

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 16 août 1989.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 8 du 22 février 1991.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société Anonyme : HOSPAL INDUS-
TRIE. — FR.

⑦2 Inventeur(s) : André Fond.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Beau de Loménie.

⑤4 Procédé d'étalonnage d'un débitmètre à réponse impulsionnelle.

⑤7 Etalonnage de débitmètres.

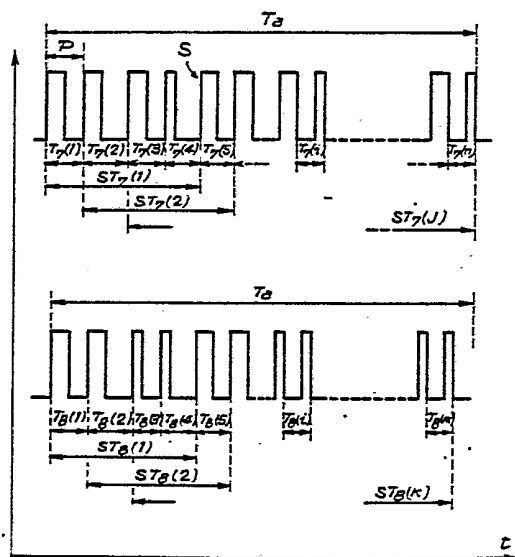
Le procédé d'étalonnage consiste, pour chaque débitmètre,
à :

. mesurer pendant une phase d'acquisition de données d'une
durée déterminée T_a , chaque temps élémentaire $T_p(i)$, $T_g(i)$
séparant deux impulsions décalées d'un pas de mesure P
déterminé;

. compter le nombre d'impulsions n , m émises pendant la
phase d'acquisition T_a ;

. et calculer la période moyenne d'étalonnage.

Application à la mesure du débit d'un liquide dans un circuit
de liquide de dialyse.



PROCEDE D'ETALONNAGE D'UN DEBITMETRE A REPONSE IMPULSIONNELLE

La présente invention concerne le domaine technique général de la mesure du débit d'un fluide circulant dans un circuit, par l'intermédiaire d'un débitmètre à réponse

05 impulsienne et elle vise, plus précisément, l'étalonnage de tels débitmètres.

L'invention trouve une application particulièrement avantageuse pour la mesure du débit d'un liquide de dialyse circulant dans un hémodialyseur d'un rein artificiel.

10 Dans l'application préférée citée ci-dessus, un rein artificiel comporte, d'une manière classique, un hémodialyseur à deux compartiments séparés par une membrane, dont l'un des compartiments est relié à un circuit de liquide de dialyse, tandis que l'autre compartiment est relié à un patient, par

15 l'intermédiaire d'un circuit extracorporel de sang. Le circuit de liquide de dialyse est pourvu, en aval et en amont de l'hémodialyseur, de débitmètres générant une impulsion électrique au passage d'une fraction déterminée de liquide de dialyse.

Au cours d'une séance de dialyse, le liquide en excès

20 présent dans le sang, ultrafiltre à travers une membrane, en raison du gradient de pression exercé de part et d'autre de la membrane. Préalablement à une telle séance, il convient de procéder à une phase d'étalonnage des débitmètres pour laquelle l'hémodialyseur est court-circuité et un débit identique de liquide de dialyse

25 circule dans les deux débitmètres. Cette phase d'étalonnage consiste à mesurer les fréquences d'étalonnage de chaque débitmètre en comptant le nombre d'impulsions pendant un temps de durée choisie, de manière à définir la relation existante, entre une fréquence de mesure et un débit donné de liquide de dialyse.

30 Une telle phase d'étalonnage permet de corriger, en partie, les erreurs intrinsèques des débitmètres et même d'utiliser des débitmètres de type différent.

Il convient de considérer que l'étalonnage des

35 débitmètres, qui résulte de mesures expérimentales, est entaché d'une certaine erreur affectant systématiquement les résultats de

mesures ultérieures. Il apparaît donc indispensable de réduire au maximum les erreurs accidentelles de mesure, susceptibles d'apparaître au cours de la phase d'étalonnage, de manière à obtenir une précision de mesure maximale pour la détermination de
05 l'ultrafiltrat retiré du sang du patient.

Pour tenter de réduire l'importance des erreurs de mesure, telles que les artefacts, la technique antérieure propose, généralement, de procéder à une phase d'étalonnage sur une durée assez longue.

10 Par ailleurs, la demande de brevet EP A 88-304 162.6 propose un procédé tentant de limiter les erreurs de mesure de débits, notamment au cours d'une phase d'étalonnage de débitmètres équipant un hémodialyseur. Ce document propose de monter en série, sur le circuit de liquide de dialyse, un couple de débitmètres en
15 amont de l'hémodialyseur et un autre couple en aval de l'hémodialyseur. Au cours de la phase d'étalonnage, l'hémodialyseur est court-circuité, de sorte que les quatre débitmètres se retrouvent placés en série. Les fréquences des débitmètres sont mesurées et l'étalonnage est considéré valable si
20 les écarts entre les fréquences mesurées sont compris dans une plage déterminée de valeurs.

Le principal inconvénient du procédé décrit ci-dessus réside dans le fait que la précision des mesures dépend directement du temps d'acquisition pendant lequel les impulsions
25 sont comptées. Aussi, pour atteindre une précision élevée, il convient d'augmenter, de manière prohibitive le temps d'acquisition des mesures.

Par ailleurs, il s'avère, en pratique, que les débitmètres présentent une dérive de mesure au cours d'une séance
30 de dialyse dont la durée atteint, généralement, quatre heures. Il devient alors nécessaire de procéder à des étalonnages en cours de séance de dialyse pour éliminer cette erreur, ce qui diminue l'efficacité de la dialyse, en raison de la longue durée de la phase d'étalonnage.

35 De plus, le doublement des débitmètres augmente le coût

de mise en oeuvre d'un tel procédé.

La présente invention vise donc à remédier aux inconvénients énoncés ci-dessus, en proposant un procédé d'étalonnage pour au moins un débitmètre délivrant un signal électrique à impulsions, permettant d'obtenir une précision de mesure élevée, indépendante du temps d'étalonnage.

L'invention vise, également, à offrir un procédé permettant l'étalonnage de débitmètres pendant un temps très court, tout en assurant l'élimination des erreurs accidentelles de mesure, comme les artefacts ou les parasites.

L'invention vise aussi à proposer un procédé particulièrement adapté pour l'étalonnage de débitmètres rotatifs à réponse impulsionnelle.

L'invention vise à offrir, encore, un procédé adapté pour assurer l'étalonnage de débitmètres équipant, plus particulièrement, un circuit de liquide de dialyse d'un rein artificiel.

Pour atteindre les buts énoncés ci-dessus, le procédé d'étalonnage selon l'invention consiste, pour chaque débitmètre, à :

- mesurer, pendant une phase d'acquisition de données d'une durée déterminée, chaque temps élémentaire séparant deux impulsions décalées d'un pas de mesure déterminé,
- compter le nombre d'impulsions émises pendant la phase d'acquisition,
- et calculer la période moyenne d'étalonnage.

Dans un mode préféré de réalisation, pour lequel chaque débitmètre est du type rotatif à N impulsions générées par tour de rotor, le procédé d'étalonnage consiste, pour déterminer la période moyenne d'étalonnage :

- à calculer les périodes de rotation en procédant, pour chacune d'entre elles, à la sommation de N temps élémentaires consécutifs et à décaler d'un temps élémentaire à chaque

période de rotation successive, de manière à éliminer de la somme, le premier temps élémentaire de la période précédente et, à ajouter à la somme, le temps élémentaire subséquent au dernier temps élémentaire pris en compte pour la période précédente,

05 - et à traiter les périodes de rotation pour déterminer la période moyenne d'étalonnage.

L'objet de l'invention vise, également, à proposer un

10 dispositif de contrôle et de traitement adapté pour l'étalonnage de débitmètres comportant :

- un microprocesseur connecté, par une liaison, à deux débitmètres,
- un compteur apte à mesurer chaque temps
- 15 élémentaire séparant deux impulsions émises par chacun des débitmètres,
- un moyen de comptage des impulsions émises pendant les temps élémentaires considérés,
- et des moyens de programmation pour traiter les
- 20 temps élémentaires, de manière à déterminer une période moyenne d'étalonnage pour chaque débitmètre.

Diverses autres caractéristiques ressortent de la description faite ci-dessous en référence aux dessins annexés qui

25 montrent, à titre d'exemples non limitatifs, des formes de réalisation de l'objet de l'invention.

La fig. 1 montre un schéma d'un exemple de réalisation d'un rein artificiel pourvu de débitmètres adaptés pour être étalonnés selon le procédé conforme à l'invention.

30 La fig. 2 montre des chronogrammes explicitant le procédé d'étalonnage selon l'invention.

La fig. 3 représente des chronogrammes illustrant un détail caractéristique du procédé d'étalonnage selon l'invention.

La fig. 4 est un diagramme montrant la dispersion des

35 mesures réalisées selon le procédé de l'invention, pour un

débitmètre rotatif.

Les fig. 5A et 5B sont des histogrammes montrant un autre détail caractéristique du procédé selon l'invention.

La fig. 6 illustre un algorithme simplifié décrivant le
05 procédé d'étalonnage selon l'invention.

Le procédé selon l'invention est destiné à assurer l'étalonnage d'au moins un débitmètre équipant un circuit de circulation d'un fluide donné, de manière à obtenir une précision de mesure élevée de l'ordre de 5/10 000. Un tel procédé se trouve
10 particulièrement adapté pour l'étalonnage de débitmètres du type délivrant chacun un signal électrique à impulsions, dont la fréquence correspond à une valeur donnée de débit du fluide.

Avantageusement, les débitmètres étalonnés selon le procédé conforme à l'invention peuvent équiper un circuit de
15 liquide de dialyse d'un rein artificiel. Dans l'exemple illustré à la fig. 1, le rein artificiel comporte un circuit 1 de liquide de dialyse relié au premier compartiment 2 d'un hémodialyseur 3. De façon classique, l'hémodialyseur 3 comporte un second compartiment 4, séparé du premier par une membrane 5 et relié au patient par
20 l'intermédiaire d'un circuit extracorporel de sang 6.

Le circuit 1 comporte une entrée A reliée à une source de liquide de dialyse (non représentée), ainsi qu'une sortie F connectée à des moyens d'évacuation ou de recyclage non représentés. Le circuit de dialyse 1 est pourvu, respectivement,
25 en amont et en aval de l'hémodialyseur, de débitmètres 7, 8 assurant la mesure de la quantité de liquide qui circule, en générant chacun une impulsion électrique au passage d'une fraction déterminée de liquide de dialyse. De préférence, mais non exclusivement, les débitmètres 7, 8 sont de nature identique et du
30 type rotatif. Chaque débitmètre délivre un nombre N d'impulsions électriques par tour de rotor. Chaque impulsion est émise au passage d'une graduation ou d'un repère porté par le rotor ou, par exemple, d'une pale, devant un détecteur fixe. Un tel signal électrique est transmis par une liaison 9 à un dispositif 11 de
35 contrôle et de traitement, dont la fonction apparaîtra plus

clairement dans la suite de la description.

Le circuit 1 comporte, également, des pompes de circulation 12, 13 placées, par exemple, respectivement, entre le débitmètre amont 7 et l'entrée C de l'hémodialyseur et entre la sortie D de l'hémodialyseur et le débitmètre aval 8. Le circuit 1 est muni, aussi, d'une conduite de dérivation 14 reliée, d'une part, en un point B du circuit, à l'entrée C de l'hémodialyseur, par l'intermédiaire d'un moyen d'obturation 15, tel qu'une vanne d'arrêt et, d'autre part, en un point E du circuit, à la sortie D de l'hémodialyseur, par l'intermédiaire de la pompe de circulation 13. La fonction de la conduite de dérivation 14, qui est équipée d'un moyen d'obturation 16, apparaît plus précisément lors de la phase d'étalonnage.

Pour procéder à l'étalonnage de chacun des deux débitmètres, l'hémodialyseur 3 est court-circuité par la fermeture de la vanne d'arrêt 15 et l'ouverture du moyen d'obturation 16, tandis que la pompe de circulation 13 est en position d'arrêt. Le liquide de dialyse circule donc, par l'intermédiaire de la pompe 12, dans le circuit formé par les tronçons A, B, E, F. Pendant cette phase d'étalonnage, le débit de liquide, circulant dans le débitmètre amont 7, est rigoureusement égal au débit de liquide circulant dans le débitmètre aval 8, dans la mesure où le circuit ainsi formé ne possède aucun point de perte ou de gain de liquide de dialyse.

Tel que cela ressort plus précisément de la fig. 2, le procédé d'étalonnage selon l'invention consiste, pendant une phase d'acquisition de données d'une durée choisie T_a , à mesurer, pour chaque débitmètre 7, 8, chaque temps élémentaire $T_7(i)$ et $T_8(i)$ séparant deux impulsions s décalées d'un pas de mesure P déterminé. Chaque impulsion est définie comme étant la partie du signal séparant, par exemple, deux fronts montants successifs. Dans l'exemple illustré par la fig. 2, le pas de mesure P est égal à 1, de sorte que chaque temps élémentaire mesuré correspond au temps séparant deux impulsions consécutives. Dans le cas de fréquences élevées, tel qu'illustré à la fig. 3, le pas de mesure

P est 4, de sorte que chaque temps élémentaire correspond à la durée de quatre impulsions.

Il doit être considéré que le temps T_a constitue, en réalité, un temps moyen d'acquisition de données. En effet, une telle phase d'acquisition est destinée à permettre l'enregistrement d'un nombre entier et maximal de temps élémentaires, dont la somme ne correspond pas exactement et nécessairement à la durée T_a , comme cela ressort clairement de la fig. 2.

Le procédé consiste, également, pour chaque débitmètre 7, 8, à compter le nombre d'impulsions émises, respectivement n et m, pendant le temps d'acquisition T_a et à calculer, ensuite, les périodes moyennes d'étalonnage T_m .

Selon une première variante de réalisation, chaque période moyenne d'étalonnage T_{m7} , T_{m8} est calculée en effectuant la somme des temps élémentaires sur le nombre d'impulsions compté, soit :

$$T_{m7} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n T_7(i)$$

et :

$$T_{m8} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m T_8(i)$$

Selon une seconde variante préférée de réalisation, dans laquelle chaque débitmètre est du type rotatif à N impulsions générées par tour de rotor, les périodes moyennes d'étalonnage sont déterminées en tenant compte des dispersions des caractéristiques mécaniques de tels débitmètres. En effet, selon cette variante, chaque temps élémentaire mesuré entre deux impulsions successives correspond à l'intervalle de temps séparant le passage, devant le détecteur, de deux repères ou deux pales successives. Aussi, il doit être considéré que les temps élémentaires ne sont pas identiques, dans la mesure où les N pales ou repères ne se trouvent pas régulièrement répartis angulairement

sur le rotor. Un tel phénomène apparaît clairement à la fig. 4 qui montre un diagramme représentant, à titre d'exemple, les différences de valeurs entre les temps élémentaires T_7 en fonction du rang considéré des pales d'un débitmètre. Dans l'exemple illustré, le débitmètre comporte quatre pales P_1 à P_4 .

Le procédé d'étalonnage selon l'invention vise à s'affranchir d'un tel décalage d'implantation angulaire pour permettre de déterminer une période d'étalonnage la plus précise possible. A cet effet, le procédé selon l'invention vise, pour chaque débitmètre, à calculer une série de périodes de rotation $ST_7(i)$ et $ST_8(i)$. Tel que cela apparaît plus précisément à la fig. 2, ces périodes de rotation sont déterminées en procédant, pour chacune d'entre elles, à la somme de N temps élémentaires consécutifs et au décalage d'un temps élémentaire à chaque période de rotation successive, de manière à éliminer de la somme, le premier temps élémentaire de la période précédente et, à ajouter à la somme, le temps élémentaire subséquent au dernier temps élémentaire pris en compte pour la période précédente.

A titre d'exemple, si le nombre N de pales est égal à quatre, chaque période de rotation $ST_7(i)$ ou $ST_8(i)$ est égale à la somme de quatre temps élémentaires. Ainsi, les premières périodes de rotation $ST_7(1)$ et $ST_8(1)$ sont telles que :

$$ST_7(1) = T_7(1) + T_7(2) + T_7(3) + T_7(4)$$

$$ST_8(1) = T_8(1) + T_8(2) + T_8(3) + T_8(4)$$

Les secondes périodes de rotation sont calculées en éliminant de la somme, le premier temps élémentaire et en prenant en compte le cinquième temps élémentaire, de sorte que :

$$ST_7(2) = T_7(2) + T_7(3) + T_7(4) + T_7(5)$$

et :

$$ST_8(2) = T_8(2) + T_8(3) + T_8(4) + T_8(5)$$

Les périodes de rotation suivantes sont obtenues en réalisant un décalage identique, jusqu'à la dernière période élémentaire mesurée $ST_7(J)$ et $ST_8(K)$. Le nombre J, K de période de rotation, respectivement des débitmètres 7, 8, est tel que :

$$J = n - (N - 1)$$

$$K = m - (N - 1)$$

Une telle méthode, permet donc d'éliminer les effets de la dissymétrie d'implantation angulaire des pales ou des repères sur le rotor, en prenant en compte des périodes de rotation
 05 correspondant à un tour de rotation du rotor du débitmètre.

Une autre méthode, pour éliminer les effets d'une telle dissymétrie d'implantation, peut être envisagée, dans le cas où la fréquence du signal impulsionnel est élevée. Selon la fig. 3, les périodes de rotation sont définies pour correspondre au temps mis
 10 par une seule et même pale ou par un seul et même repère pour accomplir un tour de rotation. Pour $N = 4$, chaque période de rotation est égale à la durée de 4 impulsions successives. Les fig. 5A et 5B montrent, respectivement, un exemple de distribution des périodes de rotation $ST_7(i)$ et $ST_8(i)$ déterminées pour une
 15 phase d'étalonnage donnée. Les périodes de rotation sont ensuite traitées, de manière à déterminer les périodes moyennes d'étalonnage correspondantes.

Une première méthode de traitement possible des valeurs consiste à effectuer le rapport de la somme des périodes de
 20 rotation sur le nombre de périodes pour déterminer la période moyenne d'étalonnage Tm_7 , Tm_8 , soit :

$$Tm_7 = \frac{1}{j} \cdot \sum_{i=1}^j ST_7(i)$$

25 et :

$$Tm_8 = \frac{1}{k} \cdot \sum_{i=1}^k ST_8(i)$$

Une telle méthode de traitement apparaît particulièrement
 30 adaptée si les périodes de rotation se trouvent distribuées selon une courbe de Gauss, tel que cela est illustré à la fig. 5A.

Une autre méthode de détermination de la période moyenne d'étalonnage s'avère plus particulièrement adaptée pour éliminer les erreurs de mesure qui apparaissent clairement sur le diagramme
 35 de la fig. 5B. Dans cet exemple, il convient de constater que

quelques périodes de rotation présentent des valeurs élevées, correspondant, notamment, à des artefacts de mesure. Pour éliminer de telles erreurs de mesure, la période moyenne d'étalonnage T_m est déterminée de manière que le maximum de valeurs de périodes de rotation se situe dans un intervalle I centré autour de cette période moyenne T_m . De plus, il peut être prévu que la période moyenne d'étalonnage T_m , ainsi déterminée sera validée dans la mesure où le nombre de valeurs de périodes de rotation mesurées, qui sont contenues dans cet intervalle I , est supérieur ou égal à un pourcentage prédéterminé du nombre total de valeurs de périodes de rotation mesurées.

A titre d'exemple, l'étalonnage sera validé si 80 % des valeurs de périodes de rotation sont contenues dans l'intervalle I prédéterminé et centré autour de la période moyenne T_m .

De préférence, l'intervalle I est l'intervalle compris entre la valeur de la période moyenne T_m plus le double d'un écart type standard (ECT) et la valeur de la période moyenne T_m moins le double d'un écart type standard (ECT). Un tel écart type standard est déterminé dans des conditions de mesure statique, à partir de l'analyse des informations fournies par le même type de débitmètre utilisé au cours des phases d'étalonnage et de dialyse.

Le procédé d'étalonnage décrit ci-dessus, dont la méthode consiste à mesurer des temps élémentaires entre deux impulsions, permet d'obtenir une précision de mesure élevée et indépendante du temps d'étalonnage. Par ailleurs, ce procédé autorise l'obtention d'un grand nombre de données permettant un traitement adapté des mesures pour éliminer les erreurs accidentelles de mesure. Il s'ensuit que le temps d'étalonnage peut être limité à une durée minimum nécessaire à l'acquisition de données suffisantes pour un traitement ultérieur, sans toutefois affecter la précision de mesure puisque les erreurs, susceptibles d'apparaître pendant ce laps de temps très court, se trouvent éliminées par le procédé d'étalonnage selon l'invention. A titre d'exemple, l'expérience pratique montre que la phase d'étalonnage de deux débitmètres peut être réalisée pendant une durée de

l'ordre de 10 secondes.

Bien entendu, le procédé d'étalonnage selon l'invention peut être, avantageusement, mis en oeuvre par des moyens de programmation implantés dans un microprocesseur faisant partie intégrante du dispositif 11 de contrôle et de traitement. Les
05 moyens de programmation comportent, en outre, un algorithme principal d'étalonnage, comme illustré à la fig. 6. Cet algorithme présente une phase d'initialisation 100, au cours de laquelle est effectuée, successivement, l'acquisition des périodes
10 élémentaires de chacun des débitmètres suivant, par exemple, la méthode suivante. Un signal d'interruption, qui est transmis au microprocesseur, est engendré à chaque front descendant d'une impulsion. Le signal d'interruption autorise la lecture d'un étage tampon 11a dans lequel est enregistrée en continu la valeur d'un
15 compteur 11b. Au moment de chaque interruption, la valeur du compteur, contenue dans l'étage tampon, est mémorisée, puis retranchée de celle enregistrée précédemment, de manière à déterminer une période élémentaire. Bien entendu, le nombre d'interruptions est enregistré pour connaître le nombre
20 d'impulsions émises pendant les périodes élémentaires.

L'acquisition des périodes élémentaires s'effectue tant que le temps d'enregistrement T_a d'un débitmètre n'est pas terminée (étape 101).

Lorsque les temps élémentaires de chacun des débitmètres
25 ont été enregistrés successivement, les signaux d'interruption sont inhibés (étape 102), de manière à permettre le traitement des données prises en compte selon le procédé décrit ci-dessus (étape 103).

Si la période moyenne d'étalonnage calculée ne permet
30 pas d'obtenir un pourcentage déterminé de valeurs de périodes de rotation comprises dans l'intervalle choisi centré autour de cette moyenne, un signal d'erreur d'étalonnage est émis et une nouvelle phase d'acquisition de données doit être effectuée (étape 104).

Lorsque les périodes d'étalonnage de chaque débitmètre
35 sont déterminées de manière précise, le dispositif de contrôle 11

détermine un coefficient d'étalonnage qui peut être, par exemple, le rapport entre les deux périodes moyennes d'étalonnage calculées (étape 105). Ce coefficient d'étalonnage permettra de corriger les mesures de débit effectuées par les débitmètres lors de la séance de dialyse.

05 Tel que cela ressort de la fig. 1, pour procéder à une telle séance de dialyse qui suit la phase d'étalonnage initiale, le moyen 16 est placé dans sa position d'obturation, tandis que le moyen 15 est placé dans celle d'ouverture, de sorte que le liquide de dialyse circule dans le circuit A, C, D, E en traversant, 10 notamment, le compartiment 2 de l'hémodialyseur 3. Selon une forme préférée de fonctionnement, une pompe d'extraction 17 est montée sur le circuit de dialyse, par exemple entre la pompe de circulation 13 et la sortie D de l'hémodialyseur, de manière à 15 extraire du circuit 1 une quantité de liquide de dialyse égale à la quantité d'ultrafiltrat à retirer du sang. Il en résulte que le débit de liquide, circulant dans les deux débitmètres 7,8, est identique.

20 Avantageusement, le débit de liquide de dialyse, lors de la phase d'étalonnage, est choisi pour être de valeur identique au débit de liquide de dialyse circulant au cours de la séance de dialyse.

25 De préférence, un coefficient d'étalonnage vrai peut être déterminé, en procédant à la demi-somme de deux coefficients définis selon deux phases successives d'étalonnage. Ce coefficient vrai d'étalonnage correspond à celui qui aurait dû être utilisé pendant la phase de dialyse entre deux phases d'étalonnage consécutives. Aussi, le dispositif de contrôle 11 détermine un 30 coefficient de correction correspondant à l'écart, entre le coefficient vrai et le premier des deux coefficients considérés, permettant de corriger, par ce coefficient, le volume relatif de liquide mesuré par les débitmètres entre les deux phases successives d'étalonnage considérées.

35 Si la valeur du débit de liquide de dialyse est modifiée de manière significative, au cours de la séance de dialyse, une

nouvelle phase d'étalonnage doit être réalisée avec cette nouvelle valeur de débit du liquide de dialyse, de manière à déterminer un nouveau coefficient d'étalonnage. Une telle phase d'étalonnage peut être, avantageusement, effectuée selon le procédé de l'invention, dans la mesure où la durée d'étalonnage est limitée dans le temps.

Il apparaît donc que le procédé selon l'invention, d'étalonnage d'au moins un débitmètre, trouve une application particulièrement avantageuse pour des débitmètres équipant un circuit de liquide de dialyse. En effet, le procédé conforme à l'invention permet d'effectuer l'étalonnage de débitmètres pendant un temps très court, tout en éliminant les erreurs accidentelles de mesure, de sorte que l'efficacité de la dialyse reste entière.

L'invention n'est pas limitée aux exemples décrits et représentés, car diverses modifications peuvent y être apportées sans sortir de son cadre.

20

25

30

35

REVENDEICATIONS :

- 1 - Procédé d'étalonnage pour au moins un débitmètre (7,
8) délivrant un signal électrique à impulsions (s) dont la
fréquence correspond à une valeur donnée de débit d'un fluide
05 circulant dans un circuit,
caractérisé en ce qu'il consiste, pour chaque
débitmètre, à :
- mesurer pendant une phase d'acquisition de
données d'une durée déterminée (Ta), chaque
10 temps élémentaire (T₇(i), T₈(i)) séparant deux
impulsions décalées d'un pas de mesure (P)
déterminé,
 - compter le nombre d'impulsions (n, m) émises
pendant la phase d'acquisition (Ta),
 - 15 - et calculer la période (Tm₇, Tm₈) moyenne
d'étalonnage.
- 2 - Procédé d'étalonnage selon la revendication 1,
caractérisé en ce qu'il consiste à calculer la période moyenne
d'étalonnage en effectuant le rapport de la somme des temps
20 élémentaires sur le nombre d'impulsions comptées.
- 3 - Procédé d'étalonnage selon la revendication 1, adapté
pour un débitmètre rotatif à N impulsions générées par tour de
rotor,
caractérisé en ce qu'il consiste, pour déterminer la
25 période moyenne d'étalonnage :
- à calculer les périodes de rotation (ST₇(i),
ST₈(i)) en procédant, pour chacune d'entre
elles, à la sommation de (N) temps élémentaires
(T₇(i), T₈(i)) consécutifs,
 - 30 - et à traiter les périodes de rotation pour
déterminer la période moyenne d'étalonnage.
- 4 - Procédé d'étalonnage selon la revendication 3,
caractérisé en ce qu'il consiste, pour calculer les périodes de
rotation (St₇(i), St₈(i)), à décaler d'un temps élémentaire à
35 chaque période de rotation successive, de manière à éliminer de la

somme, le premier temps élémentaire de la période précédente et, à ajouter à la somme, le temps élémentaire subséquent au dernier temps élémentaire pris en compte pour la période précédente

05 5 - Procédé d'étalonnage selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que le traitement des périodes de rotation ($ST_7(i)$, $ST_8(i)$) consiste à effectuer le rapport de la somme des périodes de rotation sur le nombre de périodes pour déterminer la période moyenne d'étalonnage (Tm_7 , Tm_8).

10 6 - Procédé d'étalonnage selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que le traitement des périodes de rotation consiste à déterminer la période moyenne d'étalonnage (Tm), de manière que le maximum de valeurs de périodes de rotation se situe dans un intervalle (I) centré autour de cette période moyenne et à valider l'étalonnage si le nombre de valeurs de périodes de
15 rotation contenues dans l'intervalle (I) est supérieur ou égal à un pourcentage prédéterminé du nombre total de valeurs de périodes de rotation.

20 7 - Procédé d'étalonnage selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il consiste à choisir, pour l'intervalle (I), un intervalle compris entre la valeur de la période moyenne (Tm) plus le double d'un écart type standard (ECT) et la valeur de la période moyenne (Tm) moins le double d'un écart type standard (ECT).

25 8 - Procédé d'étalonnage selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à choisir un pas de mesure (P) correspondant à une impulsion.

9 - Procédé d'étalonnage selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il consiste à choisir un pas de mesure (P) correspondant à (N) impulsions.

30 10 - Procédé d'étalonnage selon l'une des revendications 1 à 9, adapté pour chaque débitmètre d'un couple de débitmètre dont l'un est monté à l'entrée et l'autre à la sortie d'un circuit de dialyse (1) relié à un hémodialyseur (3), du type consistant à procéder à au moins une phase d'étalonnage pendant laquelle le
35 débit de liquide de dialyse est identique à l'entrée et à la

sortie du circuit, par la mise en court-circuit de l'hémodialyseur,
caractérisé en ce qu'il consiste à déterminer la
période d'étalonnage (T_{m7} , T_{m8}) pour chaque débitmètre et à
définir un coefficient d'étalonnage correspondant au rapport des
05 deux périodes moyennes d'étalonnage.

11 - Procédé d'étalonnage selon la revendication 10,
caractérisé en ce qu'il consiste à choisir, pendant la phase
d'étalonnage, un débit de liquide de dialyse circulant dans le
circuit, de valeur identique au débit normal de circulation pendant
10 la phase de fonctionnement de l'hémodialyseur.

12 - Procédé d'étalonnage selon la revendication 10,
caractérisé en ce qu'il consiste, pendant une phase de
fonctionnement de l'hémodialyseur, à procéder à des phases
d'étalonnage espacées dans le temps, pour déterminer des
15 coefficients d'étalonnage successifs.

13 - Procédé d'étalonnage selon la revendication 12,
caractérisé en ce qu'il consiste à :

- définir un coefficient d'étalonnage vrai
déterminé par la demi-somme de deux coefficients
20 définis selon deux phases successives
d'étalonnage,
- et corriger le volume relatif de liquide mesuré
entre les deux phases successives d'étalonnage,
par un coefficient de correction correspondant à
25 l'écart entre le coefficient vrai et le premier
des deux coefficients considérés.

14 - Dispositif de contrôle et de traitement adapté pour
l'étalonnage selon le procédé conforme à l'une des revendications 1
à 13, de débitmètres équipant un circuit de dialyse d'un rein
30 artificiel,

caractérisé en ce qu'il comporte :

- un microprocesseur connecté, par une liaison (9),
à deux débitmètres (7, 8),
- un compteur (11a, 11b) apte à mesurer chaque
35 temps élémentaire séparant deux impulsions émises

par chacun des débitmètres,

- un moyen de comptage des impulsions émises pendant les temps élémentaires considérés,
 - et des moyens de programmation pour traiter les
- 05 temps élémentaires, de manière à déterminer une période moyenne d'étalonnage pour chaque débitmètre.

10

15

20

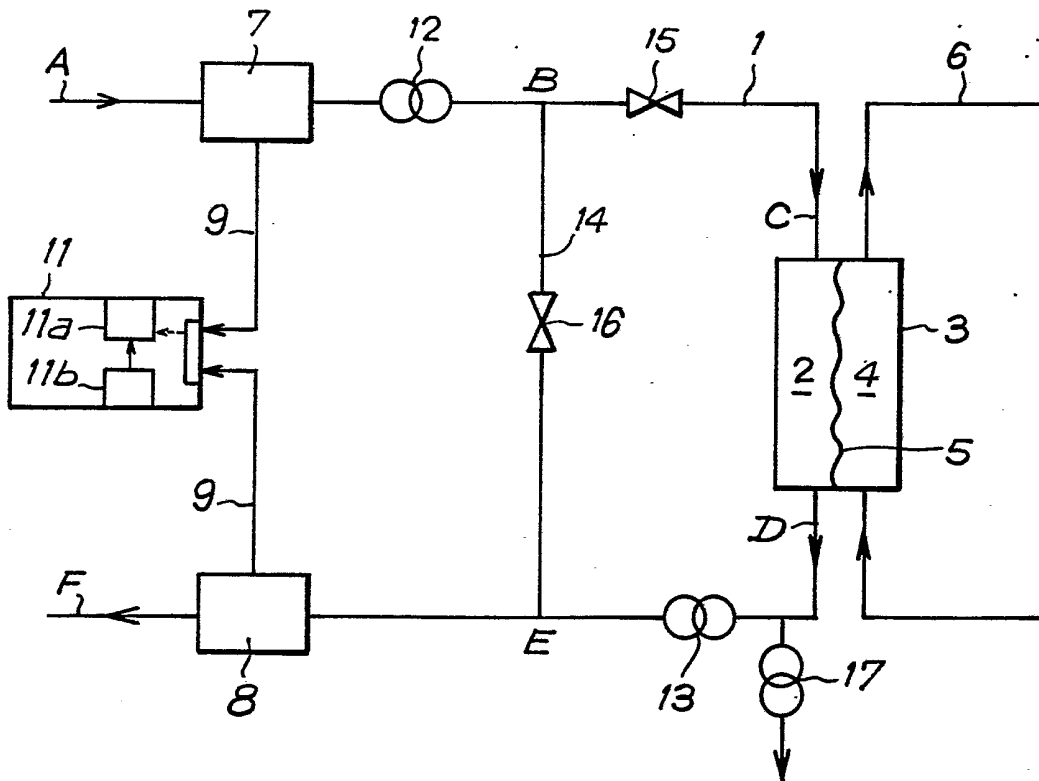
25

30

35

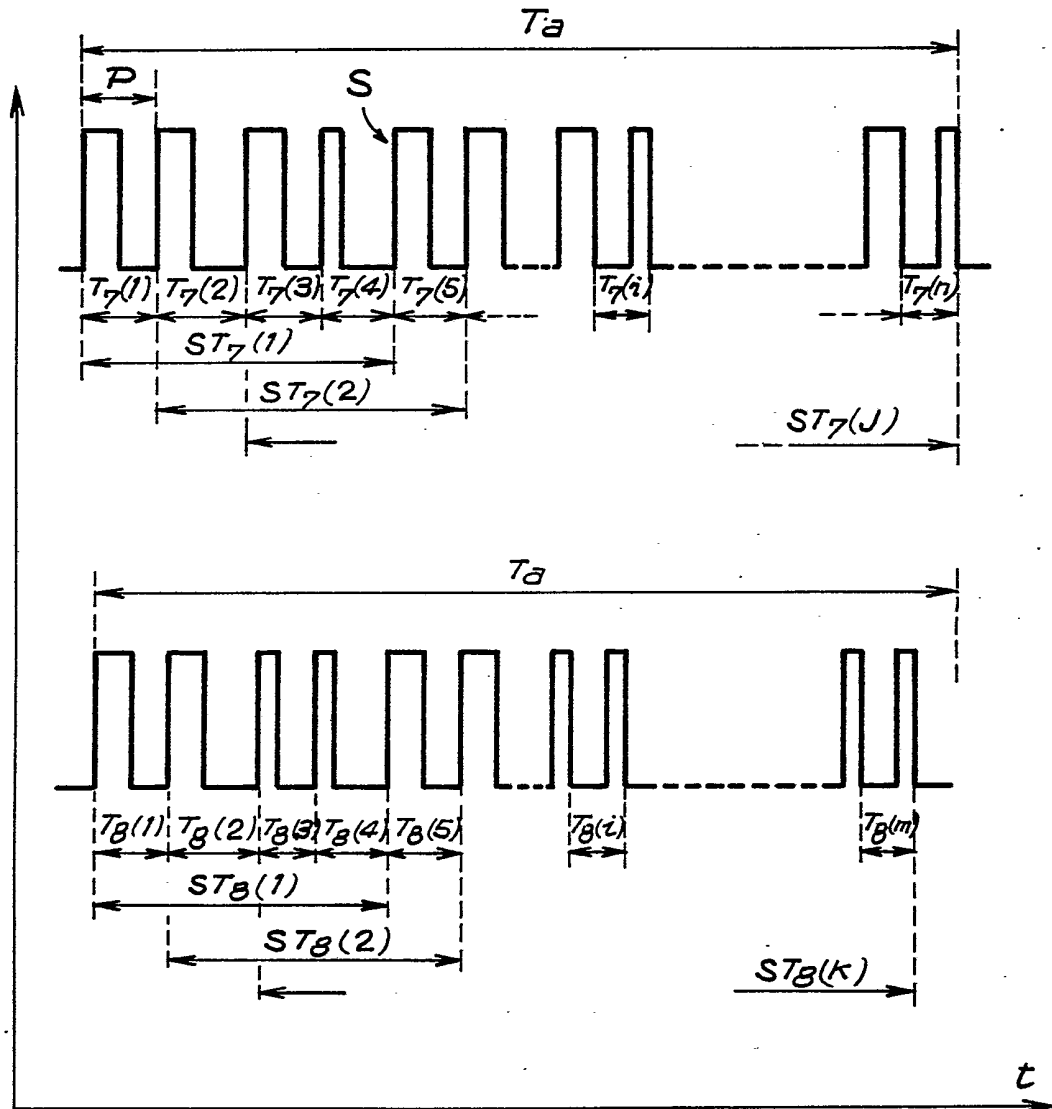
1/5

Fig-1



2/5

Fig- 2



3/5

Fig. 4

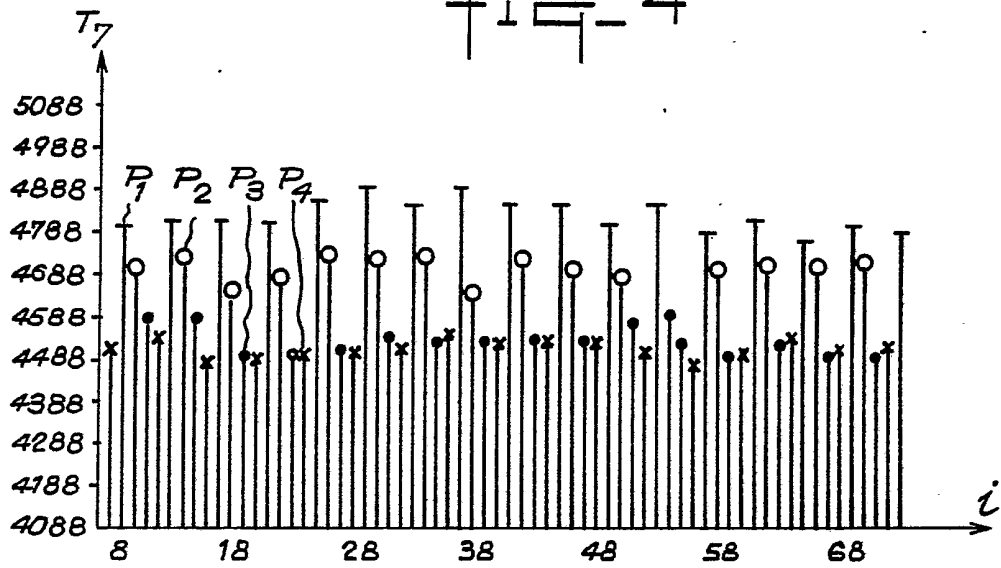
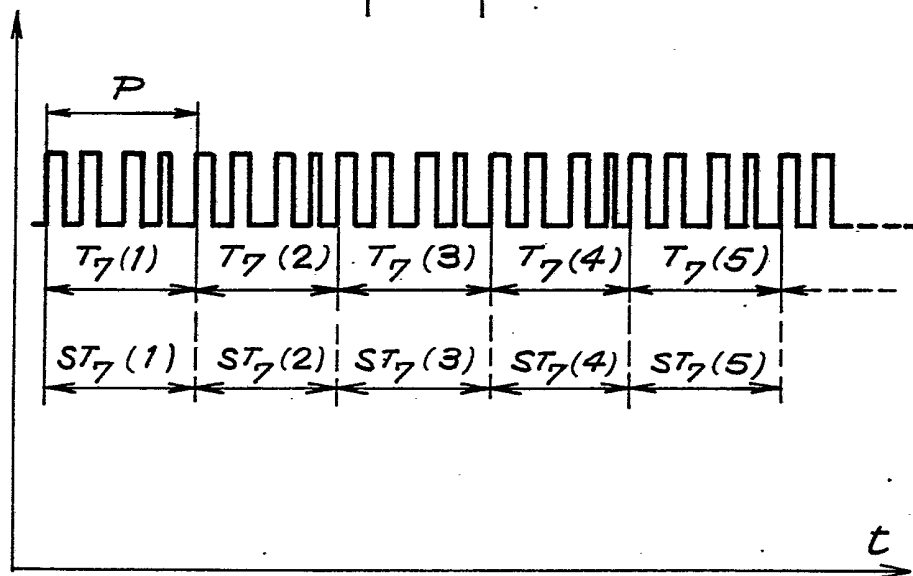
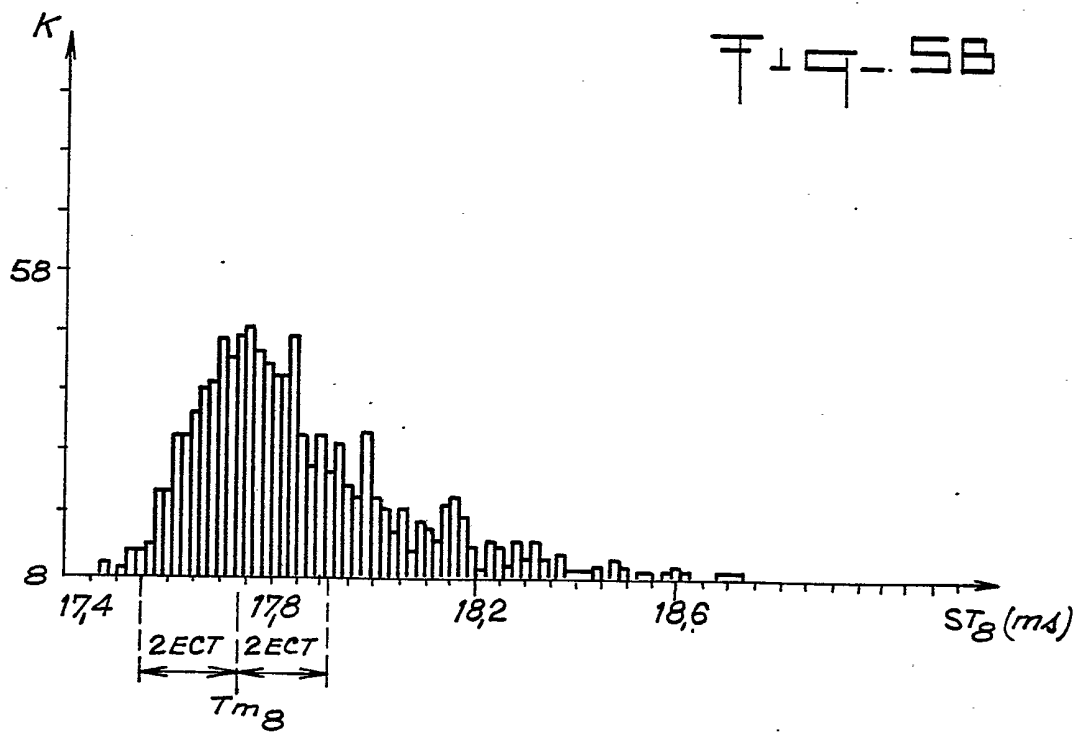
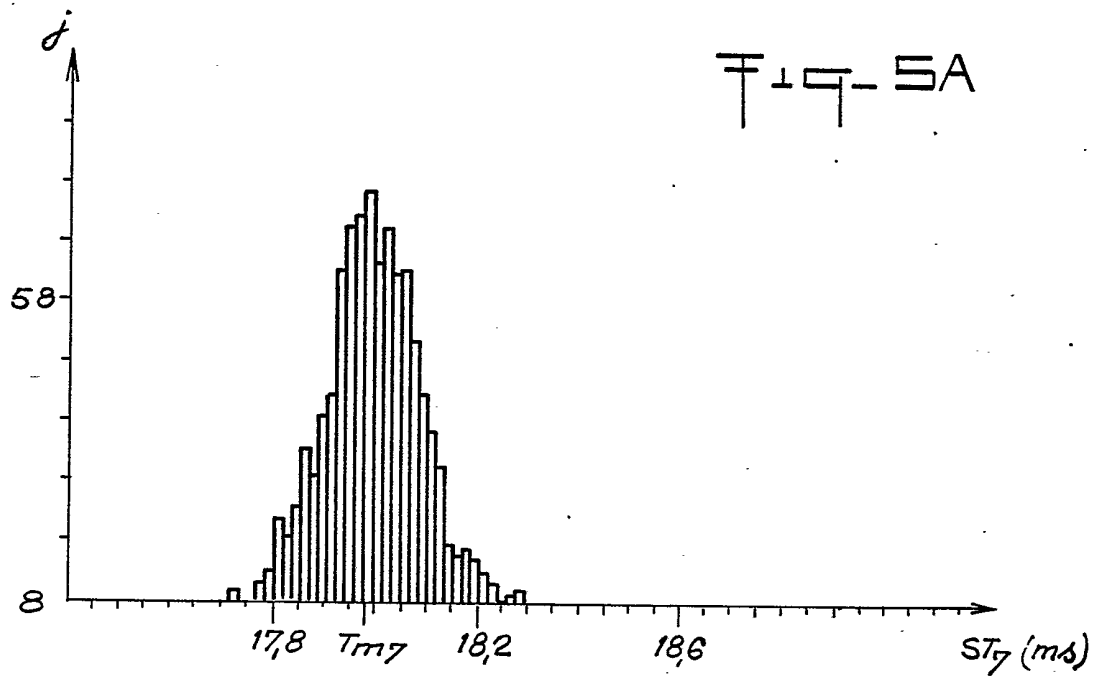


Fig. 3



4/5



5/5

Fig. 6

