux bas débits, soit en décalant simplement le zéro.

Les résultats sont comparables.

9) Adéquation du capteur de déplacement: le capteur de déplacement à courants de Foucault est particulièrement adapté, car il réunit les qualités suivantes:

- très faible coût pour des performances exceptionnelles,
- pas de contact avec l'élément dont on veut mesurer le déplacement,
- très faible dérive du zéro,
- sensibilité en accord avec le déplacement pleine échelle de l'élément mobile — 1 mm environ pour 50 l/h et pour un trou de diamètre 4 mm,
- prise en compte de la valeur moyenne du déplacement de la coupelle, ce qui permet d'améliorer les performances au niveau de la répétabilité,
- possibilité d'intégrer au niveau de l'électronique des compensations thermiques visant à diminuer les dérives dues, par exemple, à la variation de masse volumique du fluide en température; d'autres compensations sont possibles.

10) Clapet de protection: pour des raisons de protection de la membrane, un clapet antiretour peut être monté à la sortie du débit-

mètre pour éviter que la pression ne monte dans la chambre supérieure 12. De même, un filtre peut être incorporé au débitmètre.

11) Impossibilité d'obstruction: s'il advenait que le clapet formé par le cône et la coupelle soit bloqué pour une raison peu imaginable, la pression statique des pompes à essence étant au moins de 300 mbar, l'effort d'ouverture sur le clapet monterait alors à 5 daN, ce qui retire tout risque de collage ou de coincement.

12) Retour au réservoir: pour des raisons diverses, on peut souhaiter que la pompe débite en permanence. Il faut donc un retour au réservoir après la pompe. Un orifice de sortie calibré, ménagé dans la chambre inférieure 11, permet de réaliser le retour au réservoir et même un certain dégazage, sans perturber la mesure.

13) Débit pulsé: l'équipage mobile et la perte de charge constituent un excellent filtre qui lisse les irrégularités du débit. De même,

ce montage permet des surcharges instantanées de débit importantes.

14) Présence de bulles: quand des bulles passent au niveau du clapet, au débit volumique nominal, le déplacement e de la formule (D) est environ 25 fois plus faible que pour le liquide. Si 20% du débit est constitué de bulles, l'erreur sur le débit cumulé sera de l'ordre de 0,8%.

En résumé, ce débitmètre répond parfaitement au cahier des charges fixé au début pour la mesure de débit de carburant sur automobiles. L'invention peut, par ses performances, être utilisée dans d'autres domaines; l'application n'a pas de caractère limitatif, mais présente un intérêt dans des domaines industriels variés et également au niveau de la mesure de consommation de carburant des chaudières domestiques et industrielles, par exemple.

