

12

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt: **83200638.1**

51 Int. Cl.<sup>3</sup>: **F 03 B 13/00**

22 Date de dépôt: **03.05.83**

30 Priorité: **04.05.82 US 374631**

71 Demandeur: **LES PRODUITS ASSOCIES LPA S.A.,  
39, rue Peillonex, CH-1225 Chene-Bourg (CH)**

43 Date de publication de la demande: **16.11.83**  
**Bulletin 83/46**

72 Inventeur: **Moret, Michel-Antoine, 28, Avenue de  
l'Aurore, CH-1225 Chene-Bourg (CH)**  
Inventeur: **Mousson, Jean-Pierre, 46, Rue de  
Montchoisy, CH-1207 Genève (CH)**  
Inventeur: **Cuenoud Gérard, 11B, Chemin des Semailles,  
CH-1212 Grand-Lancy (CH)**

84 Etats contractants désignés: **CH DE FR GB LI**

74 Mandataire: **Jörchel, Dietrich R.A. et al, c/o BUGNION  
S.A. Conseils en Propriété Industrielle 10, route de  
Florissant Case postale 375,  
CH-1211 Genève 12 Champel (CH)**

64 **Dispositif hydraulique.**

67 Le dispositif hydraulique comprend un générateur d'impulsions hydrauliques (1), un moteur hydraulique (3) et un conduit (2) rempli d'un liquide connecté d'une part au générateur d'impulsions hydrauliques (1) et d'autre part au moteur hydraulique (3). Le conduit (2) transmet les impulsions hydrauliques par des ondes d'impulsions de

longueur d'onde donnée du générateur hydraulique (1) au moteur hydraulique (3). Afin de limiter l'atténuation des impulsions hydrauliques dans le conduit (2) on choisit la longueur du conduit (2) égale à un multiple impair du quart de la longueur d'onde d'impulsions hydrauliques  $\pm 25\%$  de ce quart de longueur d'onde.



- 1 -

Dispositif hydraulique.

La présente invention concerne un dispositif hydraulique comprenant un générateur d'impulsions hydrauliques, un moteur hydraulique et un conduit rempli d'un liquide, connecté par une de ses extrémités au générateur d'impulsions et par l'autre au moteur hydraulique pour transmettre les impulsions hydrauliques par des ondes d'impulsions de longueur d'onde donnée du générateur au moteur hydraulique, ce dernier transformant l'énergie d'impulsions hydrauliques en énergie mécanique. Ce dispositif hydraulique est notamment destiné aux appareils de soins corporels et plus précisément aux pièces à main pour l'hygiène buccale.

15 Dans de nombreux champs d'applications il s'est avéré préférable d'utiliser un moteur hydraulique pour l'entraînement de différents appareils. Un tel champ

d'application est celui de l'hygiène buccale. Dans ce champ d'application les moteurs hydrauliques sont supérieurs aux moteurs électriques car (1) ils peuvent être construits en matériaux légers non conducteurs et non magnétiques tels que des plastiques (2) ils ne représentent pas de risques de secousse électrique et (3) ils sont plus silencieux. De tels moteurs hydrauliques sont décrits dans les brevets US Nos 3.536.065, 3.489.885 et 3.524.208 et comprennent une chambre expansible entraînée par des impulsions hydrauliques d'un liquide à travers un conduit flexible, lesdites impulsions étant introduites dans le conduit par un générateur d'impulsions hydrauliques approprié. Habituellement le liquide après avoir diffusé son énergie il revient à la source par un conduit séparé. Pourtant, il a été prouvé que ces dispositifs sont en général inefficaces car les conduits flexibles atténuent fortement les impulsions hydrauliques et ainsi la puissance transmise est très faible et imprévisible.

Le but de la présente invention est de proposer un dispositif hydraulique qui utilise un conduit flexible capable de transmettre les impulsions hydrauliques du générateur d'impulsions au moteur hydraulique entraîné par ces pulsations. Ce but est atteint en déterminant la longueur d'onde moyenne des ondes stationnaires produites par lesdites impulsions dans les conduits et en donnant à la longueur des conduits des valeurs discrètes.

Le dispositif selon l'invention est caractérisé par le fait que la longueur du conduit est un multiple impair du quart de la longueur d'onde de l'onde d'impulsions hydrauliques,  $\pm 25\%$  dudit quart de la longueur d'onde.

En effet, on a trouvé qu'en choisissant la longueur du conduit égale à un multiple impair du quart de la longueur d'onde qui est une fonction des caractéristiques physiques du conduit, on améliore le rendement du conduit et partant du dispositif hydraulique.

L'invention sera décrite à l'aide du dessin annexé.

10 La figure 1 est une représentation graphique du mouvement angulaire d'un moteur hydraulique en fonction de la longueur du conduit reliant le moteur au générateur d'impulsions.

15 La figure 2 représente une vue schématique des éléments du dispositif hydraulique.

La figure 3 représente une coupe d'un conduit.

20 La figure 4 représente une distribution des quarts de longueur d'onde  $L/4$  en fonction du diamètre intérieur  $D$  du conduit et de son épaisseur.

25 La figure 5 représente à titre de comparaison la force de giclage et l'amplitude du moteur en fonction de la longueur du conduit.

30 Le dispositif hydraulique représenté à la figure 1 comprend un générateur d'impulsions hydrauliques 1, un conduit flexible 2 et un moteur hydraulique 3.

Les impulsions hydrauliques transmises à travers le conduit peuvent être considérées comme étant des ondes stationnaires et leur équation est :

$$A^*(x) = A^*p + A^*r = A_p(0)e^{-g^*x} + A_r(0)e^{g^*x} \quad (1)$$

x étant l'abscisse d'un point du tube et la sortie du générateur d'impulsions étant au point x=0.

5

A\*p(x) est la valeur complexe de l'onde progressive pour un conduit de longueur x,

A\*r(x) est l'amplitude complexe de l'onde rétrograde,

10

et

$g^* = a + jB$  est la constante complexe de propagation

15

a est le coefficient d'atténuation (en Neper ou dB par unité de longueur)

B est la constante de phase (en radian par unité de longueur) avec  $B = \omega/v$ ,

20

$\omega$  est la fréquence angulaire (en rad/sec) de la pulsation et v la vitesse de propagation (en unité de longueur par seconde) de l'onde à l'intérieur du conduit.

25

La longueur d'onde de la propagation est

$$L = 2\pi v/\omega = v/f \quad (2)$$

f étant la fréquence de la pulsation.

30

Le diagramme de la figure 2 est un résultat expérimental de la distribution de l'amplitude le long du conduit à une fréquence 48,8 Hz l'amplitude étant

donnée en degrés et l'abscisse représentant la longueur  
du conduit en mètres. Le conduit est en élastomère de  
polyester dont le diamètre intérieur est 2,2 mm et  
l'extérieur 3,65 mm. Les maximas sont localisés aux  
5 abscisses correspondant aux multiples impairs de L/4 et  
les minimas aux multiples pairs de L/4.

Dans ce cas expérimental la charge due au moteur  
hydraulique est adaptée à la source et le conduit à  
10 chaque valeur de crête, c'est-à-dire à chaque point où  
l'abscisse est égale à un multiple impair de L/4.

Si nous considérons uniquement la composante  
progressive de l'onde, puisque la composante rétrograde  
15 est généralement de moindre importance, nous pouvons  
écrire

$$A*p(x) = A*p(0) e^{-g*x} \quad (3)$$

20 Le lieu géométrique de la valeur de crête est exprimé  
en utilisant le coefficient d'atténuation d'amplitude

$$A_p(x) = A_p(0) e^{-ax} \quad (4)$$

d'où

$$a = \frac{-1}{x} \ln \frac{A_p(x)}{A_p(0)} \quad (5)$$

25

A l'exemple illustré à la figure 2 la valeur de a est  
environ 0,18 Neper/m ou 1,6dB/m.

Les équations précédentes et la figure 1 montrent que  
30 la longueur du conduit doit être approximativement  
égale à un multiple impair de L/4, 3L/4, 5L/4, 7L/4,  
etc.

Pour les matériaux élastiques la vitesse du son est directement calculée par le module de Young et la masse spécifique du matériau par la relation

5 
$$v = \sqrt{E/h} \quad (\text{ms}) \quad (6)$$

E étant le module de Young en N/m<sup>2</sup>  
h étant la masse spécifique du conduit en kg/m<sup>3</sup>.

10 Ce n'est pas le cas pour les milieux dits visco-élastiques comme le caoutchouc et un nombre d'élastomères synthétiques et aussi les polymères thermoplastiques ayant un poids moléculaire élevé. Autrement dit le module statique de Young ne prend pas  
15 en considération le comportement dynamique du matériau.

Le module statique de Young est donné par la pente d'un diagramme classique effort-allongement. Au fur et à mesure de l'augmentation de la fréquence l'allongement  
20 présente un retard de phase par rapport à l'effort. Avec un effort sinusoïdal le diagramme effort-allongement doit être représenté par une boucle elliptique dont la surface représente l'énergie perdue. Le module de Young peut alors s'exprimer comme un  
25 vecteur tournant à une fréquence angulaire W et un angle de phase, φ .

L'équation complexe de ce vecteur est

30 
$$E^* = E_0 (\cos\phi + j\sin\phi) \quad (7)$$

ou

$$E^* = E_0 e^{j\phi}$$

avec

$$E_0 = \frac{dq}{dl_q / l_0} \quad (8)$$

$dq$  est l'effort alternatif appliqué en  $N/m^2$  ;  
 $d l / l_0$  est le rapport de l'allongement alternatif sur la longueur totale.

5 Les valeurs de  $d l_q$ ,  $d l$  et de l'angle de phase  $\emptyset$  dépendent de la fréquence et de la température. Elles dépendent également mais à un degré inférieur de l'amplitude de pulsation. Le point de fonctionnement statique (c'est-à-dire la pression statique interne) de  
10 l'effort-allongement a également une influence.

La dilatation radiale d'un élément tubulaire est déterminée par la pression pulsée interne et la rigidité.

15

Le domaine où l'effort de déformation est appliqué à une section transversale définie par

$$ds = edx \quad (9)$$

20

$e$  étant l'épaisseur du conduit,  $dx$  un accroissement de sa longueur et  $D$  son diamètre intérieur (voir fig.3).

25

La circonférence de l'élément tubulaire qui subit un changement est

$$L = \pi(D+e) \quad (10)$$

30

L'accroissement de la rigidité de l'élément tubulaire est

$$dK = \frac{Eds}{L} = \frac{Eedx}{\pi(D+e)} \quad (11)$$

E étant l'amplitude du module complexe de Young E\* du conduit défini à l'équation (7).

5

On doit noter que la transmission de l'onde le long du tube dépend de la quantité du liquide déplacé par la source d'impulsions et par la forme actuelle prise par le tube le long de son axe.

10

La masse du liquide contenu dans l'élément de la figure 3 est

$$dM = C\pi D^2 dx/4 \quad (12)$$

15

c étant la masse spécifique du liquide contenu dans le conduit.

20

La pulsation propre radiale du liquide et la rigidité du tube de l'élément est donnée par la relation

$$W' = \sqrt{dK/dM} \quad (13)$$

et en remplaçant (11) et (12) dans (13) on obtient

$$W' = \sqrt{\frac{4Ee}{C\pi^2 D^2 (D+e)}} \quad (14)$$

25

Etant donné que la fréquence angulaire propre du tube entier est proportionnelle à W' nous pouvons écrire

$$W = K_0 \sqrt{\frac{Ee}{cD^2(D+e)}} \quad (15)$$

K<sub>0</sub> comprend aussi les constantes de l'équation (14).

5 En remplaçant (15) dans (2) on obtient

$$L = \frac{2\pi v}{K_0} \sqrt{\frac{cD^2(D+e)}{Ee}} \quad (16)$$

ou

$$10 \quad L/4 = K_1 v \sqrt{c/E} \cdot D \sqrt{(D+e)/e} \quad (17)$$

Avec la formule (6) on obtient

$$15 \quad L/4 = K_1 \sqrt{c/h} \cdot D \sqrt{(D+e)/e} \quad (18)$$

20 Pour simplifier cette relation on peut supposer que les différents matériaux pour les tubes ont la même densité qui est d'environ 10<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup> pour la plupart des plastiques et élastomères et on obtient alors

$$L/4 = K_2 D \sqrt{(D+e)/e} \quad (19)$$

25 L'analyse précédente révèle que pour une fréquence donnée le quart de longueur d'onde d'un conduit donné dépend des dimensions de la section transversale du conduit comme indiqué par l'équation (19).

Par l'équation (2) il est connu que la longueur d'onde est inversement proportionnelle à la fréquence ainsi l'équation (19) peut être réécrite comme suit :

5 
$$L(f)/4 = (K_2'/f) D \sqrt{(D+e)/e} \quad (m) \quad (20)$$

Un certain nombre de conduits de dimensions et matériaux différents ont été testé à 48,8 Hz pour déterminer la valeur de K<sub>2</sub>. Les résultats obtenus sont représentés à la figure 4, l'axe vertical représente L/4 et l'axe horizontal représente  $D \sqrt{(D+e)/e}$ .

De cette représentation graphique on peut voir que

15 
$$K_2' = 19'500$$

D'autre part, l'inventeur a trouvé que les caractéristiques de la figure 4 sont mieux approchées par la formule

20 
$$L(f)/4 = (K_3/f) \cdot (D \sqrt{(D+e)/e} - D_0)$$

Avec  $D_0 = 2.2\text{mm}$  et  $K_3 = 35'650$

25 Le terme  $D_0$  peut être expliqué par le fait qu'il existe un diamètre minimum au-dessous duquel le conduit ne peut pas être connecté au générateur d'impulsions et au moteur de manière qu'une transmission de puissance soit

obtenue.

5      Finalement si on suppose que le rapport du diamètre interne du conduit sur son épaisseur est constant (ce qui est le cas pour la plupart des conduits que l'on peut trouver sur le marché) alors l'équation (20) peut se réduire à

$$L(f)/4 = (K_4/f) \cdot (D - D_0') \quad (21)$$

10      Avec  $D_0' = 1.350$  mm et  $K_4 = 93'900$ .

15      Ainsi on arrive au résultat selon lequel le quart de la longueur d'onde est une fonction d'une part de la fréquence des impulsions générées et d'autre part des dimensions transversales du conduit.

20      L'inventeur a également trouvé que pour améliorer la stabilité et le rendement d'une machine hydraulique, le mouvement angulaire de la machine doit être limité à  $1/\sqrt{2}$  (ou 70%) de l'amplitude de l'onde stationnaire comme défini à l'équation (4), en choisissant une longueur de conduit légèrement différente de  $L/4$  (voir fig.5) où la longueur optimale du tube est inférieure à  $L/4$ . Donc en général on ne travaille pas exactement en régime de résonance, mais à un point de travail déplacé de l'un ou de l'autre côté du maximum de l'amplitude de ladite onde stationnaire, ce déplacement peut atteindre 25% du quart de la longueur d'onde.

30      Cette limitation conduit à un avantage supplémentaire non prévu: les moteurs hydrauliques sont utilisés en plus de l'entraînement des brosses à dents et dispositifs similaires, pour l'irrigation buccale par des jets d'eau répétitifs pour le massage des gencives.

Naturellement cette utilisation amène à un déplacement de la longueur d'onde, ainsi un conduit qui a une longueur optimale pour une machine hydraulique il fournira moins que la force optimale de giclage.

5

Pourtant l'inventeur a trouvé qu'en limitant l'amplitude du moteur hydraulique comme décrit précédemment, la force de giclage est encore proche de son maximum.

10

La figure 5 illustre à titre de comparaison la réponse du moteur hydraulique et de la force de giclage. On peut voir que aux multiples impairs de  $L/4$ , la force de giclage bien qu'elle soit passée par ses maximas conserve un niveau élevé.

15

Le tube à utiliser avec le dispositif décrit précédemment peut être fait en tout matériau thermoplastique ayant un poids moléculaire relativement élevé comme le nylon, un élastomère de polyester, polyuréthane ou un matériau composé renforcé.

20

Bien que théoriquement il n'y ait pas de limitations concernant les dimensions des conduits des considérations pratiques amènent aux paramètres suivants pour les conduits.

25

1. Le diamètre intérieur du conduit peut être compris entre 1.0 et 20.0 mm, mais de préférence entre 2 à 8 mm

30

2. L'épaisseur du conduit peut être comprise entre 0,2 mm et 5 mm, mais de préférence entre 0,3 mm et 2 mm.

3. La longueur du conduit peut être comprise entre 0,2 m et 5m mais de préférence entre 0,5 m et 2 m

35

et surtout entre 1 m et 1,50.

Etant donné qu'en général la valeur de L est comprise entre 1,80 et 2,20 mètres la longueur du conduit pour l'entraînement d'une brosse à dent est choisi de préférence égal à  $3L/4 \pm 25\%$  de L/4 afin de limiter la réponse du moteur hydraulique à 70% environ de la valeur de crête. En pratique la longueur maximale du conduit ne dépasse pas  $7L/4$  car pour les longueurs supérieures la réponse du moteur hydraulique est fortement atténuée (fig.1).

En outre, la fréquence du générateur d'impulsions peut être comprise entre 10 Hz et 200 Hz mais de préférence entre 20 Hz et 120 Hz.

Normalement le conduit est enroulé comme un ressort pour le rangement. La force nécessaire pour sortir une extrémité du conduit (par exemple celle connectée au moteur hydraulique) doit être de l'ordre de 0 à 40 N mais de préférence de 1 à 5 N.

Revendications de brevet

1. Dispositif hydraulique comprenant un générateur d'impulsions hydrauliques, un moteur hydraulique et un conduit rempli d'un liquide, connecté par une de ses extrémités au générateur d'impulsions et par l'autre au  
 5 moteur pour transmettre les impulsions hydrauliques par des ondes d'impulsions de longueur donnée du générateur au moteur hydraulique, ce dernier transformant l'énergie des impulsions hydrauliques en énergie mécanique, caractérisé par le fait que la longueur du  
 10 conduit est un multiple impair du quart de la longueur d'onde de l'onde d'impulsions hydrauliques  $\pm 25\%$  dudit quart de la longueur d'onde.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le quart de longueur d'onde (L/4) est lié à  
 15 la fréquence (f) du générateur d'impulsions et aux dimensions transversales du conduit par la relation

20 
$$L/4 = (K'_2/f) D \sqrt{(D+e)/e} \quad (\text{mètres})$$

D et e étant respectivement le diamètre intérieur et l'épaisseur du conduit en m et  $K'_2 = 19'500$ .

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le quart de longueur d'onde (L/4) est lié à  
 25 la fréquence (f) du générateur d'impulsions et aux dimensions transversales du conduit par la relation

30 
$$L/4 = (K_3/f) (D \sqrt{(D+e)e - D_0}) \quad (\text{mètres})$$

avec  $D_0 = 2,2 \cdot 10^{-3}$  m

$$K_3=35'650$$

D et e étant respectivement le diamètre intérieur et l'épaisseur du conduit en m.

- 5 4. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le quart de longueur d'onde (L/4) est lié à la fréquence (f) du générateur d'impulsions et aux dimensions transversales du conduit par la relation

10 
$$L/4=(K_4/f) (D-Do')$$
 (mètres)

Avec  $Do'=1,35.10^{-3}$  m

$$K_4=93'900$$

et D le diamètre intérieur du conduit en mm.

- 15 5. Dispositif selon l'une des revendications 2,3 ou 4, caractérisé par le fait que le moteur hydraulique a une réponse qui est limitée au 70% de l'amplitude de crête, par le choix de la longueur du conduit telle qu'elle
- 20 soit différente du multiple impair du quart de la longueur d'onde.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé par le fait que le tube est construit d'un matériau
- 25 thermoplastique tel que nylon, élastomère, ou polyester, polyéthylène, polyuréthane ou un matériau renforcé.

7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6,
- 30 caractérisé par le fait que la longueur du conduit est comprise entre 0,2 et 5 m, de préférence de 0,5 à 2 m, que l'épaisseur du conduit est comprise entre 0,2 et 5 mm, de préférence entre 0,3 et 2 mm, et que le diamètre intérieur du tube est compris entre

1 et 20 mm, de préférence entre 2 et 8 mm.

8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé par le fait que la fréquence est comprise entre 10 et 200 Hz, de préférence entre 20 et 120 Hz.

5

9. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé par le fait que le conduit est enroulé sous forme hélicoïdale et la force maximale pour étendre le conduit est comprise entre 0 et 40 N, de préférence 1 à 5 N.

10

10. Méthode pour préparer un conduit destiné à être connecté par une de ses extrémités à un générateur d'impulsions hydrauliques et par l'autre à un moteur hydraulique, caractérisée par le fait que l'on détermine le quart de la longueur d'onde des impulsions hydrauliques selon l'une des revendications 2 à 4 et que l'on coupe le conduit à une longueur égale à un multiple impair du quart de la longueur d'onde  $\pm$  25% dudit quart de la longueur d'onde.

15

20

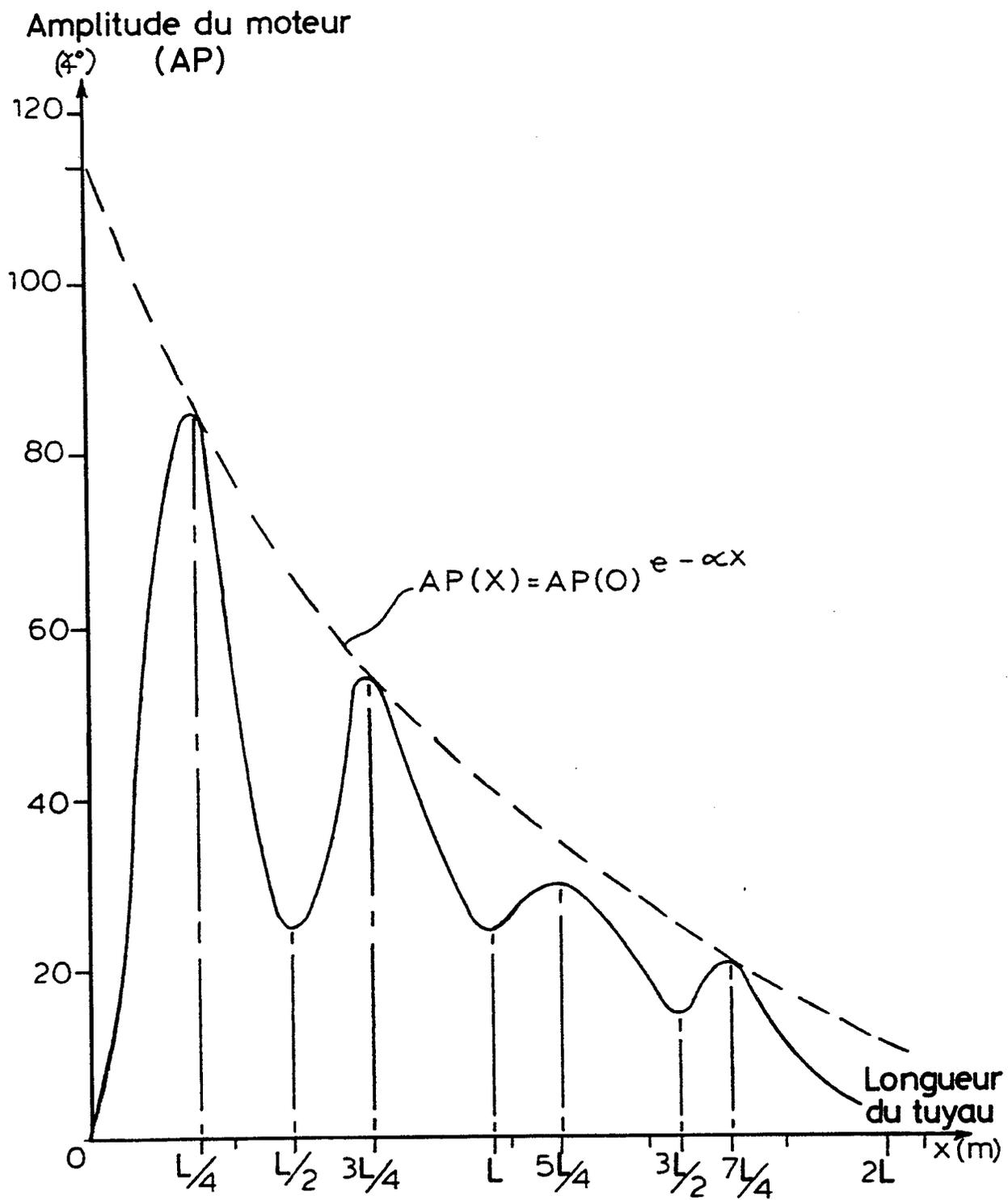
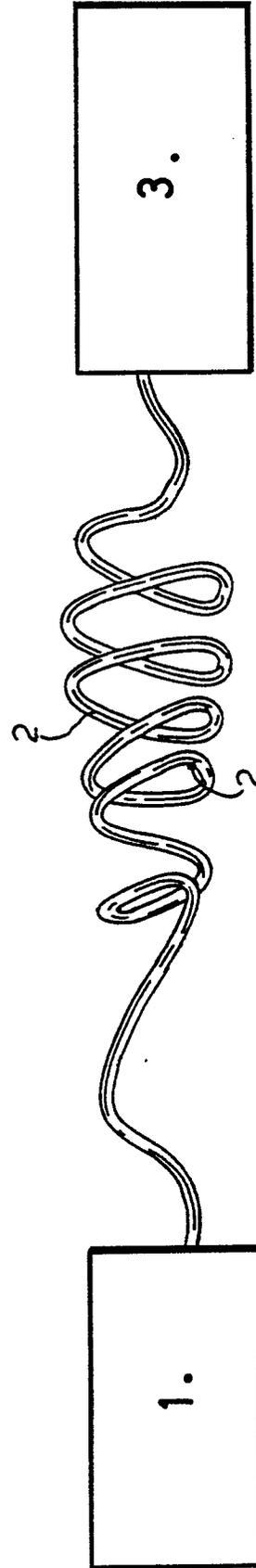
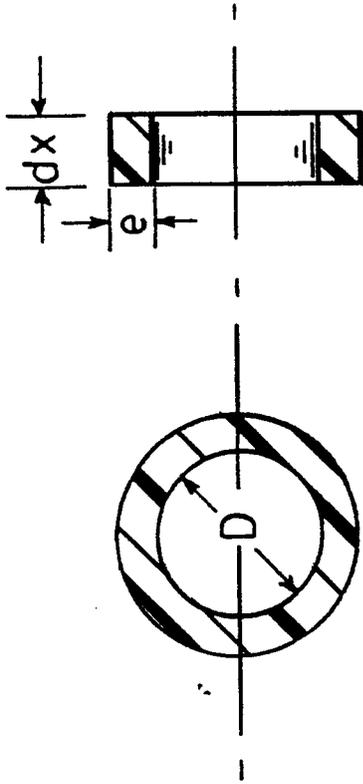


FIG.1



0094131

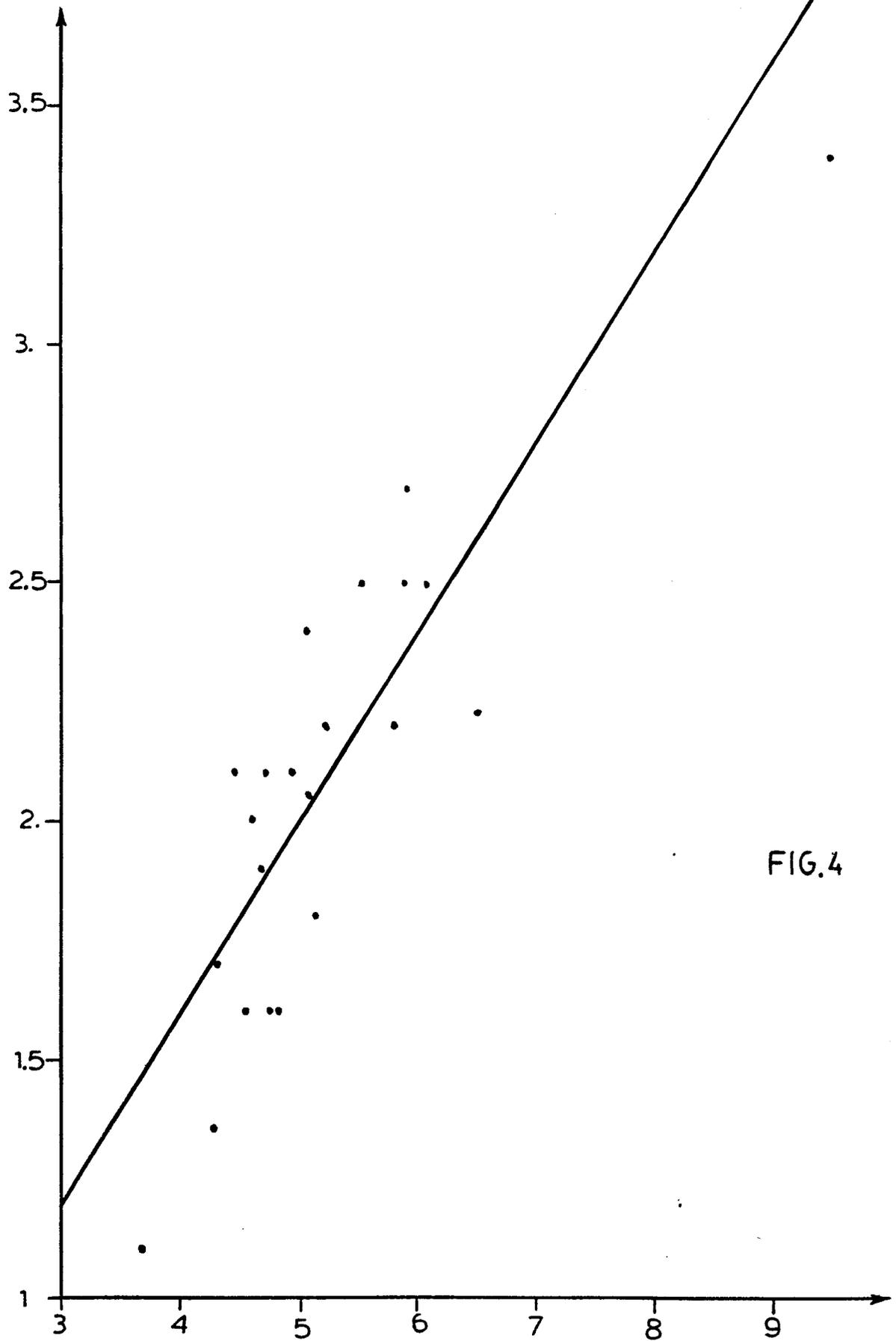


FIG.4

