



Abstract of the habilitation thesis

Multifunctional nanostructured materials as feasible solution for environmental remediation, catalysis, and biomedical applications

- *From fundamental surface phenomena to functional nanomaterials for societal challenges* -

The habilitation thesis discusses a selection of scientific results obtained after the defense of the PhD thesis on February 27, 2007 at Lyon in front of an international jury. The PhD in Chemistry (*très honorable*) was awarded by the Université “Claude Bernard” Lyon 1 - Institut de Recherches sur la Catalyse, France (currently IRCELYON) under a co-tutelle agreement with the “Gheorghe Asachi” Technical University of Iasi, Romania.

The thesis is organized in **three main parts**, as follows. The *first part* presents the professional achievements covering activities performed as a scientific researcher, affiliated assistant professor, and mentor. Building on this foundation, *the second part* focuses on scientific achievements, which represent the core and the most consistent component of the thesis. Finally, *the third part* outlines the plan for further development of the career. This structure ensures a coherent progression of the thesis and provides a solid fundament for the next steps in the career development.

The scientific achievements discussed in the *second part* are further organized into **three main chapters**. Their structure shows both the increasing complexity of the approached scientific topics and the gradual development of independence to reach professional maturity as senior and leading researcher. Therefore, these scientific achievements are discussed in three different chapters, which share a common denominator, that is, matter of the nanoscale or nanomaterials. During my career I explored nanomaterials for various applications, with particular emphasis on environmental remediation, catalysis, and medicine. My doctoral studies were mainly focused on the environmental applications of nanomaterials, when I investigated the ability of nanostructures to function as adsorbents for pollutants. This research continued during the first two years of my postdoctoral work. My work expanded progressively toward the study of those porous materials as support for nanocatalysts, topic that covered the most part of my postdoctoral period and then as experienced researcher. This period once ended, I continued to work on nanomaterials by transferring the acquired know-how toward medical applications with focus on oncology. This transition is critical because it marks the stage when I started to work as fully independent researcher and when I was challenged to apply the knowledge in nanomaterials to medical diagnostic and therapy.

The **first chapter**, *Porous siliceous materials for environmental applications*, discusses the control of crystallinity, structural organization, and porosity of the studied materials, alongside



the tuning of their chemical composition and surface acidity for an improved adsorption performance. Particular attention was devoted to the calorimetric determination of acidity in both gas and liquid phases in order to obtain a detailed understanding of the surface properties where the adsorption takes place. These investigations were further correlated with the ability of porous solids to capture volatile organic compounds (VOCs) and other organic pollutants. Overall, the studies aimed to establish clear relationships between structure, surface acidity, and adsorption performance.

The **second chapter**, *Supported metal and oxide nanoparticles for catalytic (fine) chemistry*, focuses on the development of supported metal and metal oxides on inorganic supports to obtain high performance nanocatalysts. Two main supports are discussed, that is, mesoporous silica, particularly, SBA-15, and layered double hydroxides. The obtained materials were then in depth characterized for their physico-chemical properties and finally evaluated for their catalytic performance in several scientifically and industrially relevant chemical reactions. However, the discussion is limited to only three reactions, chemoselective hydrogenation of cinnamaldehyde, which is addressed in most of the personal publications, hydrogenation of styrene oxide, and HDS of thiophene.

The **third chapter**, *Nanoparticles for biomedical applications*, presents the contribution made to the development of nanostructured systems for drug delivery and as contrast agent for MRI. The main achievements have been obtained on both inorganic nanoparticles (layered double hydroxides, magnetic nanoparticles) and organic nanoparticles (liposomes and microemulsions). These nanostructures were investigated for their potential use in biomedical applications, with emphasis on their ability to function as efficient drug carriers and imaging agents.

The habilitation thesis ends with bibliographic references, which include both relevant publications from the scientific literature and the author's own scientific contributions.



Rezumatul tezei de abilitare

Materiale nanostructurate multifuncționale pentru remedierea mediului, cataliză și aplicații biomedicale

- De la fenomene fundamentale de suprafață la nanomateriale funcționale pentru provocările societale -

Teza de abilitare prezintă o selecție de rezultate științifice obținute după susținerea tezei de doctorat, la data de 27 februarie 2007, la Lyon, în fața unui juriu internațional. Titlul de Doctor în Chimie (*très honorable*) a fost acordat de Université Claude Bernard Lyon 1 - Institut de Recherches sur la Catalyse, Franța (în prezent IRCELYON), în baza unui Acord de cotutelă cu Universitatea Tehnică «Gheorghe Asachi» din Iași, România.

Teza este organizată în **trei părți principale**, după cum urmează. *Prima parte* prezintă realizările profesionale, care includ activitățile desfășurate în calitate de cercetător științific, asistent universitar afiliat și mentor. Pornind de la acest fundament, cea de-*a doua parte* se concentrează asupra realizărilor științifice, care reprezintă nucleul și componenta cea mai consistentă a tezei. În final, cea de-*a treia parte* prezintă planul de dezvoltare a carierei. Această structură asigură o progresie coerentă a tezei și oferă o bază solidă pentru etapele următoare ale dezvoltării profesionale.

Realizările științifice prezentate în cea de-*a doua parte* sunt organizate în **trei capitole principale**. Structura acestora evidențiază atât creșterea complexității temelor științifice abordate, cât și dezvoltarea treptată a independenței necesare pentru atingerea maturității profesionale ca cercetător senior și lider de echipă. Astfel, aceste realizări științifice sunt discutate în trei capitole distincte, care au un numitor comun, și anume studiul materiei la scară nanometrică sau al nanomaterialelor. De-a lungul carierei mele am explorat nanomaterialele pentru diverse aplicații, cu accent deosebit pe remedierea mediului, cataliză și medicină. Studiile mele doctorale au fost orientate în principal către aplicațiile de mediu ale nanomaterialelor când am investigat în principal capacitatea nanostructurilor de a funcționa ca adsorbant pentru poluanți. Aceste studii au continuat și în primii doi ani de activitate postdoctorală. În perioada postdoctorală, activitatea mea s-a extins treptat către studiul materialelor în calitate de suporturi pentru nanocatalizatori, temă care a acoperit cea mai mare parte a perioadei postdoctorale și a celei de cercetător experimentat. După încheierea acestei etape, am continuat să lucrez în domeniul nanomaterialelor, transferând cunoștințele dobândite către aplicații medicale, cu accent pe oncologie. Această tranziție este esențială deoarece marchează etapa în care am început să activez ca cercetător pe deplin independent și în care am



inițiat transferul cunoștințelor din domeniul nanomaterialelor în diagnosticul și terapia din practica medicală.

Primul capitol, *Materiale poroase pe bază de siliciu pentru aplicații de mediu*, abordează controlul cristalinității, organizării structurale și porozității materialelor studiate, precum și ajustarea compoziției chimice și a acidității de suprafață. O atenție deosebită a fost acordată studierii acidității prin calorimetrie atât în fază gazoasă, cât și în fază lichidă, pentru a obține o înțelegere detaliată a proprietăților de suprafață, locul unde are loc adsorbția. Aceste investigații au fost corelate ulterior cu capacitatea solidelor poroase de a capta compuși organici volatili (COV) și alți poluanți organici. În ansamblu, studiile au urmărit stabilirea unor relații între structură, aciditate și performanța în adsorbție.

Al doilea capitol, *Nanoparticule metalice și de oxizi metalici depuse pe suport solid pentru aplicații catalice în chimia fină și procese industriale*, se concentrează asupra dezvoltării nanoparticulelor metalice și de oxizi metalici depuse pe materiale anorganice pentru obținerea unor nanocatalizatori de înaltă performanță. Sunt discutate două tipuri principale de suporturi, și anume silicea mezoporoasă, în special SBA-15, și hidroxizii dublu lamelari. Materialele obținute au fost ulterior caracterizate în detaliu din punct de vedere al proprietăților fizico-chimice și, în final, evaluate în ceea ce privește performanța catalitică în mai multe reacții chimice relevante din punct de vedere științific și industrial. Totuși, în cadrul prezentei teze discuția este limitată la doar trei reacții: hidrogenarea chemo-selectivă a cinamaldehydei, abordată în majoritatea publicațiilor personale, hidrogenarea oxidului de stiren și hidrosulfurarea (HDS) tiofenului.

Al treilea capitol, *Nanoparticule pentru aplicații biomedicale*, prezintă contribuțiile aduse la dezvoltarea unor sisteme nanostructurate pentru livrarea medicamentelor și ca agenți de contrast pentru Imagistică prin Rezonanță Magnetică (IRM). Principalele realizări au fost obținute atât pe nanoparticule anorganice (hidroxizi dublu lamelari, nanoparticule magnetice), cât și pe nanoparticule organice (lipozomi și microemulsii). Aceste nanostructuri au fost investigate pentru a evidenția potențialul lor în aplicații biomedicale, cu accent pe capacitatea lor de a funcționa ca vectori eficienți pentru transportul medicamentelor și ca agenți de contrast. Teza de abilitare se încheie cu lista referințelor bibliografice, care include atât publicații relevante din literatura științifică, cât și contribuțiile științifice proprii ale autoarei.