

1. TITLUL COMPLET AL PROPUNERII

MODELARE MATEMATICA IN MECANICA MEDIILOR CONTINUE. APLICATII IN STIINTA MATERIALELOR. (M4_CONT)

1.1 AT: 11. *Stiinte de baza: matematica, fizica, chimie, biologie, urmarind dobandirea de cunostinte avansate.*

1.2 Rezumatul.

1.2.1. Moto: „O teorie este un model matematic pentru un aspect al naturii. O buna teorie extrage si exagereaza anumite aspecte ale adevarului... O teorie nu poate copia natura, caci daca ar face-o din toate punctele de vedere, ar fi izomorfa cu natura insasi si deci inutila.” – C.Truesdell, „Fundamental's of Maxwell's Kinetic Theory of a Simple Monatomic Gase” (cu R.G. Muncaster).

1.2.2 Motivatie: Cei patru parteneri din acest proiect au o intreaga istorie de colaborari stiintifice. Astfel: CO, P1 si P3 au legaturi de colaborare statuate prin: **a)** Coorganizatori ai Seminarului Stiintific „Mecanica Mediilor Deformabile”- de peste 7ani; **b)** Coorganizatori ai Conferintei Internationale si Nationale – The 5-th Int. Conf. „Geometry, Continua and Microstructures”, Sinaia 2001; Int.Conf. „New Trends in Continuum Mechanics”, Constanta 2003; „Conferinta Nationala – Caius Iacob – de Mecanica Fluidelor si Aplicatiile ei Tehnice”, Bucuresti 2001, 2005; **c)** Contributii in comun la volumele seriei „Current Topics in Continuum Mechanics”, Ed. Academiei, I – 2002, II – 2003, III – 2006; etc. Unii membri din echipa P2 au participat cu comunicari sau prezentari de teze de doctorat in Seminarul amintit. **Propunerea urmareste** si sudarea unui colectiv care abordeaza diverse aspecte ale problematicii Mecanicii Mediilor Continue, pornind de la modelare si mergand pana la rezultate numerice concrete (comparate cu date experimentale), in vederea participarii (impreuna cu colective din strainatate cu care exista reale legaturi stiintifice) la viitorul PC7.

1.2.3 Rezumatul

Proiectul este **structurat pe trei teme mari**, fiecare avand mai multe obiective. Scopul este: **construirea unor modele matematice noi** pentru diverse clase de **materiale solide, fluide, amestecuri; testarea lor si elaborarea unor metode matematice si numerice** eficiente pentru rezolvarea problemelor ce decurg; **obtinerea unor algoritmi** eficienti.

Tema 1. In cadrul acestei teme se vor construi si studia modele pentru: a) materiale elasto-plastice anizotrope si cu neomogeneitati structurale (dislocatii sau structuri de tip “twining”), care pot descrie materiale cu structura micro/nano, cu memoria formei; b) materiale vasco-plastice cu cuplaj termo-mecanic si schimbari de faza, care pot modela materiale inteligente, oteluri multifazice, etc.. c) Se vor studia proprietatile matematice ale materialelor elastice cu neomogeneitate continua („gradate functional”) si ale materialelor poroase si mixturilor poroase vascoelastice, tinand cont atat de microrotatii cat si de dilatari si contractii. **Tema 2.** a) Se generalizeaza aplicatia de dualitate pe spatii Orlicz-Sobolev cu aplicatii in elasticitatea neliniara (probleme la limita cu operatori ce generalizeaza p-Laplacianul). b) Se vor construi diverse metode numerice: metode multigrad pentru inegalitati nevariationale (rezolvarea unor probleme nelinare); metode variationale convexe si neconvexe pentru elasticitatea neliniara, vascoelasticitate (curgerea geomaterialelor); elaborarea unor scheme de aproximare pentru operatori de evolutie (programe efective pentru operatori de tip difuzie); rezolvarea numerica a ecuatiilor integrale hipersingulare intalnite in aerodinamica (miscarea pe o suprafata helicoidala a unei pale de elice). Tema contine si studiul geometric al formalismului birkhoffian cu aplicatii in dinamica sistemelor mecanice.

Tema 3. Se studiaza proprietati ale unor clase de fluide nenenewtoniene si newtoniene cu aplicatii in procese industriale sau in biomecanica. Astfel: a) se studiaza modele integrale si diferentiale neliniare cu utilizarea a doua tipuri de campuri cinematic admisibile cu aplicatie la extrudarea unor polimeri, b) se studiaza echilibrul energetic pentru fluide de gradul doi, Maxwell si Oldroyd-B in problema Rayleigh-Stokes, c) se efectueaza un studiu comparativ privind stabilitatea in problema recuperarii petrolului (modele Hele-Shaw, Buckley-Leverett si modelul de saturatie), d) se folosesc metode asimptotice in miscarea neperiodica a unui fluid vascos printr-un tub cu frontiera elastica – model pentru circuitul sanguin, e) se face un studiu calitativ al modelelor de turbulenta pentru o mixtura solid-fluid.

2. SITUATIA PE PLAN NATIONAL SI INTERNATIONAL LA NIVELUL DOMENIULUI SI A TEMATICII PROPUSE:

Mecanica mediilor continue s-a dovedit a fi un instrument esential si puternic de cercetare fenomenologica cu larga aplicabilitate in cercetarea si productia tehnologica, de la industria spatiala si cea a automobilelor pana la metalurgie si medicina. Echipele implicate in acest proiect au acumulat, separat sau in colaborare, o vasta experienta in domeniu iar reunirea acestor experiente si metode de lucru intr-un proiect comun, va permite abordarea unor probleme noi si obtinerea de rezultate semnificative, atat teoretice cat si cu mare potential aplicativ. Tematica propusa contine, pe de-o parte o **serie de subiecte dedicate abordarilor teoretice** privind **modelarea** unor variate clase de materiale (solide, fluide, amestecuri) si **tehnici matematice si numerice** moderne pentru rezolvarea lor. Pe de alta parte, ea contine o **serie de subiecte ce privesc rezolvarea efectiva** (pana la rezultate numerice si in final compararea predictiei modelelor cu date experimentale). **Temele propuse sunt :** 1) **Noi caracterizari pentru materiale termo-elasto-vasco-plastice cu neomogenitati structurale.** 2) **Modele functionale, geometrice si numerice in mecanica mediilor continue.** 3) **Noi modele si abordari pentru miscarile unor clase de fluide nenenewtoniene si newtoniene.** Tematica

abordata in proiect considera probleme de interes in cercetarea pe plan national si international, valorificand, pe de o parte, bogata experienta a membrilor colectivului in cooperari internationale si nationale si antrenand, pe de alta parte, spre problematica amintita, tineri cercetatori, doctoranzi si masteranzi. Prezentam in continuare, pe scurt, situatia actuala privind tematica propusa. **Tema 1.** ■ Intr-o modelare macroscopica a materialelor cu proprietati neelastice (ireversibile), trebuie sa se tina seama de prezenta microstructurii specifice, care influenteaza esential comportamentul acestora. Semnalam doua directii dezvoltate cu prioritate in cercetarea internationala, teorii constitutive de elasto-plasticitate cu deformatii finite, de ordinul intai si de ordinul doi. Pe plan international rezultate semnificative au fost obtinute in elasto-plasticitatea finita, cu efecte numai de ordinul 1, pentru materiale cu structura cristalina, elaborandu-se teorii consistente : Mandel (1971), Teodosiu (1970), Rice (1971), Kroner (1992), Rajagopal si Srinivasa (1995). Mecanismul intern de stare si variabilele interne de stare sunt definite prin ecuatii de evolutie. Diferitele masuri de tensiune, incluse in modele "driving forces", reflecta la nivel macroscopic faptul ca deformatia plastica (ireversibila) incepe sa se produca numai daca sunt atinse anumite valori critice. Sunt semnificative rezultatele in modelare realizate de Kratochvil (1971), Mandel (1972), Loret (1983), Maugin (1994), Halphen si Nguyen (1975), Van der Giessen (1989), Dafalias (1985), Simo (1998), Miehe (1997), etc. Pe plan national, o posibila reconstructie axiomatice a unui model pentru materiale elasto-plastice cu structura cristalina a fost dezvoltat de Cleja-Tigoiu (1990-I,II), Cleja-Tigoiu si Soos (1990). Au fost generalizate o serie de rezultate la cadrul constitutiv al materialelor anizotrope, au fost determinate ecuatii constitutive de tip rate in elasto-plasticitatea finita anizotropa. S-au discutat diferite modele de plasticitate cu dislocatii continuu distribuite, s-a introdus un nou concept de simetrie materiala, diferit de conceptul de simetrie materiala, elaborat de Noll (1967) (a se vedea CV S. Tigoiu). ■ In ultimele decade, materiale noi cu proprietati speciale termo-mecanice au fost produse si folosite datorita aplicatiilor lor importante in tehnologie. Astfel de materiale sunt si materialele cu memoria formei si unele clase de oteluri multifazice cu proprietatea ca plasticitatea lor este indusa printr-o transformare de faza (« TRIP steels »). Deformarea acestor materiale in diferite conditii termo-mecanice implica cuplajul a mai multor mecanisme si fenomene: mecanice, termice, transformari de faza si efectul vitezei de deformare. Matematicienii sunt din ce in ce mai implicati in modelarea si investigarea acestor proprietati in diverse centre de cercetare din lume. Scoala romaneasca de mecanica are, incepand din anii 90, o puternica traditie in modelarea fenomenelor de transformari de faza prin lucrarile lui Ion Suliciu si Eugen Soos. Pe de alta parte grupul de cercetatori din IMAR are de mult timp contacte si colaborari pe aceasta tematica cu Universitatea din Metz, Laboratoire de Physique et Mecanique des Materiaux (Prof. A. Molinari) si Institutul de probleme Fundamentale ale Tehnicii din Varsovia (Prof. W. Novacki) obtinand recent rezultate recunoscute pe plan international in modelarea fenomenelor de transformare de faza in aliaje cu memoria formei (a se vedea listele de lucrari C. Faciu, M. Suliciu si CV-urile). Mentionam colaborarile din cadrul programelor EURROMMAT (IMAR Centru de Excelenta al UE) si EGIDE ECONET (Colaborare Franta-Polonia-Romania, finantat de Franta). De notat ca cercetarea are astfel un caracter interdisciplinar, in ea fiind antrenati matematicieni, ingineri si experimentatori. ■ Materialele gradate functional au fost studiate intens in ultimii ani (a se vedea Flavin, 1995; Pindera et al., 1997). Materialele elastice cu neomogenitate continua reprezinta un exemplu concludent pentru astfel de materiale. Studiul influentei neomogenitatii materialului asupra vitezei de scadere a efectelor in cadrul principiului lui Saint Venant reprezinta o directie de cercetare de importanta majora din punct de vedere tehnologic si practic. Estimari de scadere spatiala au fost obtinute de Flavin, 2003. Mentionam ca pentru materiale omogene ocupand un domeniu de forma unui sector circular, principiul lui Saint Venant in raport cu cresterea unghiului polar a fost stabilit de Flavin, 1992, Flavin si Gleeson, 2003 (sub o restrictie severa asupra dimensiunilor domeniului). O astfel de restrictie a fost inlaturata total de Chirita, 2005. Un principiu de tip Saint Venant in raport cu cresterea distantei polare a fost stabilit de Chirita si D'Apice, 2005. Studiul comportarii spatiale in cilindri elastici a fost facut utilizand masuri energetice sau masuri pe sectiunea transversala a cilindrului. Singura lucrare care a utilizat o masura cuprinzand numai deplasarile este aceea a lui Flavin, Knops si Payne (1989), pentru

materiale izotrope si omogene. Ar fi interesant de extins aceasta idee pentru materiale anizotrope generale (a se vedea lista de lucrari Chirita). ■ O prezentare la zi a modelului matematic al mediilor poroase (sau cu goluri), cu o bibliografie completa, poate fi gasita in cartea scrisa de Ilesan, 2004. In cadrul studiilor efectuate asupra solidelor poroase pe plan international, o directie insemnata o constituie studierea comportarii mecanice a corpurilor subtiri (panze si placi) alcatuite din materiale cu goluri. Astfel, modelul placilor poroase de tip Mindlin a fost introdus si investigat de catre E. Scarpetta (2002) si M. Birsan (2003). In aceasta privinta, se impune studierea problemelor la limita si cu valori initiale asociate si stabilirea proprietatilor de baza ale solutiilor. Deformarea cilindrului alcatuit dintr-un material elastic clasic a fost recent considerata de V. V. Meleshko (2003), in timp ce deformarea cilindrului poros se studiaza in F. Dell'Isola si R.C. Batra (1997), unde incovoierea de catre o forta transversala este tratata gresit. ■ In decadele trecute s-a depus un mare efort pentru a dezvolta teorii ale amestecurilor formate din diverse tipuri de materiale. Studiul acestor amestecuri are mare importanta din punct de vedere tehnologic. Recent, Ilesan (2004) a dezvoltat o teorie a mixturilor vascoelastice luand in calcul si efectele de porozitate. In aceeasi lucrare Ilesan a stabilit rezultate de unicitate si dependenta continua in raport cu datele externe. S-ar putea continua studiul proprietatilor calitative ale acestui important model. In 1990 Eringen propune o teorie a solidelor elastice in care fiecare punct poate suferi dilatari sau contractari. Recent Eringen (2003) a dezvoltat o teorie pentru a descrie un amestec dintre un solid micropolar si un fluid viscos micropolar. O teorie completa a mixturilor de medii poroase ar trebui sa cuprinda pe langa microrotatii, posibilitatea ca fiecare punct sa suporte dilatari si contractari. **Tema 2.** ■ A) Aplicatia de dualitate a fost unul din exemplele remarcabile de operatori monotoni surjectivi (teoria Minty, Browder), pe spatii Banach reflexive. B) Multi operatori diferentiali remarcabili sunt aplicatii de dualitate. Asa fiind, rezultatele de surjectivitate abstracte obtinute pentru aplicatii de dualitate se traduc in rezultate de existenta pentru probleme la limita atasate acestor operatori diferentiali. Un exemplu este cel al p -Laplacianului. C) p -Laplacianul apare in modelarea in mecanica: fluide ne-newtoniene, probleme de reactie – difuzie, medii poroase, elasticitate neliniara, glaciologie (Diaz 1985, Pelissier 1975). Au avut preocupari in domeniu: Lions, Browder, Serrin, Necas, Mawhin, etc.. In tara noastra a lucrat in domeniu Dincă (1972 capitol consacrat acestei problematice). Printre cei care au adus contributii se numara V.Barbu si I.Cioranescu. Rezultatele obtinute de G.Dinca și colaboratorii sai (J.Mawhin, P.Jebelean, P.Matei, J.Cranganu) vizeaza: i) studiul unor proprietati calitative ale aplicatiilor de dualitate; ii) dezvoltarea unor metode topologice (bazate pe proprietatile gradului Leray-Schauder) pentru obtinerea surjectivitatii; iii) transferarea rezultatelor de surjectivitate abstracte la cazul unor operatori diferentiali remarcabili care sunt aplicatii de dualitate pe spatii corespunzatoare de functii (a se vedea lista de lucrari G.Dinca). ■ Metodele multigrad pot fi vazute ca metode de descompunere a domeniilor atunci cand problema este rezolvata numeric utilizand spatiile de elemente finite, avantajul lor constand in faptul ca rata lor de convergenta este aproape independenta de parametrii retelelor si de suprapunerea domeniilor. Interesul lor se vede si din faptul ca din 1987 se tin anual conferinte internationale dedicate numai acestor metode iar numarul articolelor publicate in reviste este impresionant. Desi multe probleme de mecanica si ingineresti sunt modelate prin inegalitati, numarul lucrarilor este redus datorita dificultatilor de demonstrare a convergentei. Preocuparea principala a echipei din IMAR a fost studiul convergentei in cazul inegalitatilor (vezi lista de lucrari Badea). Exista colaborari cu Universitatea Paris 13 si Ecole Polytechnique Federale de Lausanne. Studiul convergentei in cazul inegalitatilor nevariationale, in comparatie cu cele variationale, este mult mai dificil fiindca aceste inegalitati nu provin din minimizarea unor functionale iar pentru multe probleme descrise prin aceste tipuri de inegalitati, existenta si unicitatea solutiei se poate demonstra numai in cazuri particulare. In prezentul proiect se propune studiul convergentei in cazul inegalitatilor nevariationale, ce apar frecvent in probleme de mecanica si in stiintele ingineresti. De mentionat sunt rezultatele datorate lui Kornhuber si lui Krause (Free University of Berlin), demonstrarea teoretica a convergentei ramanand totusi o problema deschisa. ■ Multe probleme din mecanica mediilor continue, deformabile pot fi formulate ca probleme de minim pentru o clasa de functionale de forma $v \rightarrow F_f(v) = g(v) - \langle f, v \rangle$, unde $g: X \rightarrow (-\infty, \infty]$ este o functionala proprie convexa sau neconvexa. Pentru un f in dualul lui X problema de minim pentru functionala F_f , adica : sa se gaseasca u din X astfel incit $F_f(u) \leq F_f(v)$ pentru orice $v \in X$, este echivalenta

cu ecuatia neliniara: sa se gaseasca u din X astfel ca f sa apartina subdiferentialei Gateaux a functionalei g in punctul u. In ultimele doua decade s-au obtinut o serie de rezultate in acest sens, atat pe plan international cat si pe plan national, spre exemplu lucrarile Ionescu, Rosca si Sofonea (1985); Ionescu si Rosca (1990); Petryshyn (1992); Lu Chuang Zeng (1998); Hild, Ionescu, Lachand-Robert si Rosca (2002), (2003) si Zeqing Liu, Jeong Sheok Ume si Shin Min Kang (in curs de aparitie). ■ Rezolvarea numerica a ecuatiilor de evolutie neliniare este o problema de mare actualitate teoretica si aplicativa, deoarece spre deosebire de cazul liniar, unde exista o bogata literatura dublata de pachete de programe de firma (ANSYS, FIDEUP, FEMLAB), problemele neliniare sunt foarte greu de generalizat. Din aceasta categorie pot fi considerate ecuatiile quasiliniare de tip eliptic-parabolic, care acopera o sfera larga de modele din teoria difuziei, teoria infiltratiei, problema lui Stefan, teoria propagarii caldurii, teorie cinetica, etc. Printre alte rezultate remarcabile in acest domeniu amintim pe cele prezentate in lucrarile: Alt si Luckhaus (1983), Carillo (1999) privind existenta si unicitatea solutiei, Eymard, Gutnic si Hilhorst (1988), privind aproximarea numerica. In ce priveste analiza calitativa si aproximarea unor modele matematice pentru infiltratia apei in soluri remarcam lucrarile Marinoschi 2004; Marinoschi si Barbu 2003; Ion, Homentcovchi si Marinescu 2002. In categoria ecuatiilor de evolutie definite prin operatori integrali puternic neliniari, o clasa de larg interes stiintific o reprezinta modelele Boltzmann. Rezultate semnificative in aproximarea numerica a acestor sisteme de evolutie au fost obtinute de Nambu 1980 si Grunfeld, Marinescu 1997. ■ Problema propulsiei realizate prin miscarea pe o suprafata helicoidala a unei pale de elice sau de elicopter a fost intens studiată (privind rezolvarea numerica a ecuatiilor integrale hipersingulare intalnite) pe plan mondial datorita aplicatiilor in industria aeronautica si navala. In carti de sinteza ca Anderson 1997, Wegener 1991, sunt prezentate pe larg studii dedicate acestei probleme. Din punct de vedere matematic este vorba de rezolvarea ecuatiilor lui Euler intr-un domeniu a carui frontiera variaza in timp. Pe plan national mentionam existenta unei scoli in acest domeniu: Homentcovschi 1975, studiind problema micilor perturbatii ale campului vitezei sau presiunii (ecuatii Euler liniarizate) pentru miscarea subsonica, stabileste ecuatia integrala a suprafetei portante. Dragos (2003) si Dragos si Carabineanu (2002) au dat formule de cuadratura pentru calculul partii finite a integralei bidimensionale hipersingulare. In lucrarile Carabineanu (1999, 2003, 2004) a fost rezolvata ecuatia suprafetei portante oscilante punandu-se in evidenta fenomenul de autopropulsie (a se vedea lista de lucrari Carabineanu). ■ Exista sisteme mecanice si electro-mecanice ce nu pot fi modelate in cadrul formalismului lagrangian sau hamiltonian. In ultimii 10 ani, o generalizare a acestora a fost dezvoltata in multe lucrari, bazata pe structura Dirac, si duce la aparitia unor sisteme lagrangiene si sisteme hamiltoniene implicite. O alternativa in studiul sistemelor dinamice este formalismul birkhoffian. In forma independenta de coordonate aceasta duce la a considera formalismul fibrarilor de jeturi de ordin 2. In studiul dinamicii circuitelor electrice au fost considerate variate formulari lagrangiene si hamiltoniene implicite; avantajele formalismului birkhoffian sunt prezentate de Ionescu si Scheurle (2004) in cazul dinamicii circuitelor neliniare LC si a retelelor ce contin surse independente si de Ionescu (2005) in cazul dinamicii circuitelor neliniare RLC, obtinute intr-un stagiu postdoc in cadrul retelei europene MASIE. (vezi lista de lucrari). **Tema 3.** ■ Este stiut ca fluidele newtoniene sunt clase de fluide cu multiple aplicatii (pornind de la industrie si mergand pana la biomecanica). El Kissi si colaboratorii (1994, 1997, 1998), Saramito si Piau (1994), etc., au pus in evidenta experimental diferite probleme legate de defectele ce pot aparea in extrudarea unei solutii polimerice dense sau a unui polimer topit. Cu aceasi ocazie s-a constatat o dependenta a acestora de conditia la frontiera (zone de alunecare). Problema modelarii matematice a acestor defecte si implicit a gasirii unor solutii acceptabile este inca deschisa. In acelasi timp exista o multime de modele matematice pentru aceste fluide (diferentiale, de tip viteza si integrale). O prezentare de ansamblu se poate gasi si in Larson (1988, 1999). Modelele integrale, care descriu foarte bine comportamentul solutiilor dense si polimerilor topiti, sunt foarte dificil de utilizat in probleme concrete (Rajagopal si Winemann 1983, Tigoiu 1998). In acelasi timp, o seama de cercetari s-au indreptat spre utilizarea unor modele complexe de fluide diferentiale. Dintre acestea, fluidele de ordinul doi au jucat si joaca un rol foarte important (Coleman, Markovitz si Noll 1966, Dunn si Fosdick 1974, Fosdick si Rajagopal 1983, Tigoiu si Cipu 2000, 2005). Nu este de asteptat ca sa se poata obtine solutii analitice utilizand aceste modele in miscari complexe. Efectul forfecarilor si

alungirilor, urmare a unei extrudari, este o problema importanta si de mare actualitate. O serie de rezultate parțiale au fost obtinute in cadrul unei cooperari cu Laboratoire de Rheologie din Grenoble (a se vedea lista de lucrari Tigoiu). ■ Alte clase de legi constitutive pentru fluide care s-au bucurat de mare atentie sunt : fluidele de gradul doi; modelul Maxwell si Oldroyd-B (Oldroyd, Dunn si Fosdick, Rajagopal si Srinivasa, Fetecau, Fetecau si Fetecau, etc). Modelele amintite au fost foarte studiate si o varietate de solutii exacte au fost determinate, in diferite clase de miscari. Astfel de solutii referitoare la miscarea unui fluid situat deasupra unei placi netede infinite au fost determinate de Bohme 1981, Rajagopal 1982, Fetecau si Zierep 2001 si Fetecau si Fetecau 2002. Un interes special il reprezinta studiul echilibrului energetic corespunzator diferitelor miscari ale fluidelor newtoniene si nenenewtoniene. Recent, Buhler si Zierep 2006 au prezentat un astfel de studiu in cazul problemei Rayleigh-Stokes pentru un fluid Newtonian. Extensia acestui studiu la fluidele nenenewtoniene (fluide de gradul doi, Maxwell, Oldroyd-B si posibil Burgers) constituie o problema importanta (a se vedea lista de lucrari Fetecau). ■ In descrierea procesului de recuperare secundara a petrolului se folosesc diferite modele: Hele-Shaw, Saffman-Taylor, Buckley-Leverett, modelul in saturatie. In fiecare caz, studiul stabilitatii interfetei sau a unei solutii de baza in saturatie este foarte important. Unele rezultate in acest sens au fost obtinute de : Bear – o analiza a stabilitatii unei solutii de baza, cu un model analog modelului Hele-Shaw, dar cu permeabilitati relative diferite pentru fluidul dislocuitor si petrol; Yortsos si Hickernell - cu modelul in saturatie, arata ca exista o valoare a constantei de crestere a perturbatiei, dincolo de care solutia este stabila independent de valoarea mobilitatii celor 2 fluide; Barenblatt, Entov si Ryzhik - cu modelul Buckley-Leverett, dau un criteriu de stabilitate in functie de mobilitati. In plus, in cadrul IMAR, rezultate privind modalitati de ameliorare a instabilitatii au fost obtinute de Carasso si Pasa, Pasa, Daripa si Pasa, in cadrul unor colaborari cu Universitatea din Saint-Etienne si cu Texas A-M University (vezi lista de lucrari). ■ Aplicarea metodelor asimptotice in diferite probleme practice este intens studiata la Universitatea din Saint-Etienne, echipa prof. Panasenko are un mare numar de lucrari pe acest subiect. IMAR a inceput colaborarea cu acest centru din anii 90 dar dupa anul 2000, in cadrul programului EURROMMAT finantat de Uniunea Europeana si a programului CNCSIS, aceasta colaborare s-a intensificat obtinandu-se rezultate semnificative in modelarea curgerii sangelui in sistemul sanguin, plecand de la un model mai simplu iar apoi utilizand modele din ce in ce mai apropiate de realitate. Domeniul de miscare este considerat cu frontiere rigide si miscarea periodica. Aceste rezultate au fost publicate (sau sunt in curs de publicare) in reviste prestigioase din strainatate (vezi lista de lucrari Stavre). ■ In prezent turbulenta ramane una din problemele nerezolvate ale fizicii. Recent Eringen (2005) a propus o teorie a turbulentei bazata pe teoria dinamica a fluidelor micromorfe. Se impune o cercetare a proprietatilor calitative ale acestui model nou. Eringen (2003) a propus si o teorie a continuumului pentru mixtura dintre un solid elastic micropolar si fluid viscos micropolar. O clasa vasta de materiale ingineresti cum ar fi solurile, rocile, materialele granulare, nisipul si panzele freatice pot fi modelate, mai realistic, prin aceasta teorie. Este interesant de studiat proprietatile calitative ale modelului propus, proprietati care sa demonstreze daca modelul este bine pus sau nu.

BIBLIOGRAFIE (selectiva – a se vedea si listele de lucrari atasate)

- 1) **E. Van Der Giessen**, Continuum models of large deformation plasticity. Part I. Large deformation plasticity and the concept of a natural reference state, Euro.J. Mech.A/Solids, **8**, 1 (1989),15-34; 3) **Kratochvil, J.**: Finite-strain theory of crystalline elastic-inelastic materials, J.of Appl.Phys.**41**, 1971, 1470-1479; 5) **G.A. Maugin**, Eshelby stress in elastoplasticity and fracture, Int. J.Plast.,**10**, (1994),393-408; **J.C. Simo**, Numerical analysis and simulation of plasticity, in P.G. Ciarlet and J.L. Lions, Eds., Hand.Num. Anal.,vol. VI. Elsevier, 185-499, 1998.
- 7) **I.Suliciu**, Energy estimates in rate-type thermo-viscoplasticity, Int.J.Plasticity,**14**,227-244, 1998
- 8) **F.D.Fischer,G.reisner,E.Werner,K.Tanaka,G.Cailletaud,T.Antretter**, A new view on transformation induced plasticity (TRIP),
- 9) **A. C. Eringen**, Micropolar mixture theory of porous media. J. Applied Physics, **94**(2003), 4184-4190; **A. C. Eringen**, On a rational theory of turbulence. Int. J. Engng. Sci., **43**(2005), 209-221; **J. N. Flavin**, Convexity considerations for the biharmonic equation in plane polars with applications to elasticity. Quart. J. Mech. Appl. Math., **45** (1992), 555-566; **J.N.Flavin and B.Gleeson**, On Saint-Venant's principle for a curvilinear rectangle in linear elastostatics. Math.Mech.Solids, **8** 2003 337-344; **D. Iesan**, Thermoelastic models of continua. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2004;
- 9) **F. Dell'Isola and R.C.Batra**, Saint-Venant's problem for porous linear elastic materials, J. Elasticity, **47** (1997), 73-81; **M. J. Pindera, J. Aboudi, A.M. Glaeser, S.M. Arnold** (eds), Use of composites in multiphased and functionally graded materials, Part B:Engineering 28B (1997), 175 pp.
- 10) **E. Scarpetta**, Minimum principles for the bending problem of elastic plates with voids, Int. J. Engrg. Sci., **40**(2002), 1317-1327
- 11) **D. Iesan**, On the theory of viscoelastic mixtures. J. Thermal Stresses, **27**(2004), 1125-1148.
- 12) **J. L. Lions**, Quelques méthodes de résolution des problèmes aux limites non-linéaires, Dunod,1969 ; **F. E. Browder**, Problèmes non-linéaires, Montréal, 1964 ; **J. L. Diaz**, Nonlinear partial differential equations and free boundaries, I, Res.Notes Math., No 106, Pitman, 1985; **V. Zhikov**, Averaging of functionals in the calculus of variations and elasticity, Math. USSR Izv. **29** (1987), 33 – 66.
- 13) **R.Kornhuber**, Monotone multigrid methods for elliptic variational inequalities II, Numer.Math.,**72**,481-499, 1996; **R.Krause**, Monotone multigrid methods for Signorini's problem with friction, Ph.D.Thesis, Free University of Berlin,
- 14) **Lu Chuang Zeng**, Iterative approximation of solutions to nonlinear equations of strongly accretive operators in Banach spaces, Nonlin. Anal., Theory, Methods and Applications, Vol 31,No 5/6, pp589-598,1998; **Patrick Hild, Ioan R.Ionescu, Thomas Lanchard-Robert, Ioan Rosca**, The

- blocking of an inhomogeneous Bingham fluid. Applications to landslides, Math. Model. and Numer. Anal., Vol 36, No 2, pp 1013-1026, 2002.
- 15) **Hans Alt and Stephan Luckhaus**, Quasilinear Elliptic-Parabolic Differential Equations, Math. Z. 183, 311-341, 1983; **J. Carillo**, Entropy solutions for nonlinear degenerate problems, Arch. Rat. Mech. Anal. 147(1999) 269-361; **R. Eymard, M. Gutnic, D. Hilhorst**, The finite module methods for an elliptic-parabolic equation, Acta Math. Univ. Comenianae, Vol. LXVII, 1(1988), pp. 181-195; **S. Ion, D. Homentcovschi and D. Marinescu**, Method of Lines for Solving Richards' Equation, Proceeding of the Fifth International Seminar on "Geometry, Continua and Microstructures", eds. S. Cleja-Tigoiu si V. Tigoiu, Sinaia 26-28 Septembrie 2001, Ed. Academiei, 125-132, 2002.; **K. Nambu**, Direct simulation scheme derived from the Boltzmann equation, J. Phys. Soc. Japan 49, 2042 (1980).
- 16) **M.H. Kobayashi, W.M. Oliva**, On the Birkhoff approach to classical mechanics, Resenhas IME-USP, 6, 1-71, 2003; **H. Yoshimura, J.E. Marsden**, Dirac structures in mechanics I, II, preprint 2005, 1-31, 1-47.
- 17) **K.R. Rajagopal and A. Wieneman**, Flow of a BKZ fluid in an orthogonal rheometer, J. Reol, 27, 5 (1983), 507-516; **R.G. Larson**, Constitutive equations for polymer melts and solutions, Butterworths, 1989; **N. El Kissi, L. Leger, J.M. Piau and A. Mezghani**, Effects of surface properties on polymer melt slip and extrusion defects, J. Non-Newton. Fl. Mech., 52, (1994), 249-261; **K.R. Rajagopal, A.R. Srinivasa**, A thermodynamic frame-work for rate type fluid models, J. Non-Newton. Fl. Mech. 88, 2000, 207-227; **G. Bohme**, Stromungsmechanik nicht-newtonscher fluide, B. G. Teubner, Stuttgart, 1981; **K. R. Rajagopal**, A note on unsteady unidirectional flows of a non-Newtonian fluid, Int. J. Non-Linear Mech. 17, 1982, 369-373; **K. Buhler, J. Zieryp**, Energetische Betrachtungen zum Rayleigh-Stokes problem, to appear in ZAMM 2006.
- 18) **Y.C. Yortsos, F.J. Hickernell**, Linear stability of immiscible displacement in porous media, SIAM J. Appl. Math., 49, 730-748, 1989; **V. Barenblatt, V. Entov, M. Ryzhik**, Fluid flow through natural rocks, Dordrecht, 1990
- 19) **F. Blanc, O. Gipouloux, G.P. Panasenko, A.M. Zine**, Asymptotic analysis and partial asymptotic decomposition of domain for Stokes equation in tube structure, Math. Mod. Meth. Appl. Sci., 9, 1351-1378, 1999; **G.P. Panasenko**, Multi-scale modelling for structures and composites, Springer, 2005

3. OBIECTIVE

3.1 Categoriile de probleme propuse spre rezolvare

3.1.1 Activitati de cercetare fundamentala si aplicativa de mare complexitate

Scopul acestor activitati este acela al cercetarilor avansate pentru dezvoltarea de modele matematice in vederea studierii diverselor tipuri de materiale precum si pentru determinarea de tehnici si proceduri analitice si numerice in vederea rezolvării problemelor concrete. Se urmareste si cresterea vizibilitatii cercetarii romanesti pe plan international.

3.1.2 Orientarea cercetarii nationale catre directiile europene de cercetare in stiinta materialelor

Se va urmări adaptarea ariei romanesti de cercetare in studiul materialelor in vederea integrării complete in aria europeana. Ne propunem identificarea directiilor de cercetare la nivelul institutiilor partenere, urmarind dezvoltarea si imbunatatirea activitatii si a resurselor umane. Se vor realiza activitati comune de cercetare pe directii prioritare la nivel european. Se vor identifica subiectele comune actuale cat si cele a caror rezolvare cere colaborare cu alte centre.

3.2 Obiective masurabile

3.2.1 Directii particulare de cercetare. In cadrul proiectului ne propunem urmatoarele obiective stiintifice.

Tema 1. Obiectivul 1.1. Comportamentul ireversibil al materialelor elasto-plastice cu neomogeneitati structurale de tip dislocatii sau structuri de tip "twining"; **Obiectivul 1.2.** Caracterizarea cuplajului termo-mecanic in materiale vasco-plastice ce pot suferi schimbari de faza cu aplicatii la materiale noi (oteluri multifazice, materiale cu memoria formei); **Obiectivul 1.3.** Studiul materialelor gradate functional; **Obiectivul 1.4.** Studiul materialelor poroase; **Obiectivul 1.5.** Studiul materialelor de tip amestec.

Tema 2. Obiectivul 2.1. Aplicatii de dualitate și probleme la limită în spații Orlicz-Sobolev; **Obiectivul 2.2.** Metode multigrad pentru inegalitati ne-variationale. Aplicatii la probleme neliniare din mecanica mediilor continue sau din stiintele ingineresti; **Obiectivul 2.3.** Metode variationale si numerice pentru rezolvarea unor probleme la limita in mecanica mediilor continue; **Obiectivul 2.4.** Tehnici de aproximare si algoritmi de calcul a operatorilor de evolutie; **Obiectivul 2.5.** Tehnici de rezolvare a ecuatiilor integrale hipersingulare intalnite in aerodinamica nestationara; **Obiectivul 2.6.** Studiul geometric al formalismului birkhoffian cu aplicatii in dinamica sistemelor mecanice si in a circuitelor electrice.

Tema 3. Obiectivul 3.1. Clase de fluide nenenewtoniene de tip integral si diferential in miscari complexe (cu aplicatii la miscari ale solutiilor polimerice si polimerilor topiti); **Obiectivul 3.2.** Studiul echilibrului energetic în cazul problemei Rayleigh - Stokes pentru unele clase de fluide nenenewtoniene; **Obiectivul 3.3.** Studiul stabilitatii folosind modelele Hele-Shaw, Buckley-Leverett si modelul de saturatie, in recuperarea secundara a petrolului; **Obiectivul 3.4.** Metode asimptotice in mecanica si biomatematika; **Obiectivul 3.5.** Studiul materialelor fluide. Noi modele de turbulenta si mixtura solid - fluid.

4. PREZENTAREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ A PROIECTULUI:

Prezentul proiect cere activități de cercetare fundamentală și aplicativă de mare complexitate. Toate problemele propuse spre abordare sunt subiecte de actualitate, deschise pentru comunitatea științifică internațională. Gradul înalt de complexitate a problematicei propuse în proiect este dat de actualitatea subiectelor, de faptul că în majoritatea lor se porneste de la modelarea unor fenomene reale și se ajunge până la date numerice efective, cât și de caracterul interdisciplinar al temelor și abordărilor.

■ **Activitatea de cercetare în cadrul Temei 1** implică, în tratarea obiectivelor propuse, pe **coordonator și partenerii 1, 2**. Sunt antrenati tineri masteranzi și doctoranzi. Se va colabora cu cercetători de la Universitățile din : Marseille, Metz, Poitiers, Salerno, Bologna, Texas A-M și cu Institutul pentru Probleme Fundamentale ale Tehnicii din Varsovia.

Obiectiv 1.1. Cercetarea propusă la acest punct se va desfășura pe două direcții: A) Formularea și dezvoltarea unui cadru matematic suficient de general, pentru teorii de ordinul doi, care să permită descrierea neomogenităților structurale de tipul dislocațiilor continue distribuite și de tip structuri «twining». În acest scop vom formula: ecuațiile de bilanț / principiul puterii virtuale; ecuațiile constitutive de tip elastic în raport cu configurații cu torsiune nenulă pentru forțele active (tensiuni și momente de tensiune) care generează evoluția deformăției de ordinul doi (metrică și conexiunea plastică); Legi de evoluție pentru deformăția ireversibilă de ordinul 2; conceptul de simetrie materială pentru neomogenități de tip dislocații și pentru materiale cu multiple configurații. B) Formularea restricțiilor termodinamice pe procese omogene, pentru materiale cu neomogenități structurale; formularea inegalității de disipare pentru materiale cu neomogenități de tip dislocații uniforme distribuite, deducerea restricțiilor constitutive și rolul spinului plastic și al torsiunii plastice; formularea inegalității de disipare pentru materiale cu structuri de tip «twining» și analiza rolului ecuațiilor de evoluție în modele cu și fără variabilă internă pentru descrierea structurilor de tip «twining». **Obiectiv 1.2.** Realizarea unei descrieri coerente a materialelor termo-vascoplastice, sensibile la viteza de deformare și care suferă transformări de fază (oteluri multifazice). Etape: formularea legilor de bilanț ce iau în considerare schimbul de căldură al corpului cu mediul înconjurător; obținerea unor legi constitutive de tip diferențial ce prescriu evoluția deformățiilor elastice, termice, plastice și de tip TRIP (transformare de fază); investigarea compatibilității acestor legi cu termodinamica cu variabile interne de stare și determinarea energiei libere corespunzătoare; investigarea ne-unicității energiei libere, ce poate conduce la diferite ecuații de propagare a căldurii; formularea problemelor inițiale și la limita pentru sistemele obținute; folosirea metodelor energetice și numerice pentru a investiga predicția acestor modele, cu accent pe evoluția distribuției temperaturii în timpul deformării plastice; compararea rezultatelor numerice cu cele experimentale. Aici menționăm că se vor utiliza datele de laborator obținute de colaboratorii noștri la Universitatea din Metz și la IPPT-PAN Varsovia, instituții lider în măsurarea temperaturii fără contact, în infraroșu. **Obiectiv 1.3.** Punem în evidență două problematice: A) *Studiul materialelor gradate funcțional în regiuni sectoriale.* Considerăm o stare elastică materială bidimensională situată în regiunea sectorială (S): $a < r < b$, $0 < \theta < \alpha$. Laturile $r = b$, $\theta = 0$ și $\theta = \alpha$ sunt libere de tracțiuni, iar latura $r = a$ este supusă la încărcări echilibrate. Pentru materiale gradate funcțional, caracteristicile elastice depind continuu numai de r sau numai de θ . Ne propunem să studiem influența neomogenității asupra vitezei de scădere a efectelor încărcării pe latura $r = a$ la distanțe apreciabile de această latură. O astfel de cercetare răspunde firesc la cercetările făcute de Flavin și Gleeson (2003), Chirita (2005), Chirita și D'Apice (2005). B) *Măsuri ale deplasării pentru cilindri cu suprafața laterală fixată.* Considerăm un cilindru prismatic alcătuit dintr-un material elastic anizotrop cu omogenitate continuă transversală. Cilindrul este fixat pe suprafața laterală cu încărcări pe capete. Introducem măsuri ale deplasării pe secțiunea transversală și studiem evoluția în raport cu variabila axială a acestora. Rezultatele cercetării dau un răspuns complet la cercetarea începută de Flavin, Knops și Payne (1989). **Obiectiv 1.4.** Vor fi analizate două probleme: A) *Studiul ecuațiilor de mișcare a plăcilor poroase.* Se consideră problemele la limita și cu valori inițiale atasate deformării plăcilor de diverse tipuri (plăci elastice plane sau curbe) alcătuite din materiale poroase și se studiază proprietățile soluțiilor acestor ecuații, stabilindu-se unicitatea, dependența continuă și existența lor. În acest scop, vom utiliza teoria semigrupurilor de operatori. Intentionăm ca rezultatele obținute să fie incluse într-o monografie pe care o vom scrie,

referitoare la teoria placilor elastice poroase de tip Mindlin. *B) Deformarea cilindrului drept poros.* Consideram un cilindru drept alcătuit dintr-un material elastic poros și studiem soluția analitică a problemei la limita în care capetele cilindrului sunt încărcate, iar suprafața laterală este liberă de tracțiuni. Utilizând metoda superpoziției obținem valori ale tensiunii și tensiunii echilibrate în vecinătatea frontierei. **Obiectiv 1.5.** La acest obiectiv vor fi atinse trei puncte: *A) Studiul modelului matematic al amestecurilor poroase.* Se consideră problemele la limita și cu valori inițiale asociate teoriei liniare a amestecurilor viscoelastice poroase și se studiază existența și comportarea temporală a soluțiilor. În acest sens sunt utilizate câteva rezultate privind semigrupurile de operatori liniari și egalități de tip Brun-Lagrange. *B) Model matematic cu microstretch pentru teoria amestecurilor micropolare.* Intentionăm să dezvoltăm o teorie a amestecurilor de medii poroase care să cuprindă pe lângă microrotații, posibilitatea ca fiecare punct să suporte dilatări și contractări. *C) Studiul modelului matematic cu microstretch pentru teoria amestecurilor micropolare.* Se are în vedere stabilirea de rezultate de existență și dependență continuă a soluțiilor problemelor la limita și cu valori inițiale din teoria amintită.

■ **Activitatea în cadrul Temei 2** implică pe **coordonator și partenerii 1, 3.** Sunt antrenati tineri masteranzi și doctoranzi. Se va colabora cu cercetători de la Universitățile: Libera din Berlin, Catolică din Louvain și Paris 6.

Obiectiv 2.1. Se abordează studiul aplicațiilor de dualitate. Se urmărește obținerea de proprietăți calitative, rezultate de surjectivitate, aplicații la modele ale mecanicii mediilor deformabile, în cadrul mai general al spațiilor Orlicz-Sobolev. Acest demers are cel puțin două justificări majore. i) Se știe că spațiile Orlicz sunt o generalizare naturală a spațiilor Lebesgue $L^p(\Omega)$, $1 < p < \infty$, acestea din urmă obținându-se ca un caz particular de spații Orlicz. Spațiile Orlicz-Sobolev $W^m L_A(\Omega)$ sunt o generalizare a spațiilor Sobolev $W^{m,p}(\Omega)$. Este natural să se generalizeze aplicația de dualitate de la $W^{m,p}(\Omega)$ la spațiile Orlicz-Sobolev $W^m L_A(\Omega)$ și să se recupereze cât mai multe dintre proprietăți. ii) În teoria elasticității neliniare au apărut probleme la limita pentru operatori ce generalizează p -Laplacianul (în sensul că p este o funcție $p: \bar{\Omega} \rightarrow \mathbf{R}$, continuă, cu $p(x) > 1, \forall x \in \bar{\Omega}$ - vezi Zhikov) Pentru abordarea problemelor la limita cu $p(x)$ -Laplacian trebuie cautat un nou cadru funcțional care este cel al spațiilor Orlicz-Sobolev. **Obiectiv 2.2.** Studiul teoretic al convergenței metodelor multigrad pentru inegalități ne-variacionale prin demonstrarea convergenței metodelor și estimarea erorii; aplicații numerice la rezolvarea efectivă a unor probleme practice de un real interes, de exemplu probleme de contact și frecare. Menționăm că, în cadrul acestui proiect se va încerca implicarea în acest studiu a echipei prof. R.Kornhuber de la Free University of Berlin, echipa ce a obținut unele rezultate asociind metoda multigrad cu o metoda de punct fix. **Obiectiv 2.3.** Se va face un studiu abstract și o modelare numerică a ecuațiilor neliniare de forma $f \in \partial g(u)$, pentru diferite funcționale g , ce se utilizează în modelarea unor probleme ce provin din elasticitatea liniară și neliniară, viscoplasticitate, curgerea geomaterialelor. În acest scop se vor continua cercetările din lucrările menționate în scțiunea 2. Tehnicile ce vor fi utilizate în demonstrarea existenței, unicității și construirii soluțiilor generalizate în sens Sobolev sunt: metoda spațiilor energetice, extensii de tip Friedrichs pentru probleme variacionale corect puse. Pentru aproximarea soluțiilor se va utiliza metoda elementului finit. **Obiectiv 2.4.** Obiectivul își propune elaborarea, studierea și implementarea unor scheme de aproximare numerică a unor clase de ecuații de evoluție și efectuarea unor simulări numerice. Schemele se referă la ecuații parabolice quasilineare de tip conservativ (PDE) și la ecuații de evoluție generate de operatori integrali neliniari utilizați în unele modele cinetice. În cazul PDE soluția aproximativă este furnizată de un sistem diferențial ordinar finit dimensional, *metoda liniilor*, obținut prin aproximarea operatorului de derivare spațială, noi vom folosi *metoda volumelor de control*. Vom studia proprietățile schemei în funcție de *triangularizarea* domeniului spațial și modul de definire a *fluxului numeric*. În cazul modelelor cinetice, pentru obținerea unor algoritmi eficienți, vom reformula ecuațiile inițiale ca ecuații de evoluție pe spații de măsuri pozitive și finite. Pentru integrarea în raport cu timpul vom folosi metoda lui Euler. Pentru reducerea efortului de calcul vom folosi scheme de tip Monte Carlo pentru aproximarea operatorilor integrali. Pentru simularea numerică am ales o problemă din teoria infiltrației apei prin medii poroase deoarece modelul matematic, ecuația lui Richards, este acoperitor pentru o clasă largă

de fenomene de difuzie modelate prin ecuatii singulare (parabolic-eliptic). Vom studia numeric, utilizand softuri proprii si de firma (FEMLAB), raspunsul modelului la diferite tipuri de functii de material, comportamentul hidraulic al diferelor tipuri de sol, etc. **Obiectiv 2.5.** Se presupune ca suprafata portanta $S(t)$ se misca pe o suprafata elicoidala. Consideram ca pala de elice se roteste si oscileaza in jurul pozitiei medii cu frecventa λ . Se obtine o ecuatie integrala pentru ecuatie suprafetei portante. Ne propunem sa dam forme echivalente ecuatiei suprafetei portante, in cazul elicei, cu scopul de a pune in evidenta tipul singularitatilor continute de nucleu. In acest context vom sparge nucleul ecuatiei intr-o suma de nuclee, pentru acestea furnizand formule de cuadratura adecvate. Se ajunge astfel la discretizarea ecuatiei si dupa rezolvarea ei aproximativa, integrand numeric saltul presiunii pe suprafata, se calculeaza forta de propulsie. **Obiectiv 2.6.** Sistemele birkhoffiene ce descriu un circuit electric de tip LC sau RLC sunt conservative respectiv disipative. Functiile folosite in aceste demonstratii vor putea fi folosite pentru a construi functii de tip Liapunov si a demonstra, in anumite conditii, rezultate legate de stabilitatea circuitelor considerate. In continuare se va studia existenta unei structuri variationale asociata cu un sistem birkhoffian. Se cauta o teorie a reducerii sistemelor birkhoffiene cu simetrie. Se va aplica acest formalism si la alte sisteme dinamice, cum ar fi sistemele mecanice cu singularitati.

■ **Activitatea in cadrul Temei 3 implica pe coordonator si partenerii 1, 2.** Sunt antrenati tineri masteranzi si doctoranzi.

Se va colabora cu cercetatori de la Universitatile: din Savoie, din Hamburg, din Bayreuth, din Saint-Etienne si Texas A-M

Obiectiv 3.1. Se studiaza problema aparitiei defectelor in extrudari, pentru materiale modelate prin legi constitutive de tip integral (Green-Tobolsky si BKZ) cu considerarea a doua tipuri de campuri cinematic admisibile: de tip Binding si de tip von Karman. Cum este imposibil de obtinut solutii analitice pe modelul complet, se vor aplica metode de liniarizare si asimptotice (de tipul celor aplicate in Tigoiu 1995, 2001, 2003). Un rezultat partial obtinut de Tigoiu (1992) arata ca efectul tensiunii elongationale asupra aparitiei defectelor nu poate fi neglijat. Se va efectua un studiu relativ al forfecarilor si elongatiilor. Se au permanent in vedere rezultatele (in special experimentale) deja mentionate ale lui El Kissi si coautorii, Larson, Rajagopal si Srinivasa. Dupa obtinerea solutiei in aproximatia liniarizata si / sau in cea asimptotica se vor calcula vascozitatile, timpii de parcurs si efectele la perete. Impreuna cu rezultatele de la Obiectivul 3.2 (privind echilibrul energetic la perete), pe care le vom adapta la modelele utilizate aici, se spera imbunatatirea in viitor a unui rezultat obtinut in 2004, pentru conditia de alunecare cu frecare la perete, gandita ca o modalitate de reducere a defectelor la iesirea din aparatul de extrudare. **Obiectiv 3.2.** Ne vom ocupa de extinderea rezultatelor obtinute de Zierep și Buhler, pentru fluide newtoniene, la fluidele nenewtoniene. La inceput, se vor determina cele trei marimi care caracterizeaza echilibrul energetic in cazul problemei Rayleigh-Stokes pentru un fluid de gradul doi. Se vor determina atat solutiile exacte, cat si cele aproximative in cazul cand modulul material α_1 este suficient de mic. Se vor discuta cazurile celor doua probleme ale lui Stokes. In continuare vor fi studiate solutii exacte si aproximative (pentru timpi de relaxare „mici”) in cazul fluidelor de tip Oldroyd-B. Este de asteptat sa se regaseasca marimile corespunzatoare fluidelor Maxwell, fluidelor de gradul doi si respectiv celui Newtonian, pentru valori particulare ale timpilor de relaxare. In final (in lipsa de solutii exacte) vom aborda cazul fluidelor Burgers sau Burgers generalizate, unde vom discuta, in aceeasi termeni, problema a doua a lui Stokes. **Obiectiv 3.3.** Studiul rezultatelor obtinute asupra stabilitatii folosind modelele Hele-Shaw, Buckley-Leverett si modelul in saturatie, cu accent pe modelul in saturatie (care este neliniar), fara a considera fenomenele de absorbtie, adsorbție si difuzie; demonstrarea faptului ca, in conditii particulare, poate exista o solutie totdeauna stabila a modelului in saturatie, independent de numarul de unda si de mobilitati. Particularitatea se refera atat la conditiile la limita verificate de saturatie cat si la unele proprietati ale permeabilitatilor relative. **Obiectiv 3.4.** Se continua analiza asimptotica a interactiunii dintre un fluid viscos si o membrana elastica in cazul conditiilor la limita neomogene, deformatiile structurii elastice fiind considerate suficient de mici pentru a produce deformari neglijabile in domeniul ocupat de fluid. Se va investiga miscarea nestationara a unui fluid viscos intr-un canal subtire cu un perete elastic, miscarea fluidului fiind descrisa de ecuatiile Stokes iar comportarea peretelui de ecuatie Sophie-Germain. Vom considera cazul neperiodic si vom aproxima solutia problemei de interactiune dintre fluid si perete intr-un domeniu de tip dreptunghi finit. Vom introduce corectorii de tip strat limita si vom estima eroarea dintre solutia asimptotica si cea exacta.

Obiectiv 3.5. Se studiaza, pe de-o parte *Rezultate calitative pentru teoria mixturilor micropolare*. Pentru modelul matematic al mixturii dintre un fluid micropolar si un solid elastic intentionam sa consideram teoria liniara si sa studiem unicitatea si dependenta continua in raport cu datele externe a solutiilor problemelor la limita si cu valori initiale. Pe de alta parte se va studia: *Teoria turbulentei in sensul introdus de Eringen*. Se preconizeaza obtinerea de rezultate care sa puna in evidenta daca modelul formulat este bine pus din punct de vedere matematic.

5. JUSTIFICAREA PROIECTULUI:

5.1 Relevanta proiectului. Studiul matematic al comportarii materialelor reprezinta un subiect de mare actualitate pe plan international. Directiile abordate in proiect se incadreaza, asa cum rezulta din sectiunile 2, 4 (a se vedea si listele de lucrari atasate), in fluxul principal de preocupari pe plan international in domeniu: prin problemele propuse, prin tehnicile (matematice si numerice), metodele si modelele matematice noi utilizate in abordarea acestor probleme, prin continuarea traditiei si rezultatelor deosebite ale scolii romanesti de mecanica mediilor continue. In acest sens este deosebit de utila cunoasterea proprietatilor calitative ale modelelor matematice existente sau propuse. Pentru o seama de modele, foarte apropiate de realitatea fizica, aparatul matematic, necesar analizei problemelor de deformare sau miscare, este abia in curs de construire. Institutiile implicate in realizarea prezentului proiect, ca si persoanele care-si asuma sarcina ducerii lui la bun sfarsit, au competenta si experienta necesare pentru obtinerea de rezultate stiintifice noi, pentru studierea unei clase largi de directii prioritare de cercetare si pot constitui un partener stiintific viabil pentru colaborarea europeana in viitorul PC7. In acest sens, **proiectul este relevant** in masura in care **realizeaza cresterea calitatii** activitatii institutiilor partenere, **dezvolta si concentreaza** resursele umane si materiale, **atrage tineri** pentru cercetarea de varf si **pregateste participarea institutiilor partenere** la realizarea programelor europene.