

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 00389

(22) Data de depozit: 31/05/2018

(41) Data publicării cererii:  
28/02/2020 BOPI nr. 2/2020

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN  
CLUJ-NAPOCA, STR.MEMORANDUMULUI  
NR.28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(72) Inventatori:  
• FOLEA SILVIU-CORNELIU, STR.METEOR  
NR.6, BL.OZ2, SC.2, AP.21, ET.3,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;  
• IONESCU CLARA-MIHAELA,  
HOOGSTRAAT NR.175, 9570 LIERDE, BE;

• BIRS ISABELA-ROXANA, STR.GIRLEI  
NR.2, SIBIU, SB, RO;  
• MURESAN CRISTINA-IOANA,  
STR.TULGHEȘULUI NR.10, AP.3,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;  
• DULF EVA-HENRIETTA, STR. LIVEZII  
NR. 28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;  
• PRODAN OVIDIU, STR.MAMAIA NR.12,  
AP.17, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;  
• MUNTEANU RADU ADRIAN,  
STR.ALEXANDRU VLAHUȚĂ, BL.LAMA C,  
ET.7, AP.29, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(54) STAND EXPERIMENTAL PENTRU STUDIUL  
CARACTERISTICILOR DE ORDIN FRAȚIONAR  
ALE FUIDELOR NON-NEWTONIENE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un stand experimental pentru studiul caracteristicilor de ordin fracționat ale fluidelor non-Newtoniene, la deplasarea unui nano-robot medical. Standul, conform invenției, este compus din două tuburi flexibile (1, 2) de diametre diferite, care simulează tranziția dintre o arteră și o venă, o pompă (3) ce simulează inima, care poate genera un debit variabil, reglarea debitului fiind realizată printr-un controler programabil, bucla închisă pentru reglarea debitului realizându-se prin instalarea unui debitmetru (4), standul fiind prevăzut și cu un rezervor de imersiune (5) pentru introducerea unui robot submersibil (R) și cu un rezervor de extracție (6) amplasat la celălalt capăt al tuburilor, robotul (R) fiind echipat cu senzori (7) pentru determinarea poziției, un microcontroler (8), precum și un motor care acționează un sistem de propulsie (9) permițând deplasarea robotului (R).

Revendicări: 1  
Figuri: 6

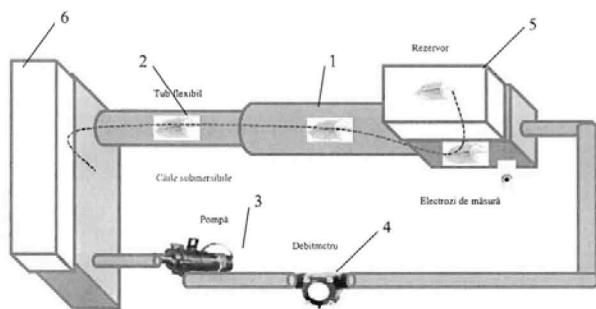


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



## STAND EXPERIMENTAL PENTRU STUDIUL CARACTERISTICILOR DE ORDIN FRAȚIONAR ALE FUIDELOR NON-NEWTONIENE

Invenția se referă la un stand experimental care să permită studiul caracteristicilor fluidelor non-Newtoniene, cum ar fi spre exemplu sângele, la deplasarea unui robot de dimensiune redusă spre exemplu, un nano-robot. Analiza acestor caracteristici este deosebit de importantă, cu implicații în special în nanomedicină, dar nu numai.

Studii teoretice realizate până la ora actuală în acest domeniu au demonstrat existența unor caracteristici de ordin fracționar, însă experimentarea și validarea acestor teorii nu a fost realizată încă [1,2,3,4,5,6]. Există propuneri pentru analiza caracteristicilor fluidelor non-newtoniene în general [7] sau a folosirii acestui fluid [8], dar nu a modificării acestor caracteristici la deplasarea unui corp în acel fluid. Nu sunt cunoscute la ora actuală informații cu privire la existența unor standuri experimentale care să permită aceste studii, cu toate că există la ora actuală o serie de nano-roboți și roboți de mici dimensiuni, însă aceștia nu sunt echipați cu dispozitive care să permită transmiterea/primirea informațiilor destinate analizei dinamicii fluidului non-Newtonian. Astfel, cercetarea în acest domeniu este îngreunată.

Problemele tehnice pe care le rezolvă invenția de față constau în realizarea unui stand experimental care să simuleze o componentă a sistemului circulator uman traversat de către un robot medical de dimensiuni reduse care permite studiul detectării unei probleme ale sistemului circulator, de exemplu un vas de sânge cu o îngroșare a peretelui sau o astupare parțială datorată colesterolului, în sensul eliberării medicamentului corespunzător.

Pentru facilitarea analizei dinamicii fluidului non-Newtonian la nivelul teoriei calcului de ordin fracționar, standul experimental este compus din două tuburi flexibile de diametre diferite care simulează tranziția dintre o arteră și o venă, o pompă care simulează inima, ce poate genera un debit variabil, maxim 15 sau 65 litri/minut de lichid înglobat de profil similar sângelui, reglarea debitului fiind realizată printr-un *controller* programabil, bucla închisă pentru reglarea debitului realizându-se prin instalarea unui debitmetru care măsoară debite între 1 și 30 litri/minut, standul fiind prevăzut cu un rezervor de imersiune pentru introducerea unui robot submersibil și cu un rezervor de extracție, amplasat la celălalt capăt al tuburilor, ce va facilita înlăturarea robotului din circuit, robotul fiind echipat cu

25

senzori pentru determinarea poziției, un microcontroler cu modul Wi-Fi pe care sunt implementate diferite strategii de control, precum și un motor care acționează sistemul de propulsare, care se poate roti în ambele direcții, permițând robotului mișcarea mai rapidă decât viteza sângelui sau oprirea, în cazul în care se doresc anumite acțiuni de remediere a problemelor într-o anumită zonă din vasele de sânge, robot care este alimentat de către o baterie, fiind utilizat și un circuit de ridicare de tensiune, ce va asigura o tensiune de operare stabilizată de +3.3V, robot echipat cu dispozitive de comunicare cu un server de date.

Standul experimental conform invenției prezintă următoarele avantaje:

- Posibilitatea de detectare a unei probleme și soluționarea acesteia: Detectează o variație în viteza sângelui (are un increment semnificativ mai mare decât în partea precedentă, datorită unui vas de sânge cu o îngroșare a peretelui sau o astupare parțială datorată colesterolului) și eliberează un medicament corespunzător soluționării problemei detectate. Din punct de vedere al controlului și al modelului, detectarea unei probleme se traduce prin prezența unei perturbații în profilul de viteză al robotului.
- Reglarea vitezei (robotul trebuie să-și mențină viteza constantă în ciuda variațiilor vitezei sângelui). Robotul rulează cu viteza fluidului non-Newtonian și este echipat cu funcționalități de frânare și reducere a vitezei. La creșterea vitezei sângelui tensiunea aplicată motorului robotului va crește potrivit unui algoritm de control, pentru a menține viteza robotului constantă, la valoarea de referință. De asemenea, se adaugă și funcționalitatea robotului de a rula cu o viteză de referință în sensul de curgere a lichidului. Acest lucru este benefic pentru validarea experimentală a modelului de frânare cauzat de caracteristicile non-Newtoniene ale lichidului.
- Analiza de ordin fracționar al efectului de frânare al fluidului non-Newtonian asupra profilelor de viteză, precum și al efectului variației vâscozității asupra dinamicii robotului.

În continuare se prezintă un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile de la 1 la 5, care reprezintă:

Figura 1. Designul standului experimental

Figura 2. Diagrama bloc a robotului submersibil

Figura 3. Componentele standului experimental realizat



Figura 4. Schema hardware a standului experimental realizat

Figura 5. Model 3D al robotului submersibil

Figura 6. Secțiune submersibil

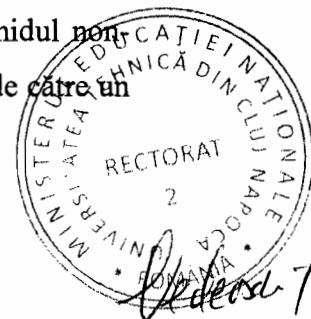
Standul experimental conform invenției este format din două componente principale: elementele care simulează sistemul circulator și robotul submersibil .

Pentru a crea un mediu de lucru similar cu vasele sanguine standul experimental este format din două tuburi flexibile de diametre diferite, **1** și **2** din figura 1, care simulează tranziția dintre o arteră și o venă. O pompă **3**, care simulează inima, poate genera un debit variabil, de profil similar sângelui, reglarea debitului fiind realizată printr-un sistem înglobat (*controller*) programabil. Bucla închisă pentru reglarea debitului se realizează prin instalarea unui debitmetru, **4**, capabil să măsoare debite între 1 și 30 litri/minut. Se alege un lichid cu caracteristici similare sângelui: densitate și comportament non-Newtonian. Sistemul este prevăzut cu un rezervor de imersiune, **5**, pentru introducerea robotului submersibil **R** și cu un rezervor de extracție, **6**, amplasat la celălalt capăt al tuburilor, ce va facilita înlăturarea robotului submersibil **R** din circuit.

Pompa **3** poate genera un debit variabil, maxim 15 sau 65 litri/minut. Driver-ul pompei permite comanda pompei și generarea unui debit variabil, similar circulației sanguine. Se alege un lichid cu caracteristici similare sângelui: densitate și comportament non-Newtonian.

Robotul **R** este echipat cu senzori pentru determinarea poziției, **7** din figura 2, un microcontroler cu modul Wi-Fi **8** pe care sunt implementate diferite strategii de control, precum și un motor care acționează sistemul de propulsare **9** (*propeller*), care se poate roti în ambele direcții, permițând robotului mișcarea mai rapidă decât viteza sângelui sau oprirea, în cazul în care se doresc anumite acțiuni de remediere a problemelor într-o anumită zonă din vasele de sânge, simulate prin tuburile flexibile. Robotul **R** este alimentat de către o baterie, **10**, fiind utilizat și un circuit de ridicare de tensiune, ce va asigura o tensiune de operare stabilizată.

Robotul va circula prin tuburile dintre cele două rezervoare, purtat fiind de lichidul care va simula sângele. Robotul submersibil se va mișca prin lichidul non-Newtonian cu o viteză controlată prin intermediul unui propulsor acționat de către un motor.

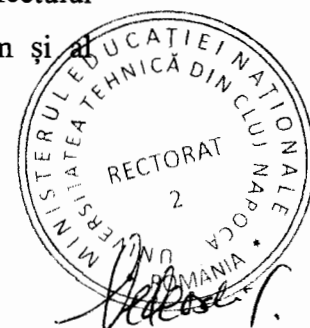


Alimentarea și componentele electronice sunt montate în interiorul submersibilului, într-un compartiment separat de motor. Sistemul de propulsare se poate roti în ambele direcții, permițând robotului mișcarea mai rapidă decât viteza sângelui sau oprirea, în cazul în care se doresc anumite acțiuni de remediere a problemelor într-o anumită zonă din vasele de sânge (simulate prin tuburile flexibile). Fuziunea senzorilor se utilizează pentru a determina poziția robotului în interiorul vaselor de sânge. Un motor de curent continuu de 3V este folosit pentru a acționa sistemul de propulsie, constând dintr-o elice de grafit. Viteza unghiulară maximă este de 1650 rpm, iar raportul de transmisie este 25:1. Motorul are dimensiuni reduse, cu un diametru de 6 mm și o lungime de 16mm. Driverul motorului asigură modificarea direcției de rotație și frânarea bruscă. Acest circuit asigură tensiunea și curentul necesare motorului pentru a funcționa în sarcină. Întregul robot este alimentat de către o baterie, de 3V și până la 850mAh. Un circuit de ridicare de tensiune asigură o tensiune de operare stabilizată de +3.3V. În mod obișnuit bateriile de litiu au o caracteristică liniară și asigură o tensiune nominală de [+2.7, 3.0]V pentru perioade îndelungate de timp (M. Oswal et al., 2010). Tensiunea minimă de funcționare a modului folosit pentru control și transmisie date este de +2.7V, astfel justificându-se necesitatea utilizării unui circuit de alimentare.

Versiunea actuală a robotului a fost proiectată în baza utilizării unor componente existente pe piață, însă o posibilă versiune finală ar conține componente electronice dedicate, având ca impact direct reducerea semnificativă a dimensiunilor acestuia.

Pentru obținerea carenei în care se înglobează componentele electronice, modelul robotului submersibil medical este printat pe imprimanta 3D folosind poliamidă. Submarinul este format din două părți identice prevăzute cu un sistem de prindere prevăzut cu silicon flexibil, amplasat pe marginile de îmbinare, astfel încât, la strângerea șuruburilor, carena devine perfect etanșă, figura 6.

Robotul submersibil medical se deplasează prin cele două tuburi cu viteză constantă transmițând în permanență poziția, viteza și accelerația unui server. Datele primite sunt stocate și analizate folosind concepte ale teoriei calcului fracționar, având în vedere validarea modelelor deja existente de variație de ordin fracționar al efectului de frânare al fluidului non-Newtonian asupra profilelor de viteză, precum și al efectului variației vâscozității asupra dinamicii robotului.



Debitul variabil este controlat printr-un sistem înglobat de tip myRIO™ programabil utilizând mediul de programare grafic LabVIEW™. Bucla închisă pentru reglarea debitului se realizează prin instalarea debitmetrului (Fig. 3). Schema hardware de conectare a acestor componente este redată în Fig. 4.

Unitatea principală de comandă din robot este un modul programabil. Unitatea de măsurare BNO055 și motorul sunt conectate la modulul programabil. Acesta conține intrări/ieșiri analogice și digitale, serial UART, protocoale de tip I2C și SPI, comunicație wireless. Algoritmii de reglare, în formă digitală, sunt implementați direct pe modul, în timp ce parametrii acestor algoritmi se transmit prin Wi-Fi folosind protocolul TCP/IP. Justificarea alegerii acestor componente se bazează pe ușurința în programare posibilă prin Arduino IDE, consum redus de energie, funcționalități extinse pentru comunicație și disponibilitatea funcțiilor predefinite. Driverul motorului este un circuit integrat, care asigură modificarea direcției de rotație și frânarea bruscă. Acest circuit asigură tensiunea și curentul necesare motorului pentru a funcționa în sarcină. Motorul ajunge să consume până la 80 mA la o tensiune de alimentare de 3 V atunci când învârte elicea introdusă în lichid. Fig. 6 prezintă o secțiune longitudinală a robotului submersibil realizat.

Robotul submersibil medical se deplasează prin cele două tuburi cu viteză constantă transmițând în permanență poziția, viteza și accelerația unui server. Datele primite sunt stocate și analizate folosind concepte ale teoriei calcului fracționar, având în vedere validarea modelelor deja existente de variație de ordin fracționar al efectului de frânare al fluidului non-Newtonian asupra profilelor de viteză, precum și al efectului variației vâscozității asupra dinamicii robotului.



## Referințe

1. Lehner R., Wang X., Wolf M., Hunziker P., Designing switchable nanosystems for medical application, J Ctrl Release, 161, 307–316, 2012
2. Wang H., Lee D-K., Chen K-Y, Chen J-Y, Zhang K, Silva A., Ho C-M, Ho D., Mechanism-independent optimization of combinatorial nanodiamond and unmodified drug delivery using a phenotypically driven platform technology, ACS Nano, 9, 3332–3344, 2015
3. Cavalcanti A., Shirinzadeh B., Kretly L., Medical nanorobotics for diabetes control, Nanomedicine: nanotechnology, Biology and Medicine, 4, 127–138, 2008
4. Neckebroek M., De Smet T., Struys M., Automated drug delivery in anesthesia, Curr Anesthesiol Rep, 3, 18–26, 2013
5. Cavalcanti A., Shirinzadeh B., Freitas R., Hogg T., Nanorobot architecture for medical target identification, Nanotechnology, 19, 015103 (15pp), 2008
6. Ionescu C.M., A memory-based prediction model for blood viscosity, in review to Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 2016
7. Jan-Eric Litton, Method and arrangement for measuring characteristics of a non-newtonian fluid, Patent WO 2001002833 A1
8. Kress, Avery Jackson, Ozment, Jennice Lynn, Non Newtonian Fluids As Ultra High Acceleration G-Force Dissipaters And Shock Absorbers, US2017/0284494



## STAND EXPERIMENTAL PENTRU STUDIUL CARACTERISTICILOR DE ORDIN FRAȚIONAR ALE FUIDELOR NON-NEWTONIENE

### REVENDICARE

Stand experimental pentru studiul caracteristicilor de ordin fracționat a fluidelor non-Newtoniene, la deplasarea unui nano-robot medical, **caracterizat prin aceea că** este compus din două tuburi flexibile de diametre diferite (1, 2) care simulează tranziția dintre o arteră și o venă, o pompă (3) care simulează inima, ce poate genera un debit variabil, maxim 15 sau 65 litri/minut de lichid înglobat de profil similar sângelui, reglarea debitului fiind realizată printr-un *controller* programabil, bucla închisă pentru reglarea debitului realizându-se prin instalarea unui debitmetru (4), capabil să măsoare debite între 1 și 30 litri/minut, standul fiind prevăzut cu un rezervor de imersiune (5), pentru introducerea unui robot submersibil (R) și cu un rezervor de extracție (6), amplasat la celălalt capăt al tuburilor, ce va facilita înlăturarea robotului submersibil din circuit, robotul fiind echipat cu senzori pentru determinarea poziției, (7), un microcontroler cu modul Wi-Fi (8) pe care sunt implementate diferite strategii de control, precum și un motor care acționează sistemul de propulsare (9), care se poate roti în ambele direcții, permițând robotului mișcarea mai rapidă decât viteza sângelui sau oprirea, în cazul în care se doresc anumite acțiuni de remediere a problemelor într-o anumită zonă din vasele de sânge, simulate prin tuburile flexibile, robot care este alimentat de către o baterie, (10) fiind utilizat și un circuit de ridicare de tensiune, ce va asigura o tensiune de operare stabilizată de +3.3V.





# STAND EXPERIMENTAL PENTRU STUDIUL CARACTERISTICILOR DE ORDIN FRAȚIONAR ALE FUIDELOR NON-NEWTONIENE

DESENE

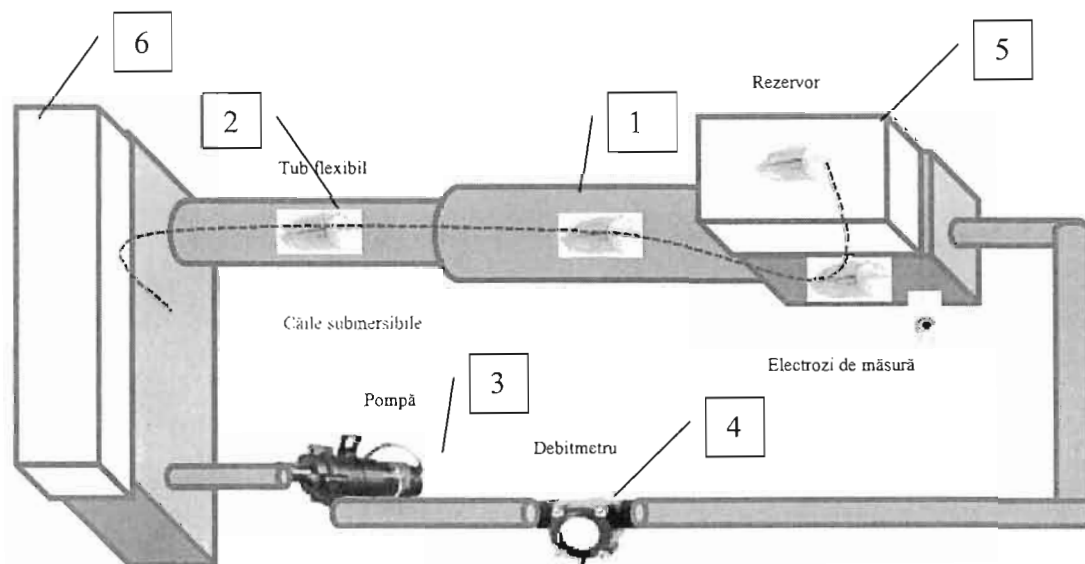


Fig. 1



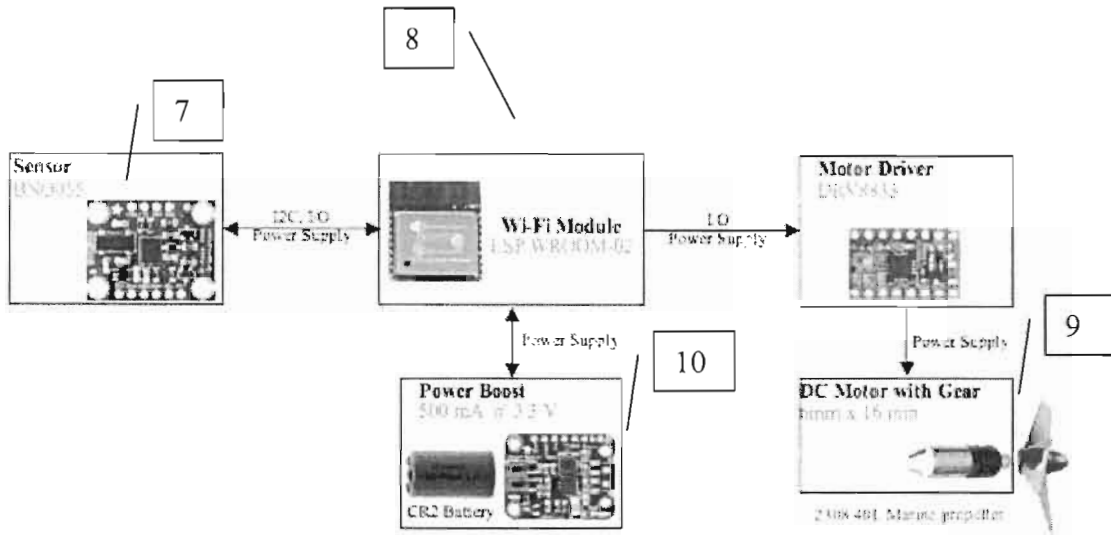


Fig. 2.



18

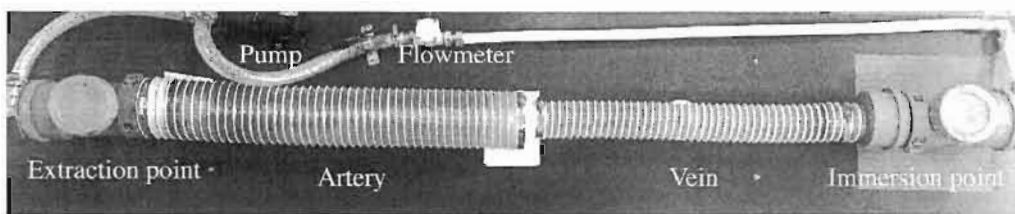


Fig. 3.



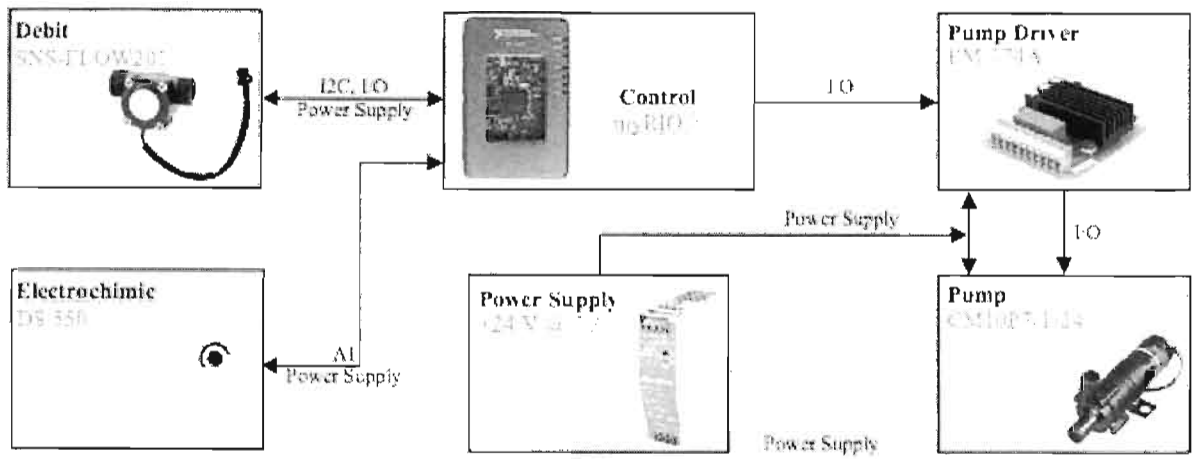


Fig. 4.



*Ardean I.*

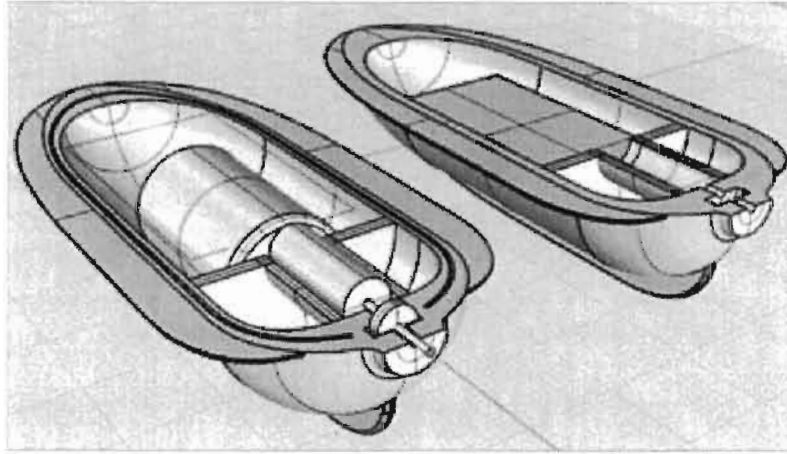


Fig. 5.



15

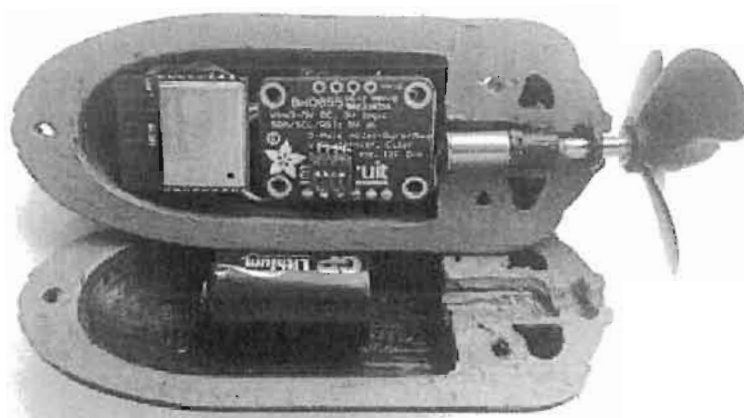


Fig. 6.

