

**CĂLĂTORIE
PE VALURI
DE GALAXII**

Astrofiziciană Hélène Courtois (n. 1970) este specializată în cosmografie. Este profesor la Universitatea Lyon 1 și coordonator al unei echipe de cercetare de la Institutul de Fizică Nucleară din Lyon. În anul 2018 a fost desemnată de Ministerul francez al Afacerilor Externe omul de știință al anului pentru influența activității sale pe plan internațional, iar în 2019 a luat parte la realizarea filmului documentar *Cosmic Flows: The Cartographers of the Universe*.

Hélène Courtois colaborează la reviste de specialitate precum *The Astrophysical Journal*, *Nature*, *Nature Astronomy*, *The Astronomical Journal* sau *Comptes Rendus de l'Académie des sciences*. Principalele volume publicate sunt, alături de *Voyage sur les flots de galaxies: Laniakea, notre nouvelle adresse dans l'Univers* (2016), *Astrophysique: Rappels de cours, exercices et problèmes corrigés* (2016, cu Agnès Acker) și *Explorateurs de l'espace: Voyage aux frontières de l'Univers* (2019, cu Michel Tognini).

HÉLÈNE COURTOIS
**CĂLĂTORIE
PE VALURI
DE GALAXII**

LANIAKEA
noua noastră adresă
în Univers

Prefață de Françoise Combes
Membră a Academiei Franceze de Științe

Traducere din franceză de Dan Daia

 HUMANITAS
BUCUREȘTI

Prefață

Ce este un cosmograf? Un geograf al cosmosului. Așa se definește Héléne Courtois. La aceasta se adaugă o dimensiune temporală: în astronomie, să călătorești departe înseamnă să te întorci în timp. Atașați-vă centura, deoarece vom explora în această lucrare mediul nostru imediat, de până la un miliard de ani-lumină!

Sutele de mii de galaxii care ne înconjoară nu sunt distribuite omogen. Dimpotrivă, ele se aglomerează în roiuri dense, separate de mari spații vide și unite prin filamente cosmice, formând o structură asemănătoare pânzei de păianjen. Imaginile ne prezintă această rețea de galaxii proiectată pe cer, bidimensional. Așadar, cum se poate obține distanța, a treia dimensiune, profunzimea?

Narațiunea nu lasă nici un timp mort. O însoțim pe autoare în peregrinările sale prin lume, pentru a lucra cu diferite telescoape, mai întâi optice, iar mai apoi radio. Numeroasele campanii de observații necesită o muncă de echipă în colaborare cu mulți astronomi din toată lumea. Echipa lui Héléne Courtois face surfing pe valurile cosmice și observă, ziua și noaptea, folosindu-se de toate fuserile orare posibile. În felul acesta, în 2009, dormind destul de puțin, a putut să efectueze 480 de nopți de observații!

O etapă-cheie a procesului o reprezintă apoi reconstrucția tridimensională a geografiei Universului nostru local. Programele informatice trebuie să fie inteligente pentru a putea lua în calcul

diversele artefacte ale observațiilor, precum și lipsa acestora în anumite regiuni. Dacă unele viteze lipsesc, ele pot fi reconstruite, ca o frescă din Pompei cu fragmente lipsă. Informația care lipsește trebuie ghicită cu ajutorul unor algoritmi bazați pe modele și simulări de materie întunecată, recurgându-se la probabilitățile optimale și la filtrele Wiener calibrate pentru a atenua efectele semnalului bruiat.

Punctul final al acestei munci de cercetare este descoperirea geografiei/cosmografiei Universului nostru local cu bazinele sale hidrografice, existența super-roiiului nostru de galaxii Laniakea. În mod curios, ne situăm la marginea acestei mari structuri, foarte aproape de Marele Vid Local. A fost descoperit, în cele din urmă, Marele Atractor? Păstrăm suspansul pentru a-i permite cititorului să descopere!

Numeroase anecdote dau culoare acestei căutări de 20 de ani. Digresiunile despre viața de zi cu zi a astronomilor și cercetătorilor înfățișează astfel un tablou mult mai viu și mai uman. Cercetarea nu e un lung fluviu liniștit! Există eșecuri din care putem învăța multe, dacă perseverăm. Din ce în ce mai mult, observațiile cosmologice implică vaste grupuri de cercetători, iar cariera lui Hélène Courtois este o demonstrație perfectă a acestei tranziții. Debutând în grupuri de mai puțin de zece persoane, ea e angrenată în prezent în colaborări semnificative, până la consorțiul de pregătire a misiunii Euclid, ce reunește 1.200 de persoane! Cartea aduce un elogiu muncii în echipă și colaborărilor internaționale, în cadrul cărora toate competențele sunt puse în comun pentru a se completa.

În sfârșit, chenarele didactice analizează anumite noțiuni sau concepte. Acest lucru permite lămurirea anumitor aspecte neclare fără a se întrerupe firul narațiunii. Chenarele pot fi citite, de altfel, și în mod independent. Hélène Courtois își folosește talentul pedagogic pentru a descrie în detaliu diverșii indicatori de distanță utilizați, expansiunea Universului, con-

ceptele de materie întunecată și de energie întunecată, radiația cosmică de fond și anizotropiile sale sau pentru a face o scurtă istorie a lumii...

Françoise Combes

Astrofiziciană

Membră a Academiei Franceze de Științe

Prolog

Galaxia noastră și cele aflate în vecinătate se deplasează în Univers cu o viteză extraordinară, de mai multe sute de kilometri în fiecare secundă! Observația era cunoscută de la începutul anilor 1960, fără ca astrofizicienii să reușească să-i explice în totalitate rațiunea. În anii 1990, o echipă americană a sugerat că aceste mișcări se datorează unei mase enorme, „Marele Atrac-tor“, situată din păcate într-o regiune dificil de observat.

Se întâmplă însă ca una dintre marile noastre specialități lyo-neze să fie tocmai (g)astronomia! Munca de căutare a Marelui Atrac-tor ne va conduce, pe mine și echipa mea, la descoperirea unui „super-roii“ de galaxii în care trăim și pe care l-am numit „Laniakea“.

Scopul lucrării de față este de a vă împărtăși istoria acestei descoperiri de proporții. Doresc să propun o viziune simplificată a Universului și a legilor fizice care îl guvernează. Evit așadar în mod deliberat utilizarea oricărui formalism matematic (în afara puterilor lui 10), cu riscul de a pierde întrucâtva din rigoarea explicațiilor. Ceea ce mă interesează, înainte de toate, e să restitui ansamblul demersului științific urmărit de cercetători zi de zi.

Pe parcursul relatării, voi descrie metodele de analiză și de vizualizare care ne permit să construim hărți în care marile structuri (filamente, super-roiiuri, viduri) ale Universului se dez-văluie treptat. De-a lungul lecturii, vă veți familiariza cu noul mediu extragalactic (atribut care desemnează tot ceea ce se gă-sește în afara galaxiei noastre), cel pe care noi, cosmologii, îl

calificăm drept „local“, dar care acoperă cu toate acestea o rază de mai bine de un miliard de ani-lumină în jurul nostru.

În această carte, adusă la zi cu ocazia edițiilor succesive, am inclus și cele mai recente descoperiri pe care le-am realizat după Laniakea: rețeaua vitezelor cosmice, repulsorul dipolului și cel al Punctului Rece.

Voi încheia cu o analiză a impactului descoperirii asupra cunoștințelor noastre actuale. Această cercetare permite într-adevăr înțelegerea mai bună a diferitelor procese ale formării galaxiilor și pune bazele unor prospectări viitoare, care vor fi continuate cu viitoarele telescoape multi-antenă terestre și spațiale.

Cartea va aduce în centrul atenției diverși cercetători, bărbați și femei de toate naționalitățile, care au participat într-un fel sau altul la această descoperire. Am ales să includ câteva portrete de astrofiziciene de excepție – Henrietta Leavitt, Sandra Faber, Wendy Freedman, Vera Rubin, Renée Kraan-Korteweg –, pentru a prezenta o altă imagine a astronomului. Aș fi putut menționa multe altele. Vom vedea astfel că descoperirile nu au legătură nici cu originea, nici cu genul, ci cu determinarea individuală și cu munca în echipă.

Dar să nu mai lungim vorba: așezați-vă confortabil în fotolii și zburați cu mine în această călătorie în timp și spațiu, urmărind campaniile mele de observații de la începuturile ca tânără studentă în *bush*-ul australian, până mai recent, deasupra palmierilor hawaiieni sau în mijlocul unei imense zone de tăcere radio, întinse în inima comitatului Pocahontas în Virginia de Vest.

Noua noastră adresă cosmică

Reiau aici cronologia progreselor științifice care le-au permis cosmologilor să localizeze galaxiile în spațiu și să construiască primele hărți tridimensionale ale Universului local.

SUNTEȚI AICI

Din 4 septembrie 2014, avem în mod oficial o nouă adresă cosmică! În acea zi, ne-a fost publicat în prestigioasa revistă britanică *Nature* articolul care anunța descoperirea super-roiului extragalactic Laniakea. Acesta reprezintă cea mai mare structură de galaxii de care aparținem, cunoscută până în prezent. Numele său, de origine hawaiiană, înseamnă „orizont ceresc imens“. Într-adevăr, dimensiunea sa este gigantică, foarte greu de conceput: măsoară aproximativ 500 de milioane de ani-lumină în diametru; cu alte cuvinte, lumina are nevoie de 500 de milioane de ani pentru a-l traversa dintr-o parte în alta. Laniakea include aproximativ 100.000 de galaxii mari, ca a noastră, și un milion de galaxii mai mici, ceea ce reprezintă în jur de 100 de milioane de miliarde de sori! Am să vă spun mai departe povestea descoperirii super-roiului de galaxii Laniakea, la care am contribuit activ.



eliptică (ESO 325)



neregulată (NGC 1427A)



spiralată (M83)

Figura 1.1: Câteva tipuri morfologice de galaxii (denumirea fiecăreia este dată între paranteze)

Mic lexic al cosmologului avizat

Pentru cosmologi, corpul ceresc „de bază“ este galaxia. Galaxiile (cu vânt din greaca veche, însemnând „cercuri lăptoase“) conțin stele, gaz, praf și materie invizibilă, așa-zis întunecată, ansamblul fiind unit sub efectul gravitației. Galaxiile au fost clasate după formă și mărime. Se deosebesc astfel galaxiile spiralate, eliptice, lenticulare, neregulate, pitice sau gigantice. Galaxia noastră, numită Calea Lactee, este relativ mare: există aici câteva sute de miliarde de stele. E o galaxie spiralată;

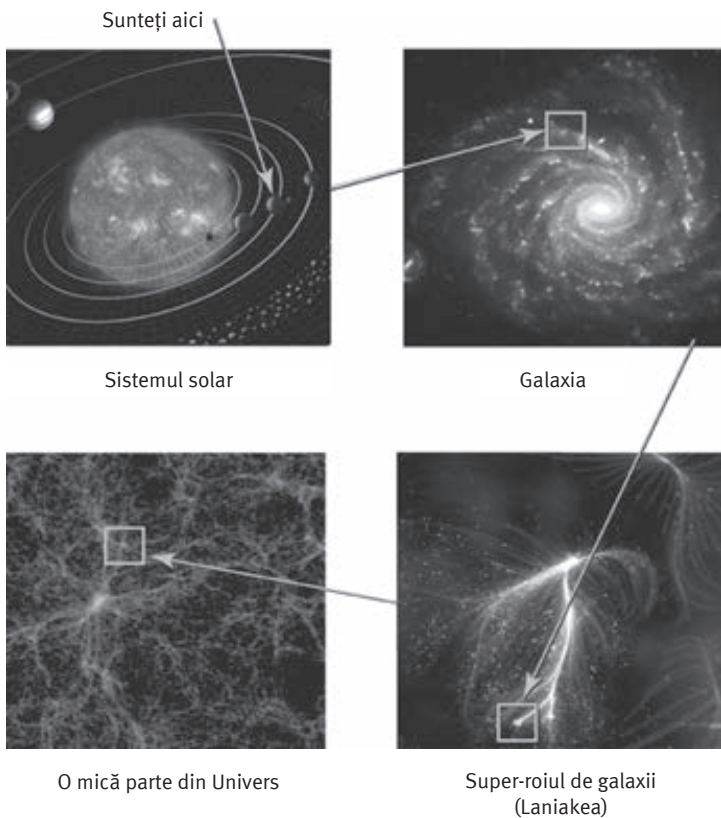


Figura 1.2: De la sistemul solar la Universul observabil: sunteți aici!
[vezi caiet color]

are forma unui disc cu un nucleu central; Soarele este situat la periferie, într-una dintre ramurile spiralei, numită „Brațul Orion“.

În interiorul galaxiilor se află stele. Steaua este o „simplă“ minge de gaz, foarte fierbinte din cauza reacțiilor de fuziune nucleară care se produc în inima sa. Temperatura stelei se află în legătură cu masa acesteia: stelele cele mai masive sunt cele mai fierbinți și tot ele sunt cele care trăiesc cel mai puțin timp. Soarele nostru este o stea de dimensiune medie. În jurul stelelor gravitează planetele, mici corpuri cerești

care nu sunt suficient de fierbinți, deoarece nu au o masă îndeajuns de mare pentru a emite propria lumină vizibilă. Opt planete orbitează în jurul Soarelui, printre care și Pământul. Sateliți încă și mai mici orbitează în jurul anumitor planete, precum Luna, unicul satelit natural al Pământului.

Galaxiile se regroupează în Univers sub efectul gravitației. Locuim în Grupul Local ce numără doar trei mari galaxii, printre care și Calea Lactee, plus încă 50 de galaxii pitice. Uneori, galaxiile se pot aduna în număr mult mai mare, formând ceea ce numim roiuri. Astfel, Grupul nostru Local este atras de roiul Fecioara, ce conține mai bine de o mie de galaxii. Roiurile sunt poziționate de-a lungul unor filamente dispuse în rețea pentru a forma super-roiuri, precum Laniakea.

CE ESTE UN COSMOGRAF?

Cosmologia este o ramură vastă a astronomiei care constă în studierea structurii și evoluției Universului începând cu Big Bang. Pentru aceasta, cosmologii identifică structurile cerești prezente în Universul actual și determină maniera în care ele interacționează. Aceasta le permite cosmologilor să urmărească cronologia formării corpurilor complexe din vremea în care Universul era foarte tânăr, iar materia – distribuită cu mult mai omogen. Cosmologii sunt întrucâtva „istorici-geografi“ ai Universului. Ei pot avea specializări foarte diverse, de la teorie pură la experimentare. Dintre toate acestea, specializarea mea e „cosmografia“. Cu alte cuvinte, mă ocup cu realizarea de hărți ale Universului nostru. Mai precis, mă străduiesc să determin poziția și mișcarea galaxiilor aflate în vecinătatea Căii Lactee, în ceea ce numim, în jargonul cosmologiei, Universul Local. Ciu-dată vecinătate, de fapt: la o distanță de câteva sute de milioane de ani-lumină de Pământ! Când observăm galaxiile locale, lumina pe care o percepem le-a părăsit din vremea dinozaurilor, ba chiar de dinainte! Folosim atributul „local“ în cunoștință de cauză, pentru că cele mai mari hărți ale noastre nu reprezintă decât a milioana parte a Universului observabil.

Cuprins

<i>Prefață</i>	5
Prolog.....	9
1. NOUA NOASTRĂ ADRESĂ COSMICĂ	
Sunteți aici.....	11
Ce este un cosmograf?.....	14
Cercetarea fundamentală în viața de zi cu zi.....	15
Cerul văzut în relief: cea de-a treia dimensiune.....	18
Primele măsurători de distanță.....	22
Marea dezbateri.....	26
Luminozitatea absolută, cheia de boltă pentru determinarea unei distanțe.....	28
Primii mei pași spre necunoscut.....	31
Îmi țes „Coconul“.....	35
2. ÎN URMĂRIREA MARELUI ATRACTOR	
Universul în mișcare.....	38
Reperarea a tot ce mișcă.....	39
Un spațiu în expansiune.....	41
Cum se află viteza „particulară“ a unei galaxii.....	47
Cei șapte samurai.....	51
Gravitația intră în scenă.....	54
Imersiune în universul austral.....	57
Înapoi pe Pământ.....	62
În impas.....	65
3. CU ALȚI OCHI	
Totul prinde viteză.....	67
Cucerirea Vestului.....	72
Galaxiile spiralate în mișcare.....	76
Concurs de frumusețe: Miss Spirala.....	80

Avantajele meseriei	84
Iarăși în Est	85
Conștientizarea propriilor greșeli	89
Primele noastre hărți „moderne“	91
Fluxurile cosmice	94
4. JOCURI DE RECONSTRUCȚIE	
Totul se mărește!	97
Fermecați de filtrul Wiener	98
Să vorbim puțin despre tehnică	101
Lumile după Daniel	108
A început numărătoarea inversă	110
Bazinele hidrografice	115
Mișcări foarte particulare	117
<i>A supercluster is born</i>	119
5. DINCOLO DE LANIAKEA	
Universuri virtuale	121
Plimbare berlineză	127
Vreau mereu tot mai mult!	129
Spre un univers omogen?	132
Poveste fără sfârșit	136
Epilog	145
Bibliografie/Surse electronice	149
Mulțumiri	153
Credite fotografice	155
Indice	157