



(11) (21) (C) **2,023,317**
(22) 1990/08/15
(43) 1991/02/17
(45) 2000/03/14

(72) Fond, André, FR

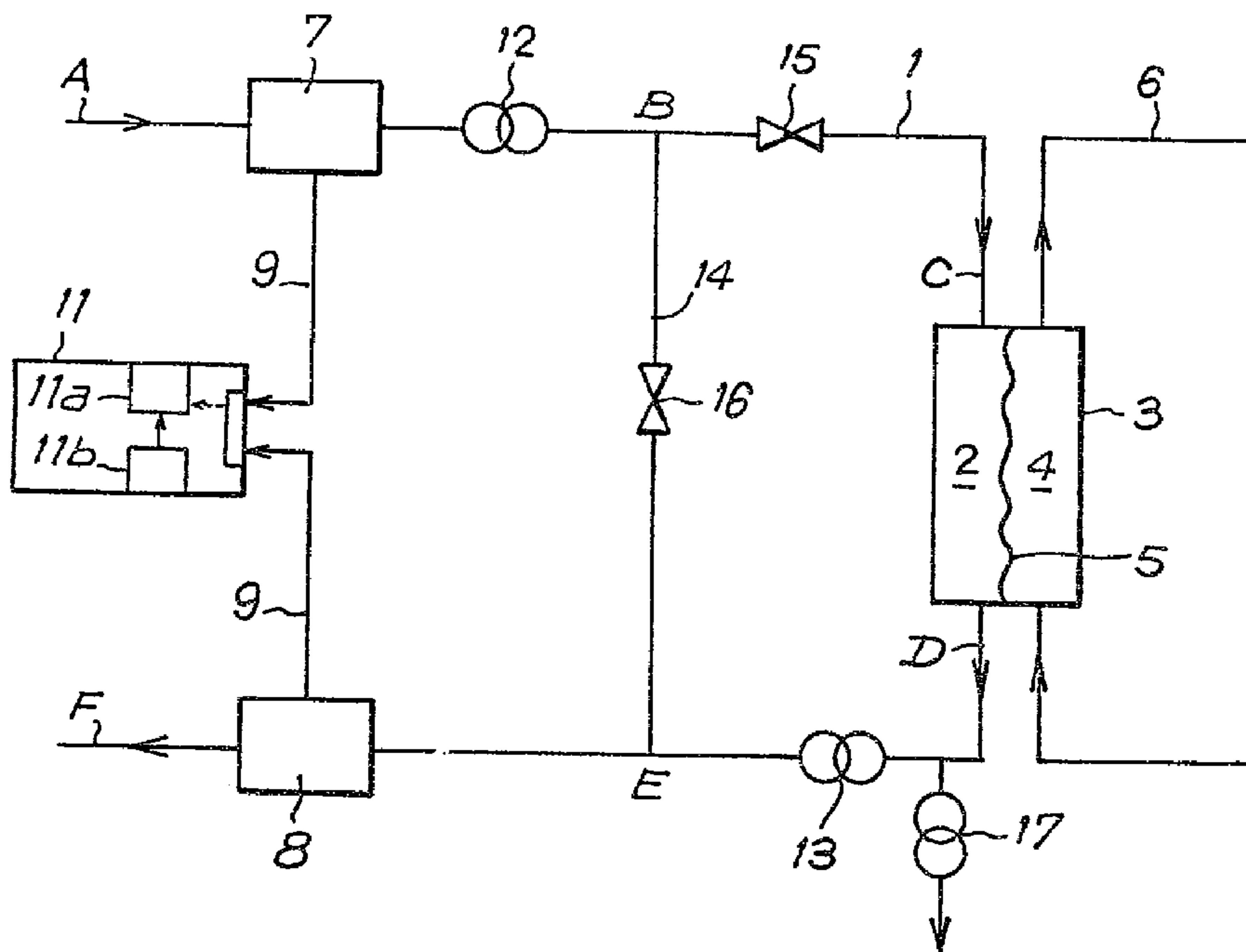
(73) HOSPAL INDUSTRIE, FR

(51) Int.Cl.⁵ G01F 3/00, G01F 1/00

(30) 1989/08/16 (89 11 083) FR

(54) **PROCEDE D'ETALONNAGE D'UN DEBITMETRE A REPONSE
IMPULSIONNELLE**

(54) **CALIBRATING PROCESS FOR A PULSE RESPONSIVE
FLOWMETER**



(57) Le procédé d'étalonnage pour un débitmètre délivrant un signal électrique à impulsions dont la fréquence correspond au débit d'un fluide circulant dans un circuit consiste 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, en effectuant le rapport de la somme des temps élémentaires sur le nombre d'impulsions comptées. La présente invention peut être appliquée à la mesure du débit d'un liquide dans un circuit de liquide de dialyse.

ABRÉGÉ DU MÉMOIRE DESCRIPTIF

Le procédé d'étalonnage pour un débitmètre délivrant un signal électrique à impulsions dont la fréquence correspond au débit d'un fluide circulant dans un circuit consiste 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, en effectuant le rapport de la somme des temps élémentaires sur le nombre d'impulsions comptées. La présente invention peut être appliquée 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 la mesure du débit d'un fluide circulant dans un circuit au moyen d'un débitmètre à réponse impulsionnelle et, plus précisément, l'étalonnage d'un tel débitmètre.

5 L'invention trouve une application particulièrement intéressante dans la mesure du débit du liquide de dialyse circulant dans le circuit de dialyse d'un rein artificiel.

De façon classique, un rein artificiel comprend un hémodialyseur séparé par une membrane semi-perméable en deux compartiments, l'un de ces compartiments étant relié à un circuit sang prévu pour être raccordé au circuit vasculaire d'un patient souffrant d'insuffisance rénale, l'autre compartiment étant relié à un circuit de liquide de dialyse prévu pour être parcouru par un liquide de dialyse. Au cours d'une séance de dialyse, les impuretés du sang, que le patient ne peut éliminer naturellement, migrent par diffusion au travers de la membrane et passent dans le liquide de dialyse circulant dans le circuit de dialyse. En outre, la séance de dialyse est généralement mise à profit pour retirer du patient une certaine quantité d'eau plasmatique par convection au travers de la membrane, cette convection étant provoquée par la création d'une différence de pression positive entre les compartiments sang et liquide de dialyse de l'hémodialyseur. La quantité d'eau retirée au patient, ainsi que le débit auquel cette eau est retirée doivent pouvoir être contrôlés précisément.

Pour effectuer ce contrôle, il est connu de disposer sur le circuit du liquide de dialyse d'un rein artificiel un débitmètre en amont et un débitmètre en aval de l'hémodialyseur, les indications fournies par ces débitmètres étant utilisées classiquement de deux façons : soit pour fournir, par simple différence, une mesure directe du débit de l'eau plasmatique retirée au patient et pour asservir une pompe disposée sur le circuit du liquide de dialyse de façon que ce débit soit égal à une valeur déterminée ; soit pour asservir une pompe disposée sur le circuit du liquide de dialyse de façon que les débits à l'entrée et à la sortie de l'hémodialyseur soient identiques, une autre pompe permettant d'extraire du circuit de liquide de dialyse, entre les deux débitmètres, une quantité de liquide correspondant à la quantité d'eau plasmatique qu'on souhaite retirer du patient.

Quel que soit le mode de contrôle utilisé, il va de soit que sa précision dépend de l'étalonnage des débitmètres.

Le brevet US 4 889 635, qui décrit le second des modes de contrôle évoqué plus haut, propose un procédé d'étalonnage consistant à relier directement en

série, au moyen d'une canalisation de dérivation, deux débitmètres à réponse impulsionnelle disposés respectivement en amont et en aval de l'hémodialyseur lors du fonctionnement normal de l'hémodialyseur; à compter, pendant une phase d'étalonnage de durée déterminée, le nombre des impulsions émises par chacun des débitmètres; et à calculer, à partir de ce nombre d'impulsions, un coefficient d'étalonnage.

10 Ce procédé présente l'inconvénient que sa précision dépend directement de la longueur de la phase d'étalonnage: plus cette phase est longue, moins l'influence d'éléments perturbateurs (bulles, etc...) et moins l'imprécision liée au décalage entre le début (respectivement, la fin) de la phase d'étalonnage et la première (respectivement, la dernière) impulsion comptée, sont sensibles.

Or une phase d'étalonnage longue, si elle n'est pas un handicap insurmontable en début de séance, est en revanche rédhibitoire si, dans le but d'obtenir une grande précision dans la mesure du débit des liquides, elle doit être
20 répétée à plusieurs reprises au cours d'une séance de dialyse, cette opération étant rendue nécessaire avec les débitmètres connus actuellement qui dérivent sensiblement au cours d'une telle séance (qui dure généralement environ quatre heures): en effet, l'efficacité thérapeutique de la dialyse s'oppose à ce que la circulation de liquide de dialyse dans l'hémodialyseur soit interrompue trop longtemps au cours de la séance.

La présente invention vise donc à proposer un procédé d'étalonnage pour un débitmètre délivrant un signal
30 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 d'un débitmètre pendant un temps très court, tout en neutralisant l'influence d'éléments perturbateurs accidentels.

L'invention vise aussi à proposer un procédé particulièrement adapté à l'étalonnage de débitmètres

rotatifs à réponse impulsionnelle.

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

La présente invention vise un procédé d'étalonnage d'un premier débitmètre au moyen d'un second débitmètre, consistant à relier en série le premier débitmètre au second débitmètre, chaque débitmètre délivrant un signal
10 électrique à impulsions ayant une fréquence correspondant à une valeur donnée de débit d'un fluide circulant dans un circuit, le procédé comportant les étapes de:

- mesurer pour chaque débitmètre, pendant une phase d'acquisition de données d'une durée moyenne, chaque temps élémentaire séparant deux impulsions décalées d'un pas de mesure déterminé,
- compter, pour chaque débitmètre, le nombre
20 d'impulsions émises pendant la phase d'acquisition;
- calculer, à partir des temps élémentaires mesurés et du nombre d'impulsions comptées, une période moyenne d'étalonnage de chaque débitmètre; et
- déterminer un coefficient d'étalonnage à partir d'une comparaison entre la période moyenne d'étalonnage du premier débitmètre et la période moyenne d'étalonnage du second débitmètre prise comme valeur de référence.

30 Grâce à ce procédé, on élimine l'imprécision liée, dans le procédé d'étalonnage mentionné plus haut, à la prise en compte, dans la durée de l'étalonnage proprement dite, du temps correspondant au décalage entre le début (respectivement, la fin) de la phase d'acquisition de données et la première (respectivement, la dernière) impulsion comptée. En outre, ce procédé permet un traitement ultérieur des données recueillies, permettant en

3a

particulier de minimaliser l'importance des données erratiques ou de les éliminer.

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

- à calculer les périodes de rotation successives en procédant, pour chacune d'entre elles, à la sommation de N temps élémentaires consécutifs, ces périodes de rotation successives étant avantageusement choisies pour se chevaucher sur au moins un temps élémentaire;
- et à traiter les périodes de rotation pour déterminer la période moyenne d'étalonnage.

Grâce à ce mode de réalisation, on peut, d'une part, s'affranchir de la dispersion éventuelle des valeurs des données acquises, due aux caractéristiques mécaniques ou géométriques du débitmètre (cette dispersion pouvant être gênante lorsqu'on envisage de soumettre ces données à un traitement statistique ultérieur), et, d'autre part, disposer dans un temps très court d'un nombre d'informations suffisant pour effectuer un étalonnage très précis.

La présente invention vise aussi un dispositif de contrôle et de traitement pour mettre en oeuvre un procédé d'étalonnage pour des débitmètres équipant un circuit de dialyse d'un rein artificiel, caractérisé en ce qu'il comporte:

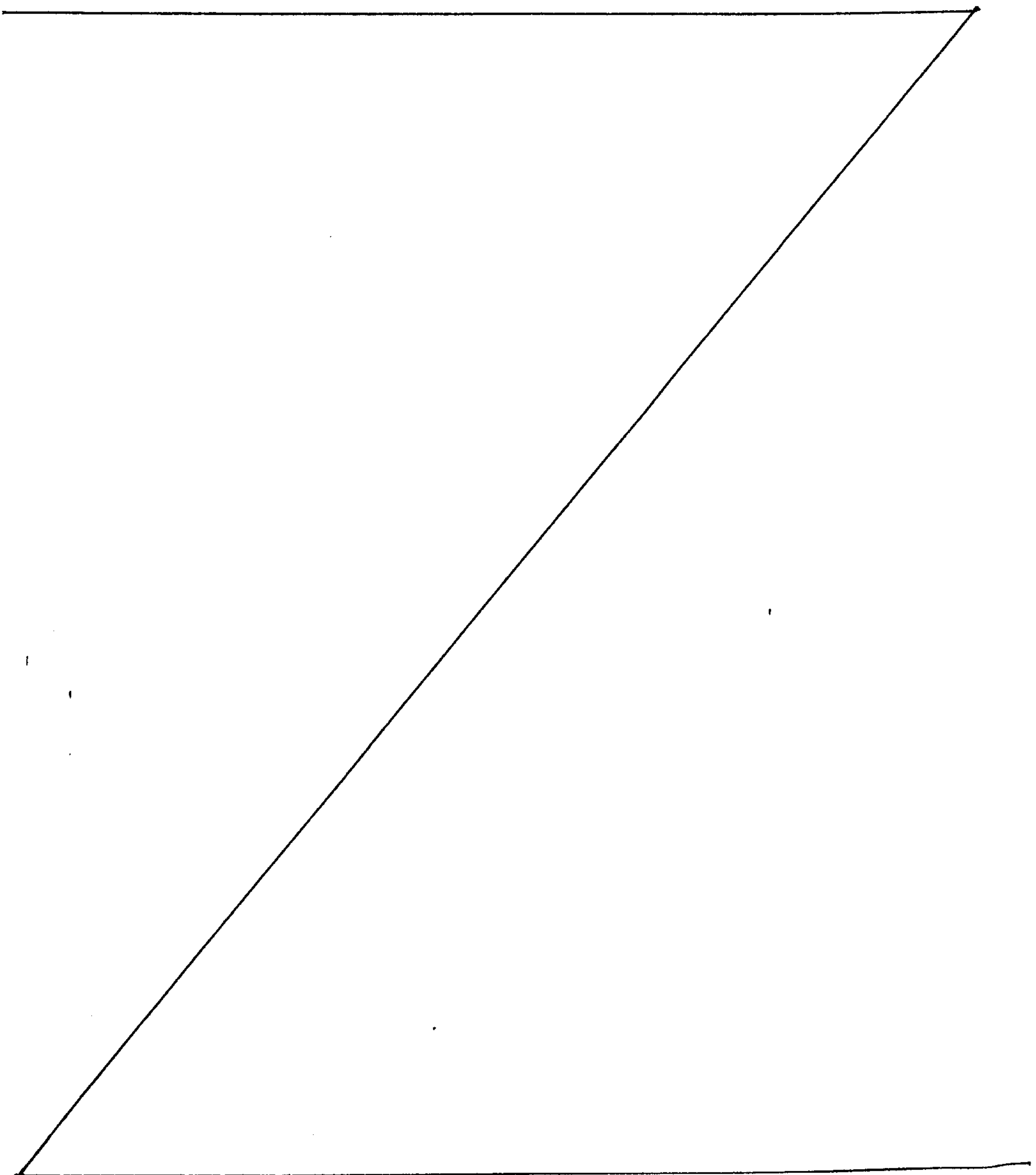
- un microprocesseur connecté par une liaison à deux débitmètres,
- un compteur pour mesurer chaque temps élémentaire séparant deux impulsions émises par chacun des débitmètres,
- un moyen de comptage des impulsions émises pendant les temps élémentaires considérés, et
- des moyens de calcul pour calculer, à partir des temps élémentaires mesurés, une période

3b

moyenne d'étalonnage pour chaque débitmètre, et pour calculer, à partir d'une comparaison des périodes moyennes d'étalonnage calculées, un coefficient d'étalonnage.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortent de la description faite ci-dessous en référence aux dessins annexés, sur lesquels:

La figure 1 est un schéma d'un rein artificiel équipé de débitmètres à réponse impulsionnelle auxquels le procédé
10 d'étalonnage selon l'invention est applicable;



La figure 2 présente des chronogrammes explicitant le procédé d'étalonnage selon l'invention ;

La figure 3 présente un chronogramme illustrant un détail caractéristique du procédé de l'invention ;

5 La figure 4 présente un diagramme montrant la dispersion des mesures réalisées selon le procédé de l'invention, pour un débitmètre rotatif ;

Les figures 5A et 5B présentent des histogrammes illustrant un autre détail caractéristique du procédé selon l'invention ; et

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

Le rein artificiel représenté sur la figure 1 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 semi-perméable 5 et relié au patient par l'intermédiaire d'un circuit extracorporel de sang 6.

20 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 équipé, respectivement, en amont et en aval de l'hémodialyseur 3, de débitmètres 7, 8 mesurant la quantité du liquide qui circule en émettant 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 type rotatif. Chaque débitmètre délivre un nombre N d'impulsions électriques par tour de rotor. Chaque impulsion est émise au passage, devant un détecteur fixe, d'une pale ou d'un repère porté le rotor. Un tel signal électrique est transmis par une liaison 9 à un dispositif 11 de contrôle et de traitement, dont la fonction apparaîtra plus clairement dans la suite de la description.

25 Le circuit 1 comporte 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 comporte également une conduite de dérivation 14 comprenant une vanne 16 et reliée, d'une part, en un point B du circuit, à l'entrée C de l'hémodialyseur, par l'intermédiaire d'une vanne 15 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.

35 Pour procéder à l'étalonnage de chacun des deux débitmètres, l'hémodialyseur 3 est court-circuité par la fermeture de la vanne 15 et l'ouverture de la vanne 16, tandis que la pompe de circulation 13 est en position d'arrêt. Le liquide de dialyse est donc mis en circulation par la pompe 12 dans le circuit formé par les

tronçons A, B, E, F. Pendant cette phase d'étalonnage, le débit du liquide circulant dans le débitmètre amont 7 est rigoureusement égal au débit du 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.

5 Tel que cela ressort plus précisément de la figure 2, le procédé d'étalonnage selon l'invention consiste, pendant une phase d'acquisition de données d'une durée déterminée 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
10 signal séparant, par exemple, deux fronts montants successifs. Dans l'exemple illustré sur la figure 2, le pas de mesure P est égal à 1, de sorte que chaque temps élémentaire est égal à la durée d'une impulsion. Dans l'exemple illustré sur la figure 3, le pas de mesure P est 4, de sorte que chaque temps élémentaire est égal à la durée de quatre impulsions.

15 On note que le temps T_a est 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 généralement pas à la durée T_a , comme cela ressort clairement de la figure 2.

20 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
25 élémentaires sur le nombre d'impulsions compté, soit :

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

et :

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

30

Selon une seconde variante préférée de réalisation, dans laquelle chaque débitmètre est du type rotatif à N impulsions engendrées par tour de rotor, les périodes moyennes d'étalonnage sont déterminées en tenant compte de
35 dispersions dues aux caractéristiques mécaniques et/ou géométriques de ces 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, 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 sur la figure 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 successives $ST_7(i)$ et $ST_8(i)$. Tel que cela apparaît plus précisément sur la figure 2, ces périodes de rotation sont déterminées en procédant, pour chacune d'entre elle, 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. En d'autres termes, deux périodes de rotation consécutives $ST_7(i)$, $ST_7(i+1)$ (respectivement $ST_8(i)$, $ST_8(i+1)$) se chevauchent sur (N-1) temps élémentaires. On peut aussi prévoir de faire se chevaucher deux périodes de rotation consécutives sur un nombre inférieur de temps élémentaires.

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 :

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

et :

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

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 $ST_8(j)$. Le nombre j, k de période de rotation, respectivement des débitmètres 7, 8, est tel que :

$$\begin{aligned} j &= n - (N - 1) \\ k &= m - (N - 1) \end{aligned}$$

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 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 figure 3, les périodes de rotation sont définies pour correspondre au temps mis par une 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 figure 5A et 5B montrent respectivement un exemple de distribution des périodes de rotation $ST_7(i)$ et $ST_8(i)$ déterminées pour une 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 rotation sur le nombre de périodes pour déterminer la période moyenne d'étalonnage T_{m7}, T_{m8} , soit :

$$T_{m7} = \frac{1}{j} \cdot \sum_{i=1}^j ST_7(i)$$

et :

$$T_{m8} = \frac{1}{k} \cdot \sum_{i=1}^k ST_8(i)$$

Une telle méthode de traitement apparaît particulièrement adaptée si les périodes de rotation se trouvent distribuées selon une courbe de Gauss, tel que cela est illustré à la figure 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 de la figure 5B. Dans cet exemple, on

constate 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.

5 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, qui repose sur la mesure 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 minimale 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, sont 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 dix secondes.

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 moyens de programmation comportent, en outre, un algorithme principal d'étalonnage, comme illustré à la figure 6. Cet algorithme présente une phase d'initialisation 100, au cours de laquelle est effectuée successivement l'acquisition des périodes élémentaires de chacun des débitmètres selon, par exemple, la méthode suivante. Un signal d'interruption, qui est transmis au

5

10

procédé décrit ci-dessus (étape 103).

15

20

30

35

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

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

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

Il apparaît donc que le procédé d'étalonnage d'un débitmètre selon l'invention
20 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.

25 L'invention n'est pas limitée aux exemples décrits et représentés et elle est susceptible de modifications et de variantes qui apparaîtront à l'homme de l'art.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'étalonnage d'un premier débitmètre au moyen d'un second débitmètre, consistant à relier en série le premier débitmètre au second débitmètre, chaque débitmètre délivrant un signal électrique à impulsions ayant une fréquence correspondant à une valeur donnée de débit d'un fluide circulant dans un circuit, le procédé comportant les étapes de:

- 10 - mesurer pour chaque débitmètre, pendant une phase d'acquisition de données d'une durée moyenne, chaque temps élémentaire séparant deux impulsions décalées d'un pas de mesure déterminé,
- compter, pour chaque débitmètre, le nombre d'impulsions émises pendant la phase d'acquisition;
- calculer, à partir des temps élémentaires mesurés et du nombre d'impulsions comptées, une
- 20 période moyenne d'étalonnage de chaque débitmètre; et
- déterminer un coefficient d'étalonnage à partir d'une comparaison entre la période moyenne d'étalonnage du premier débitmètre et la
- période moyenne d'étalonnage du second débitmètre prise comme valeur de référence.

2. Procédé d'étalonnage selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à calculer la période

30 moyenne d'étalonnage en effectuant un rapport de la somme des temps élémentaires sur le nombre d'impulsions comptées.

3. Procédé d'étalonnage selon la revendication 1, adapté à un débitmètre rotatif à N impulsions engendrées par tour de rotor, caractérisé en ce qu'il consiste, pour déterminer la période moyenne d'étalonnage:

- à calculer des périodes de rotation

successives en procédant, pour chacune d'entre-elles, à une sommation de N temps élémentaires consécutifs, et

- à effectuer un traitement des périodes de rotation pour déterminer la période moyenne d'étalonnage.

4. Procédé d'étalonnage selon la revendication 3, caractérisé en ce que les périodes de rotation successives
10 sont choisies pour se chevaucher sur au moins un temps élémentaire.

5. Procédé d'étalonnage selon la revendication 4, caractérisé en ce que les périodes de rotation successives sont choisies pour se chevaucher sur (N-1) temps élémentaires.

6. Procédé d'étalonnage selon la revendication 3, 4 ou 5, caractérisé en ce que le traitement des périodes de
20 rotation consiste à effectuer un rapport de la somme des périodes de rotation sur le nombre de périodes pour déterminer la période moyenne d'étalonnage.

7. Procédé d'étalonnage selon la revendication 3, 4 ou 5, caractérisé en ce que le traitement des périodes de rotation consiste à déterminer la période moyenne d'étalonnage de manière que le maximum de valeurs de périodes de rotation se situe dans une intervalle centré autour de cette période moyenne et à valider l'étalonnage
30 si le nombre de valeurs de périodes de rotation contenues dans l'intervalle est supérieur ou égal à un pourcentage prédéterminé du nombre total de valeurs de périodes de rotation.

8. Procédé d'étalonnage selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'intervalle est compris entre la valeur de la période moyenne plus le double d'un écart type

standard et la valeur de la période moyenne moins le double d'un écart type standard.

9. Procédé d'étalonnage selon la revendication 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou 8, caractérisé en ce que le pas de mesure est égal à 1.

10. Procédé d'étalonnage selon la revendication 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou 8, caractérisé en ce que le pas de mesure est égal à N.

11. Procédé d'étalonnage selon la revendication 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ou 10, caractérisé en ce que le coefficient d'étalonnage correspond au rapport des deux périodes moyennes d'étalonnage.

12. Procédé d'étalonnage selon la revendication 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ou 11, caractérisé en ce que, pendant la phase d'étalonnage, le débit du fluide circulant dans une portion des circuit où les débitmètres sont disposés en série est choisi sensiblement identique à un débit nominal de fluide.

13. Procédé d'étalonnage selon la revendication 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ou 12, caractérisé en ce qu'il consiste, pendant une utilisation des débitmètres, à procéder à des phases d'étalonnage espacées dans le temps, pour déterminer des coefficients d'étalonnage successifs.

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

- définir un coefficient d'étalonnage vrai déterminé par une demi-somme de deux coefficients définis selon deux phases successives d'étalonnage, et
- corriger un volume relatif de liquide mesuré entre les deux phases successives d'étalonnage,

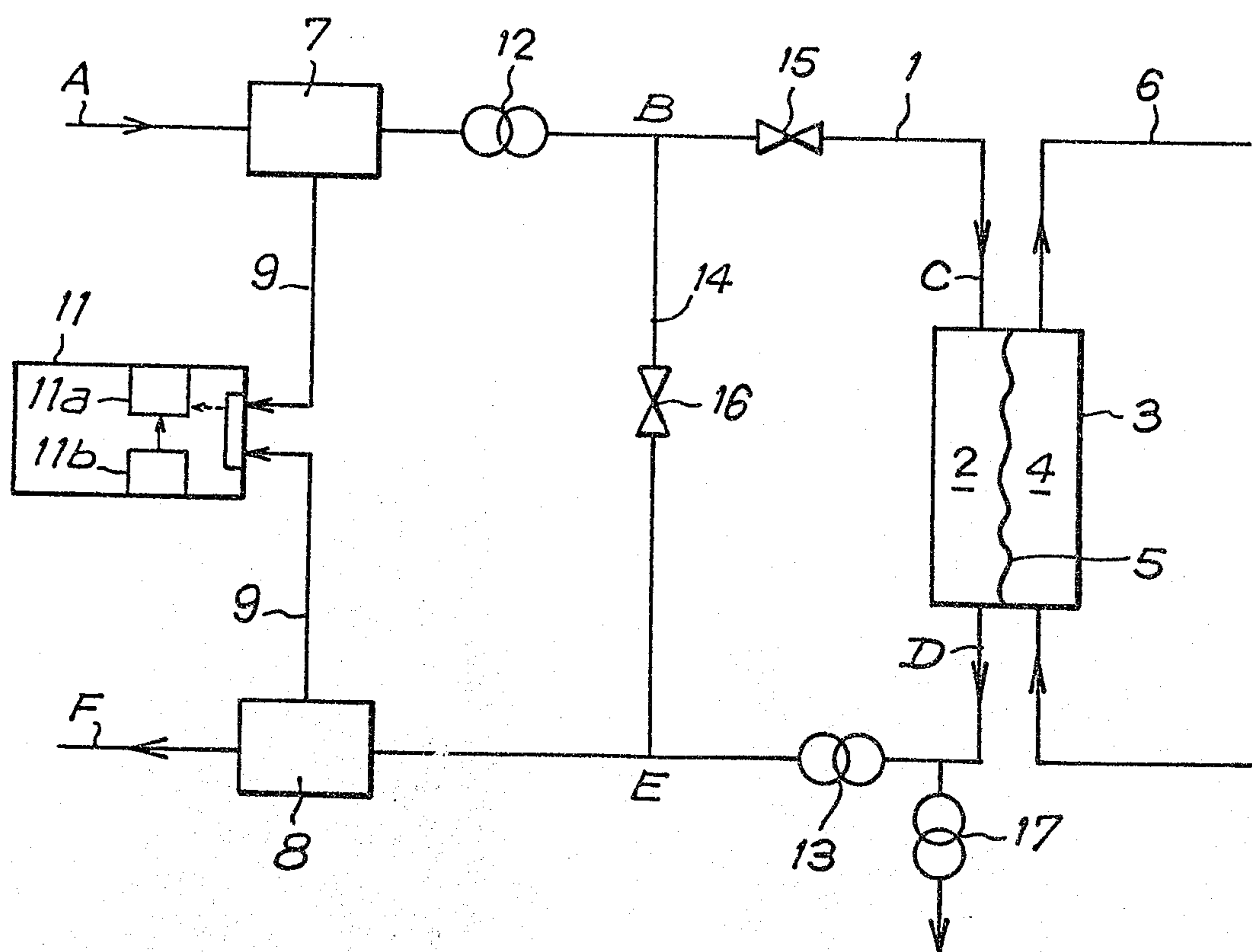
par un coefficient de correction correspondant à l'écart entre le coefficient d'étalonnage vrai et le premier des deux coefficients considérés.

15. Dispositif de contrôle et de traitement pour mettre en oeuvre un procédé d'étalonnage pour deux débitmètres équipant un circuit de dialyse d'un rein artificiel, caractérisé en ce qu'il comporte:

- 10 - un microprocesseur connecté par une liaison aux deux débitmètres,
- un compteur pour mesurer chaque temps élémentaire séparant deux impulsions émises par chacun des débitmètres,
- un moyen de comptage des impulsions émises pendant les temps élémentaires considérés, et
- 20 - des moyens de calcul pour calculer, à partir des temps élémentaires mesurés, une période moyenne d'étalonnage pour chaque débitmètre, et pour calculer, à partir d'une comparaison des périodes moyennes d'étalonnage calculées, un
- coefficient d'étalonnage.

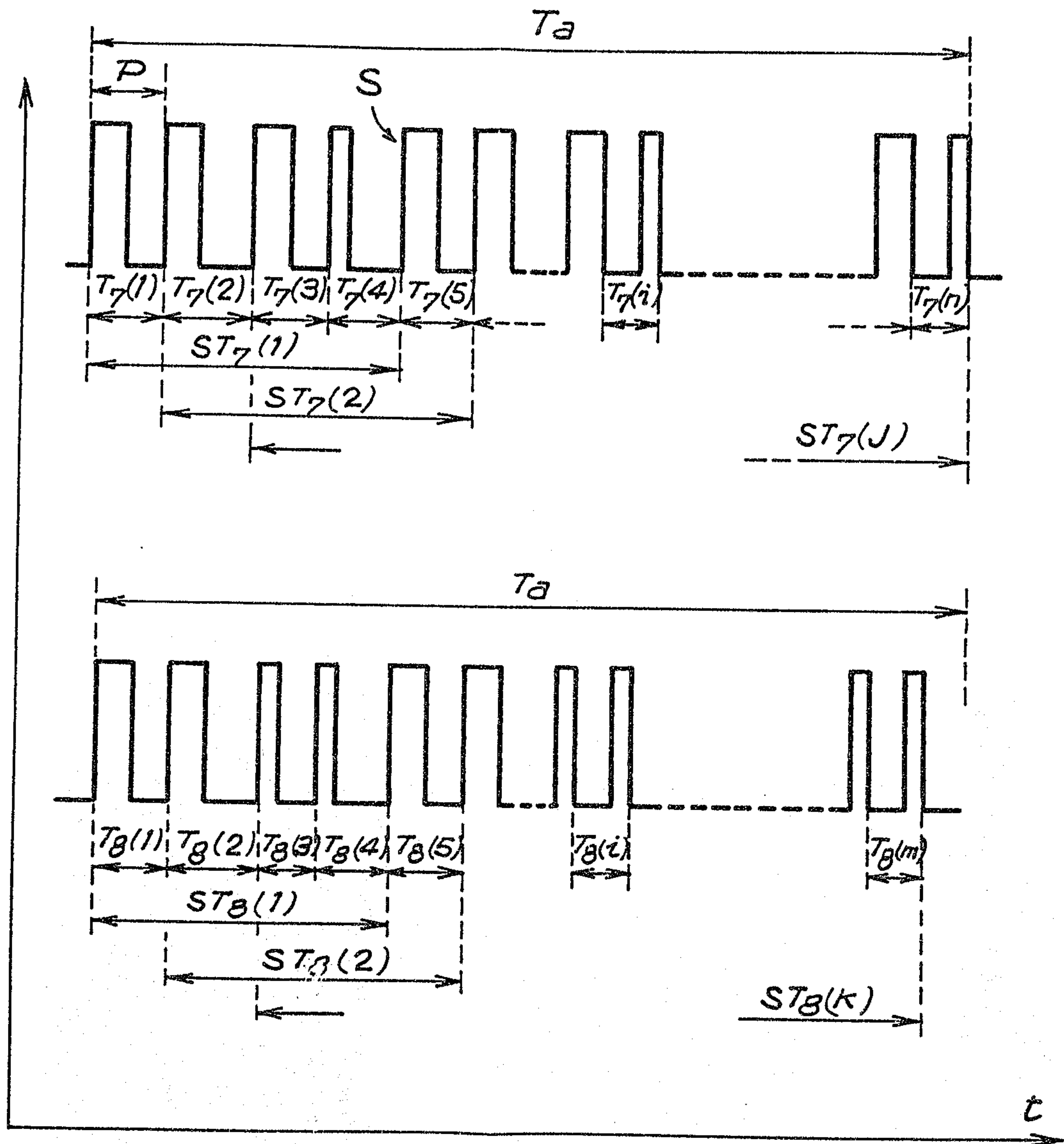
1/5

Fig-1



Robey
Agents de Brevets.

Fig- 2



Robe
Agents de Brevets.

Fig-4

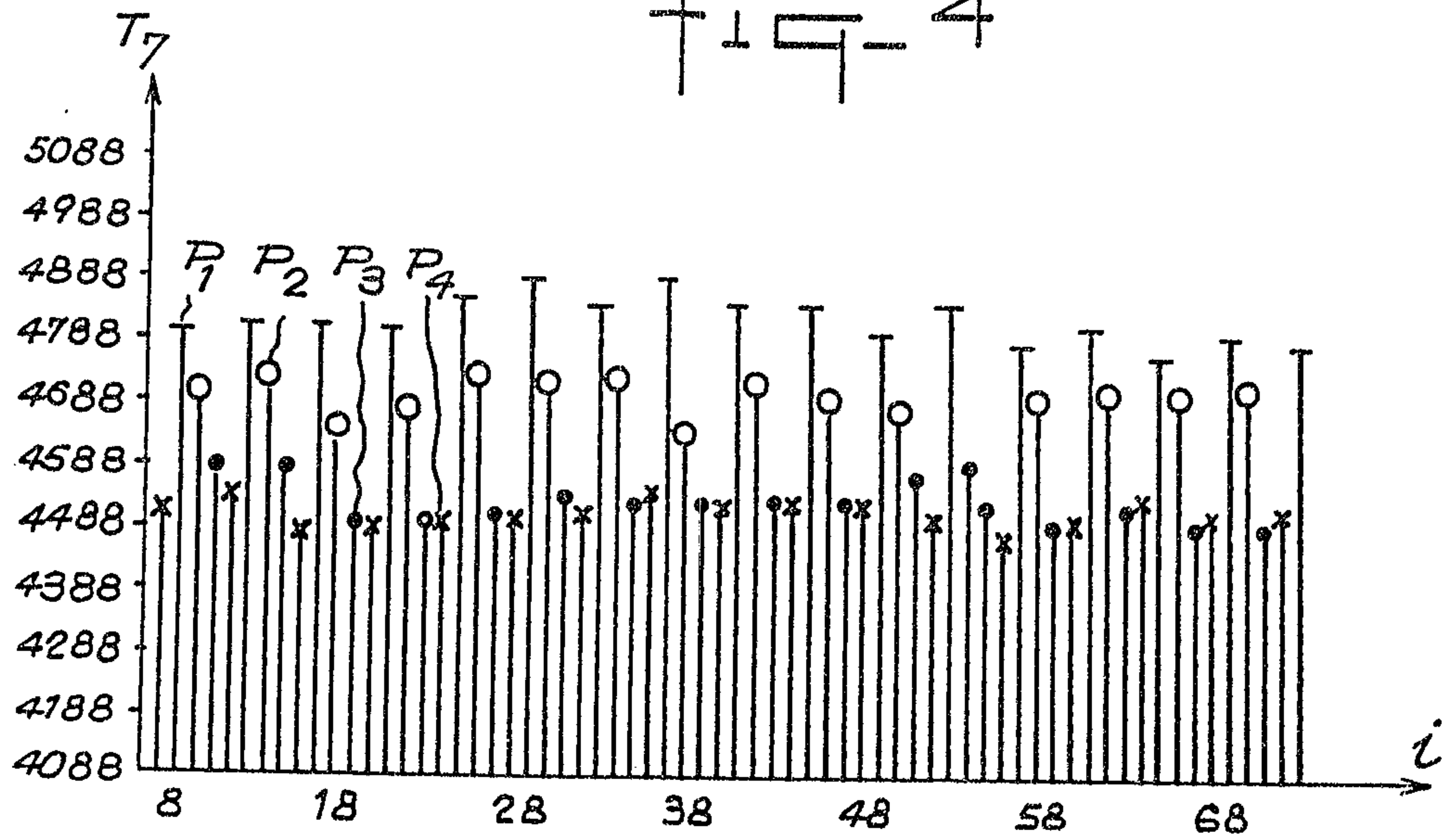
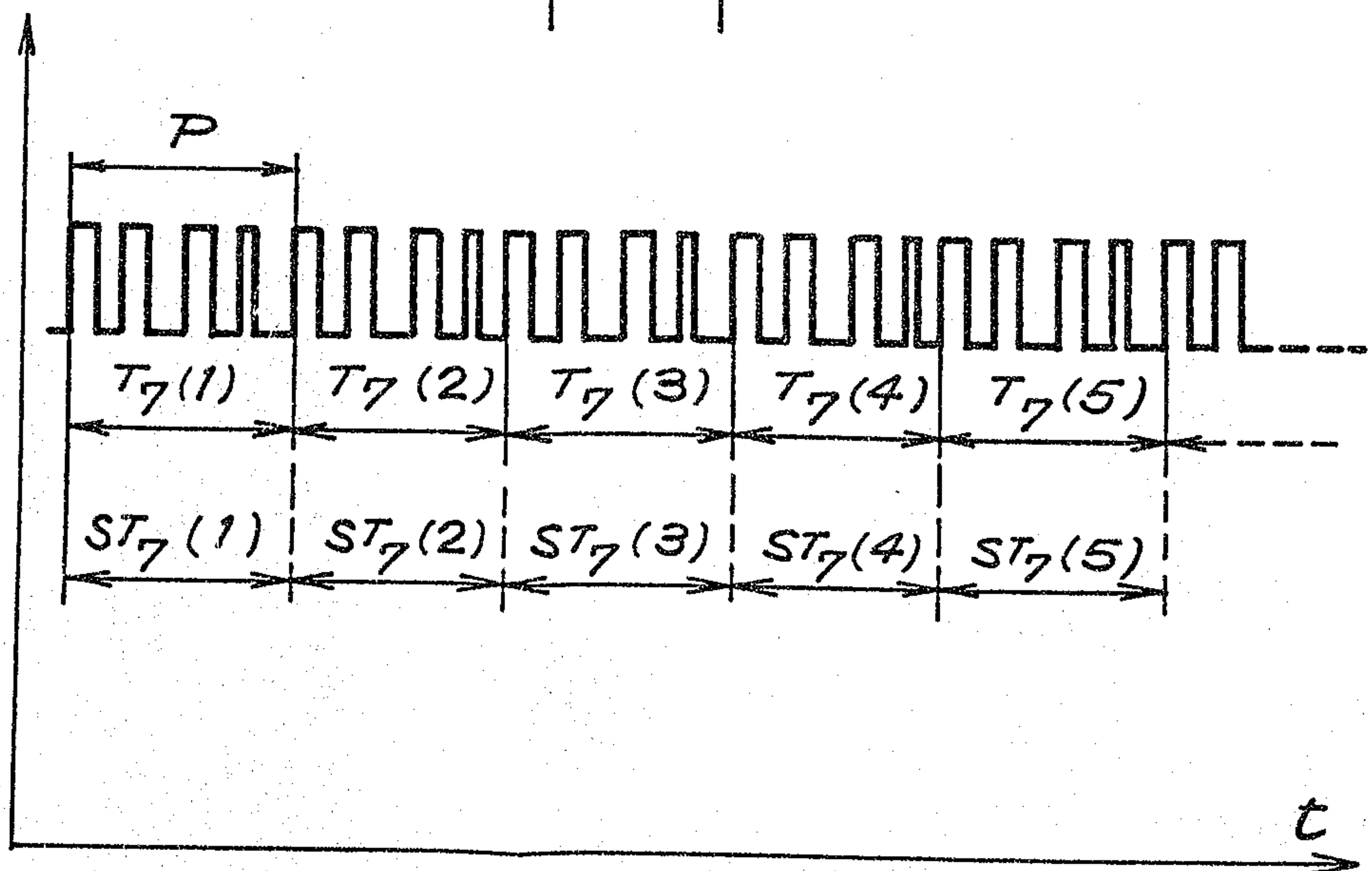
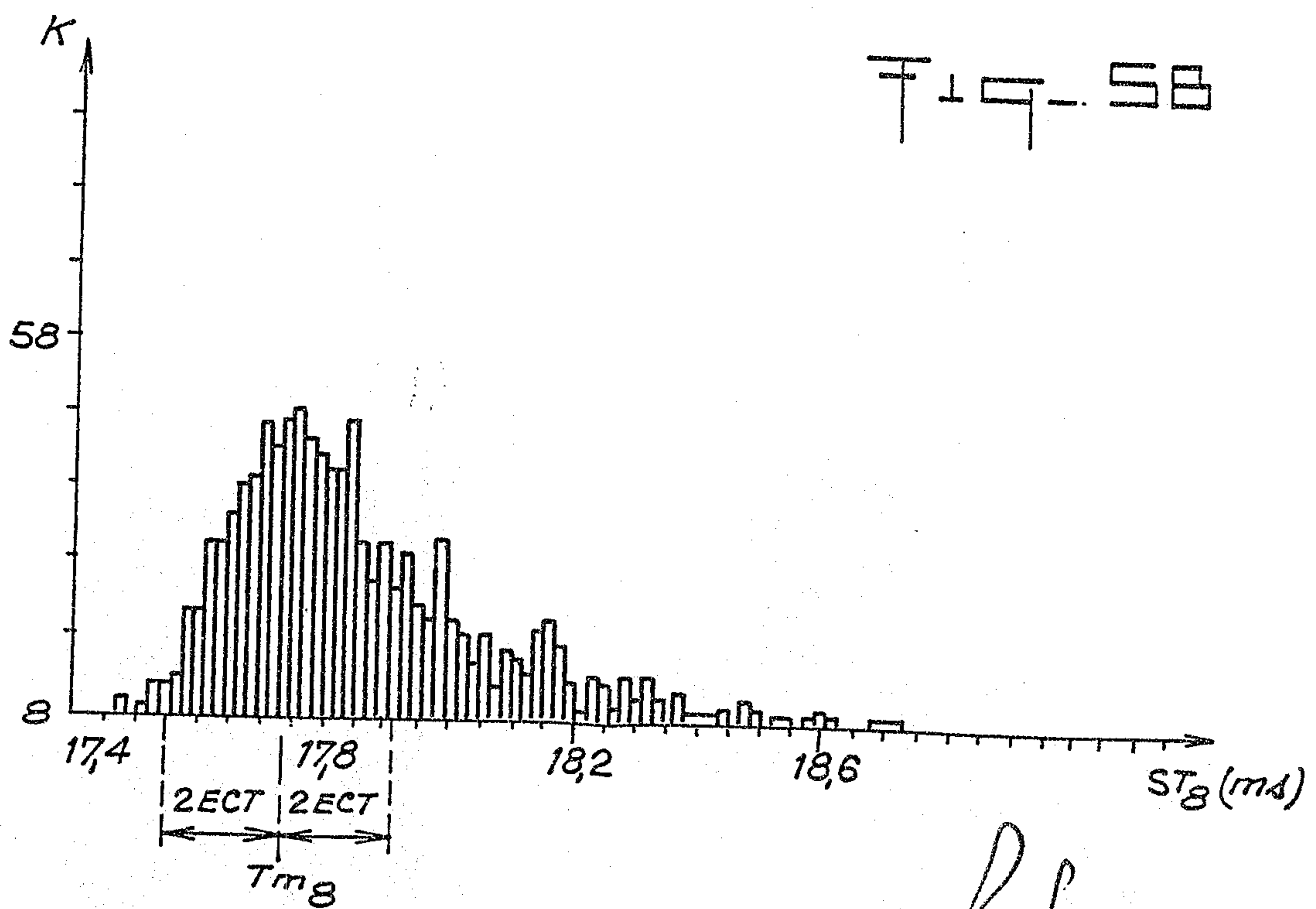
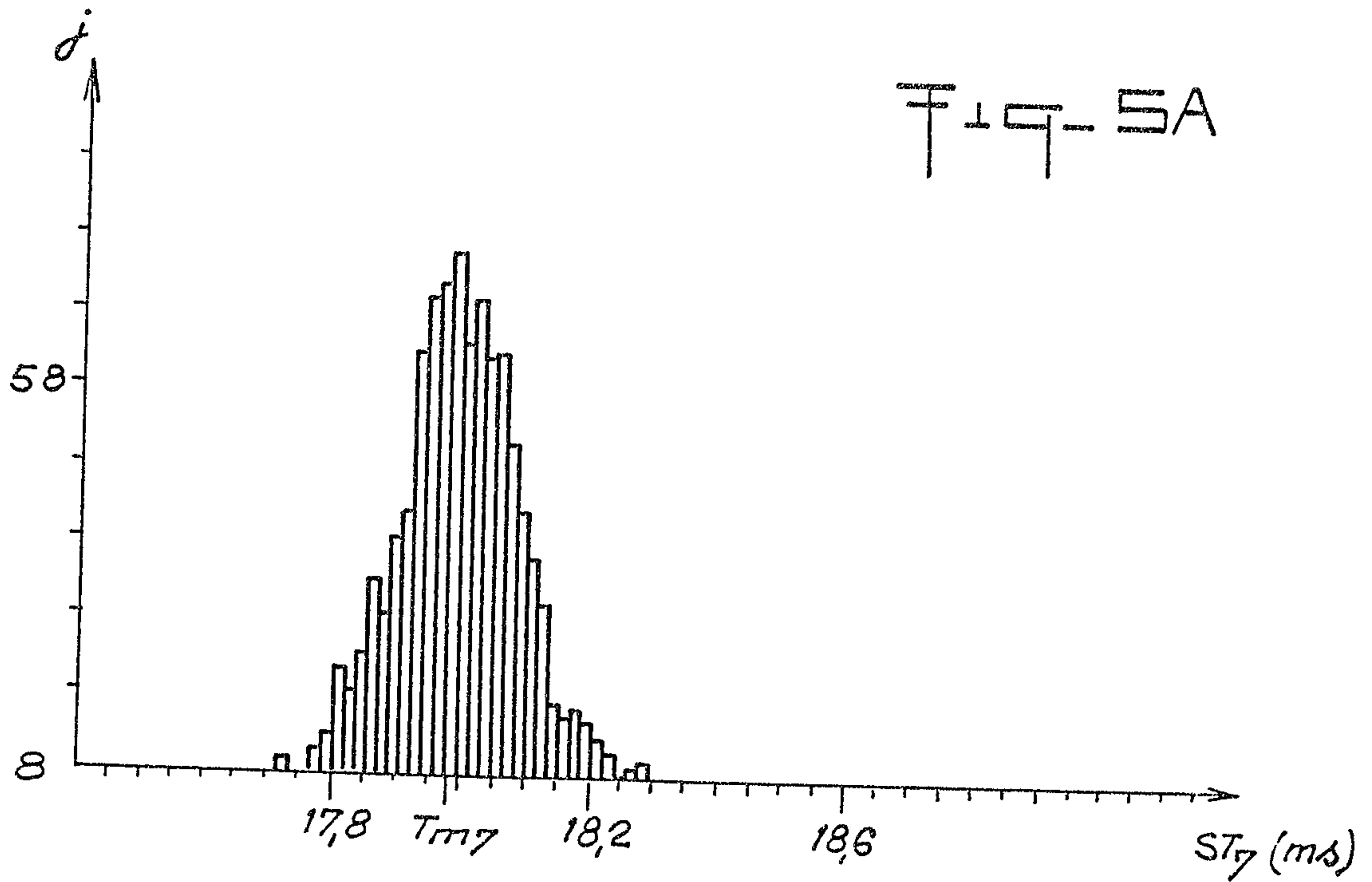


Fig-3

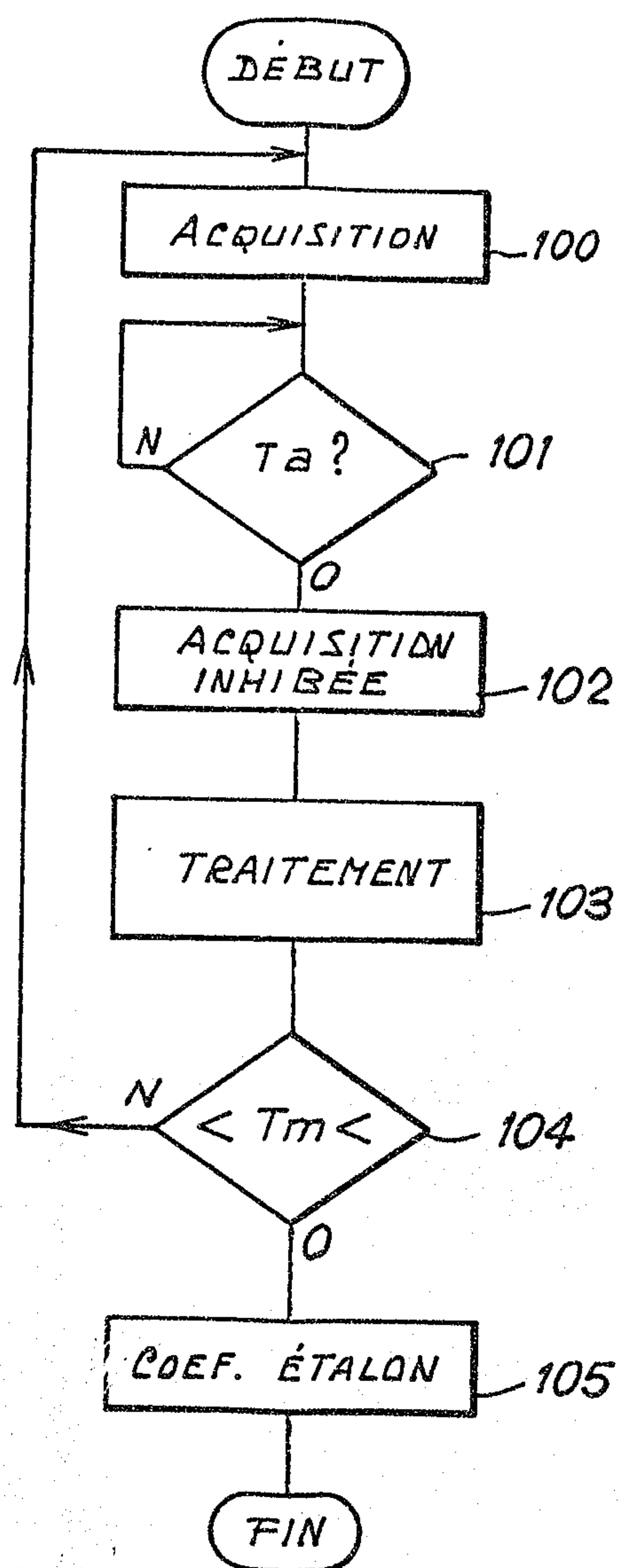


lobre
Agents de Brevets.



Robie
Agents de Brevets.

Fig. 6



Robie
Agents de Brevets.