

UNIVERSITATEA DIN BUCUREȘTI

TEZĂ DE ABILITARE

**REZULTATE DE OMOGENIZARE
PENTRU MEDII ETEROGENE**

CLAUDIA TIMOFTE

București, 2016

Rezumat

Lucrarea de față, pregătită pentru obținerea *atestatului de abilitare*, cuprinde o selecție a rezultatelor științifice pe care le-am obținut în domeniul teoriei omogenizării după dobândirea titlului de doctor în Matematică. Principala motivație din spatele acestui demers o constituie dorința de a descrie succint stadiul actual al cunoașterii în domeniul teoriei omogenizării, de a oferi o imagine de ansamblu asupra contribuțiilor mele în acest vast domeniu și de a discuta câteva probleme deschise și câteva posibile perspective de dezvoltare a viitoarei mele cariere științifice și academice.

Teza se bazează pe o parte dintre contribuțiile mele originale la aplicarea teoriei omogenizării, contribuții conținute în douăzeci și cinci de articole publicate sau trimise spre publicare în reviste internaționale cu o largă audiență, incluzând nu doar matematicieni, ci și fizicieni, chimiști, ingineri și cercetători din diferite domenii aplicative. Multe dintre rezultatele conținute în publicațiile pe care le-am selectat pentru a sprijini această aplicație sunt strâns legate sau motivate de probleme de interes practic. Voi încerca să ofer o imagine de ansamblu, de sine-stătătoare, asupra contribuțiilor mele și, acolo unde va fi necesar, să dau mai multe detalii care nu sunt prezente în lucrările corespunzătoare publicate, făcând astfel ca principalele mele rezultate să fie accesibile unui public mai larg, cu solide cunoștințe generale de matematică, dar nu neapărat experți în domeniul specific al teoriei omogenizării. Teza prezintă câteva dintre cele mai relevante rezultate pe le-am obținut pe parcursul ultimilor cincisprezece ani de cercetare efectuată, singură sau în colaborare, în patru arii majore: analiza de multiscară a proceselor de reacție-difuzie în medii poroase, omogenizarea problemelor unilaterale, modelarea, cu ajutorul scărilor multiple, a mediilor compozite cu interfețe imperfecte și obținerea de modele matematice în biologie și în inginerie.

În afară de două scurte rezumate, unul în limba română și altul în limba engleză, teza conține două părți și o bibliografie cuprinzătoare. Prima parte, structurată în cinci capitole, este dedicată prezentării principalelor mele realizări științifice obținute după finalizarea studiilor doctorale. După un capitol introductiv, în care este prezentat stadiul actual al cercetării în domeniul teoriei omogenizării și care oferă cadrul general și o motivație pentru activitatea mea de cercetare post-doctorală în acest domeniu, al doilea capitol cuprinde câteva dintre contribuțiile mele referitoare la omogenizarea mișcărilor reactive în medii poroase. Mai precis, sunt prezentate rezultate originale de omogenizare pentru curgerile reactive neliniare staționare în medii poroase și pentru studiul fenomenelor de adsorbție neliniară în medii poroase. Capitolul se bazează pe lucrările [11], [12], [21] și [23]. Al treilea capitol, bazat pe articolele [7], [8], [13], [14] și [20], este dedicat omogenizării unor probleme unilaterale în domenii perforate. Sunt cuprinse rezultate originale privitoare la omogenizarea unor probleme de tip Signorini și a unor probleme eliptice cu condiții mixte pe frontiere în domenii perforate. Al patrulea capi-

tol conține o serie de rezultate recente despre omogenizarea unor modelele din biologie. Sunt discutate noi modele matematice pentru transportul ionic în medii periodice încărcate electric, pentru studiul carcinogenezei în celulele vii sau pentru analiza dinamicii calciului în celulele biologice. Rezultatele prezentate în acest capitol sunt cuprinse în lucrările [22], [23], [24], [27], [29], [30] și [31]. Ultimul capitol al acestei prime părți sintetizează cele mai importante rezultate pe care le-am obținut în domeniul transferului de căldură în materiale compozite cu interfețe imperfecte și se bazează pe lucrările [4], [5], [6], [25], [26] și [28]. Definițiile noțiunilor de bază din teoria omogenizării și rezultatele generale din analiza funcțională care vor fi folosite pe parcursul acestei lucrări pot fi găsite în [1], [2], [3], [9], [10], [15], [16], [17], [18] și [19].

A doua parte a acestei teze prezintă câteva planuri de dezvoltare și de evoluție în carieră. După o scurtă trecere în revistă a parcursului meu științific și academic de până acum, sunt prezentate direcțiile viitoare de cercetare și câteva planuri de dezvoltare pe termen scurt, mediu și lung a carierei mele științifice și academice.

Lucrarea se încheie cu o bibliografie cuprinzătoare, menită să ilustreze stadiul actual al cunoașterii în acest domeniu vast al teoriei omogenizării și al aplicațiilor sale.

Principalele mele contribuții originale conținute în această teză pot fi sintetizate astfel:

- efectuarea unui studiu riguros al proceselor neliniare de reacție-difuzie în medii poroase, care includ difuzie, reacții chimice și diferite tipuri de rate de adsorbție;
- obținerea unor rezultate de omogenizare pentru probleme unilaterale în medii perforate;
- elaborarea de noi modele matematice pentru fenomenele de transport ionic în medii periodice încărcate electric;
- derivarea de noi modele matematice pentru studiul proceselor neliniare de carcinogeneză în celulele umane și al dinamicii calciului în celulele vii;
- efectuarea unei analize asimptotice riguroase pentru procese de difuzie termică în structuri compozite;
- rafinarea studiului problemelor de difuzie cu condiții dinamice pe frontieră;
- obținerea de noi modele matematice pentru probleme de difuzie cu salt în flux.

Rezultatele incluse în această teză au fost obținute singură sau în strânsă colaborare cu mai multe instituții academice și de cercetare din România sau din străinătate. Sunt profund recunoscătoare tuturor co-autorilor mei, Profesor dr. C. Conca, Profesor dr. F. Murat, Profesor dr. J. I. Díaz, Profesor dr. A. Liñán, Profesor dr. H. I. Ene, Dr. A. Căpățînă, Dr. I. Țențea și Dr. R. Bunoiu, pentru o frumoasă colaborare, pentru contribuția lor importantă la realizarea lucrărilor noastre, pentru sfaturile utile și pentru discuțiile interesante pe care le-am avut de-a lungul anilor. Toate aceste rezultate ar putea deschide perspective noi și promițătoare pentru dezvoltări ulterioare și pentru viitoare colaborări cu cercetători reputați din țară și din străinătate.

Bibliografie

- [1] V. Barbu, *Nonlinear semigroups and differential equations in Banach spaces*, Editura Academiei, Bucharest, Romania and Noordhoff International Publishing, Leiden, Netherlands, 1976.
- [2] A. Bensoussan, J. L. Lions, G. Papanicolaou, *Asymptotic analysis for periodic structures*, Amsterdam, North-Holland, 1978.
- [3] H. Brézis, *Problèmes unilatéraux*, J. Math. Pures et Appl., **51**, 1–168, 1972.
- [4] R. Bunoiu, C. Timofte, *Homogenization of a thermal problem with flux jump*, Networks and Heterogeneous Media, **11** (4), 545–562, 2016.
- [5] R. Bunoiu, C. Timofte, *On the homogenization of a two-conductivity problem with flux jump*, acceptată, Communication in Mathematical Sciences, 2016.
- [6] R. Bunoiu, C. Timofte, *Diffusion problems with flux jump*, în pregătire, 2016.
- [7] A. Capatina, H. I. Ene, C. Timofte, *Homogenization results for elliptic problems in periodically perforated domains with mixed-type boundary conditions*, Asymptotic Analysis, **80** (1-2), 45-56, 2012.
- [8] A. Capatina, C. Timofte, *Homogenization results for micro-contact elasticity problems*, Journal of Mathematical Analysis and Applications, **441** (1), 462-474, 2016.
- [9] D. Cioranescu, A. Damlamian, P. Donato, G. Griso, R. Zaki, *The periodic unfolding method in domains with holes*, SIAM J. Math. Anal., **44**, 718-760, 2012.
- [10] D. Cioranescu, P. Donato, *An introduction to homogenization*, Oxford Lecture Series in Mathematics and its Applications, **17**, The Clarendon Press, Oxford University Press, New York, 1999.
- [11] C. Conca, J. I. Díaz, A. Liñán, C. Timofte, *Homogenization in chemical reactive flows*, Electronic Journal of Differential Equations, **40**, 122, 2004.
- [12] C. Conca, J. I. Díaz, C. Timofte, *Effective chemical processes in porous media*, Math. Models Methods Appl. Sci. (M3AS), **13** (10), 1437-1462, 2003.
- [13] C. Conca, F. Murat, C. Timofte, *A generalized strange term in Signorini's type problems*, ESAIM: Modél. Math. Anal. Numér. (M2AN), **37** (5), 773-806, 2003.
- [14] C. Conca, C. Timofte, *Interactive oscillation sources in Signorini's type problems*, Contemporary Mathematics, **362**, 381-392, American Mathematical Society Book Series, Providence, Rhode Island, 2004.
- [15] U. Hornung, *Homogenization and porous media*, Interdisciplinary Applied Mathematics, **6**, Springer, New York, 1997.

- [16] V. V. Jikov, S. M. Kozlov, O. A. Oleinik, *Homogenization of differential operators and integral functionals*, Springer-Verlag, 1994.
- [17] J. L. Lions, *Quelques méthodes de résolution des problèmes aux limites non linéaires*, Dunod, Gauthier-Villars, Paris, 1969.
- [18] J. L. Lions, E. Magenes, *Non-homogeneous boundary value problems and applications*, **1**, Springer-Verlag, Berlin, New York, 1982.
- [19] L. Tartar, *Problèmes d'homogénéisation dans les équations aux dérivées partielles*, in Cours Peccot, Collège de France, 1977.
- [20] C. Timofte, *Upscaling of variational inequalities arising in nonlinear problems with unilateral constraints*, Z. Angew. Math. Mech., **87** (6), 406-412, 2007.
- [21] C. Timofte, *Homogenization results for climatization problems*, Annali dell'Universita di Ferrara Sez. VII (N.S.), **53** (2), 437-448, 2007.
- [22] C. Timofte, *Upscaling in dynamical heat transfer problems in biological tissues*, Acta Physica Polonica B, **39** (11), 2811-2822, 2008.
- [23] C. Timofte, *Homogenization results for enzyme catalyzed reactions through porous media*, Acta Mathematica Scientia, **29B** (1), 74-82, 2009.
- [24] C. Timofte, *Homogenization results for dynamical heat transfer problems in heterogeneous biological tissues*, Bulletin of the Transilvania University of Braşov, **2** (51), 143-148, 2009.
- [25] C. Timofte, *Multiscale analysis in nonlinear thermal diffusion problems in composite structures*, Cent. Eur. J. Phys., **8**, 555-561, 2010.
- [26] C. Timofte, *Multiscale analysis of diffusion processes in composite media*, Comp. Math. Appl., **66**, 1573-1580, 2013.
- [27] C. Timofte, *Homogenization results for ionic transport in periodic porous media*, Comp. Math. Appl., **68**, 1024-1031, 2014.
- [28] C. Timofte, *Multiscale modeling of heat transfer in composite materials*, Romanian Journal of Physics, **58** (9-10), 1418-1427, 2013.
- [29] C. Timofte, *Multiscale analysis of a carcinogenesis model*, Biomath Communications, **2** (1), 2015.
- [30] C. Timofte, *Homogenization results for the calcium dynamics in living cells*, Math. Comput. Simulat., în curs de apariție, 2016, doi:10.1016/j.matcom.2015.06.01 2015.
- [31] C. Timofte, *Homogenization results for a carcinogenesis model*, în curs de apariție, Mathematics and Computers in Simulation, 2016, doi: 10.1016/j.matcom.2016.06.008..