

Report dal Meeting di Macroarea 1

La riunione della Macroarea 1 - Galassie e Cosmologia si è svolta nei giorni 16 e 17 giugno 2016 a Bologna, con la partecipazione di circa 80 persone (più una decina collegate in remoto) tra personale a tempo indeterminato e determinato, dipendenti INAF e di Università o altri Enti di Ricerca.

Le giornate sono state organizzate con presentazioni e discussioni, articolando il programma in 3 grandi tematiche, quali 1. Cosmologia, 2. Facilities e strumentazione presente e futura, 3. Strutture barioniche. In particolare per le tematiche 1 e 3, si è cercato di ricollegarsi a quanto discusso al meeting *AstroFrontiere* del 18-19 marzo 2015, chiedendo agli stessi relatori (Stefano Borgani per la Cosmologia e Fabrizio Fiore per le Strutture barioniche) di attuare il collegamento con il meeting di Macroarea. Tutte le presentazioni sono disponibili dalla pagina di Macroarea <http://adlibitum.oats.inaf.it/ma1/meeting2016.html>.

Problemi comuni ai diversi settori risultano essere una mancanza di visione strategica sui progetti di punta, per cui spesso la partecipazione italiana e di INAF non riesce a trarre il massimo beneficio valorizzando le competenze esistenti e aggregandole nel modo più proficuo, con la conseguente mancanza di ottimizzazione del ritorno scientifico e di immagine della nostra comunità.

Cosmologia

La parte di riunione dedicata alla Cosmologia è stata ulteriormente suddivisa in CMB e fisica fondamentale, ammassi di galassie, survey cosmologiche.

Le domande di alto livello non sono cambiate rispetto a quelle individuate durante *Astrofrontiere*:

1. La natura della Dark Matter (DM)
2. La natura della Dark Energy (DE)
3. Fisica fondamentale: condizioni iniziali, costanti e forza gravitazionale su grande scala

Nonostante viviamo un'epoca propizia per la cosmologia grazie a recenti e future missioni, durante la discussione è emerso il problema della mancanza di sostegno, non solo finanziario, ma anche e soprattutto politico e strategico allo sviluppo degli studi cosmologici in INAF. Molti progetti sono previsti in connessione con le domande elencate, ad es. CTA, Euclid+LSST, SKA, Athena, CLASH, GAIA per la DM; Euclid+LSST, SKA, Athena per la DE; E-ELT, SKA, ALMA per le costanti fondamentali. È stata rilevata la mancanza di partecipazione italiana a progetti di enorme rilievo, in particolare LSST. Per quanto riguarda il CMB, nell'era post-Planck serve consolidare una nuova strategia, che si sta delineando nell'ambito della missione CORE, proposta per la Call M5 dell'ESA, per lo studio in particolare della polarizzazione del CMB.

CMB e fisica fondamentale

Il CMB è un osservabile cruciale per rispondere ai quesiti di cosmologia relativi alla comprensione delle condizioni iniziali dell'universo e alle interconnessioni con la fisica fondamentale, alla misura accurata dei parametri cosmologici, alla genesi ed evoluzione delle strutture cosmiche sin dalle loro fasi primordiali, alla geometria e proprietà globali dell'universo. Parimenti le survey nelle microonde forniscono mappe e cataloghi preziosi per lo studio multifrequenza di sorgenti extragalattiche e (in sinergia con le tematiche di MA2) le componenti diffuse e discrete della nostra Galassia. In questo quadro, la missione Planck dell'ESA e la sua legacy scientifica costituirà un punto di riferimento per la comunità CMB italiana in preparazione dei progetti futuri.

Le questioni fondamentali affrontate con il CMB, tra loro strettamente interconnesse come emerso dalle presentazioni, riguardano diverse fasi dell'evoluzione dell'universo:

- la struttura 3D spaziale - in gran parte del volume di Hubble - tramite survey di ammassi di galassie via effetto Sunyaev-Zeldovich termico e il mapping dei campi di velocità via effetto Sunyaev-Zeldovich cinematico;
- le prime fasi dell'evoluzione stellare attraverso il fondo nel far-IR (CIB);
- lo studio del campo gravitazionale della struttura su larga scala tramite il CMB lensing;
- la fisica dei processi fisici nel plasma primordiale dopo l'epoca della termalizzazione e la loro interconnessione con la fisica fondamentale tramite le distorsioni spettrali identificabili con misure assolute di temperatura e/o con l'analisi della dipendenza in frequenza delle anisotropie su larga scala;
- lo studio delle condizioni iniziali, la caratterizzazione delle perturbazioni primordiali, l'identificazione della scala di energia del processo di inflazione cosmologica - in particolare con la polarizzazione di modo B associata al campo stocastico di onde gravitazionali primordiali -, la dinamica del processo di inflazione cosmologica tramite l'analisi delle anisotropie in temperatura, polarizzazione e cross-correlazione con le distorsioni;
- L'eventuale evoluzione delle costanti fondamentali e possibili violazioni di simmetrie al di là del modello standard delle interazioni fondamentali.

Questi aspetti sono tra loro strettamente interconnessi. Esempi rilevanti in tal senso, emersi dalle presentazioni, sono lo studio delle non-Gaussianità accoppiato alle distorsioni spettrali in modelli di inflazione; la caratterizzazione delle perturbazioni tensoriali in modelli di inflazione; il problema della costanza/evoluzione delle costanti fondamentali e della possibile violazioni di simmetrie al di là del modello standard delle interazioni fondamentali (studiabili con la polarizzazione CMB in combinazione con altri osservabili astrofisici); la potenzialità di scoprire le piccole distorsioni spettrali attese (ad esempio dalla reionizzazione cosmologica) non solo con misure assolute di temperatura ma dall'analisi della dipendenza in frequenza delle anisotropie su larga scala.

Il contesto internazionale attuale vede competizione ma soprattutto complementarità e sinergia tra progetti da terra e da spazio (con i relativi precursori da pallone, essi stessi preziosi in termini di ritorno scientifico). Lo spazio appare come necessario per scoprire e caratterizzare i modi B per valori piccoli del rapporto tra le ampiezze delle perturbazioni primordiali tensoriali e scalari. Questo per via della rilevanza alle diverse scale angolari

dell'emissione polarizzata di foreground dalla polvere Galattica, ben studiabile a frequenze di poche centinaia di GHz non osservabili da terra, e perché le missioni spaziali di CMB consentono di realizzare survey a tutto cielo con un controllo degli effetti sistematici e della calibrazione delle misure impensabile da terra.

La comunità italiana è impegnata nel progetto LSPE (ridisegnato con esperimento da pallone ad alta frequenza e da terra a bassa frequenza), precursore del progetto spaziale che verrà proposto in ambito ESA, la missione CORE. Il progetto CORE sta coinvolgendo in modo coordinato la comunità CMB italiana, nelle sue competenze sperimentali, di analisi dati, di cosmologia e astrofisica (si veda anche il CMB-day in ASI).

Viene evidenziata la necessità di un rafforzamento (anche in termini numerici) della comunità CMB in ambito INAF e del sostegno a tali linee di ricerca sia in ambito strettamente INAF sia in collaborazione con gli altri enti (INFN e CNR) e istituzioni universitarie.

Survey cosmologiche

La realizzazione di survey di galassie su grande scala è una delle vie fondamentali per gli studi cosmologici. Un esempio di survey cosmologica appena conclusa è VIPERS (PI Guzzo), che rappresenta il punto di arrivo di survey spettroscopiche da terra realizzate da team di medie dimensioni. Da notare che le survey cosmologiche, pur non essendo ottimizzate per lo studio delle strutture barioniche, dovendo studiare il rapporto la materia luminosa e oscura, e quindi le proprietà delle galassie osservate, hanno prodotto anche notevoli risultati nell'ambito di ricerca della formazione ed evoluzione delle galassie. Le prossime survey in ambito cosmologico coinvolgono un numero sempre maggiore di ricercatori e richiedono uno sforzo organizzativo senza precedenti. Appare di notevole interesse la sinergia (e, per tematiche ove possibile tecnicamente, la vera e propria cross-correlazione) tra le survey di CMB (specie di Planck e in futuro di CORE) e quelle di galassie che verranno realizzate con Euclid e SKA. Viene evidenziato anche il trasferimento di competenze, specie in ambito cosmologico, tra questi progetti che, oltre ad aspetti prettamente teorico-interpretativi, riguarda aspetti di ottimizzazione delle survey, analisi degli effetti sistematici e dei segnali di foreground, metodi di archiviazione e analisi dei dati.

Per quanto riguarda Euclid, missione che avrà come scopo principale la comprensione della natura della DE, ci si è posti il problema del ritorno scientifico aspettato per la comunità italiana in relazione alle *duties* nella collaborazione: si ha la percezione che, a fronte dell'impegno di una grandissima parte della comunità italiana - non solo cosmologica - impegnata in Euclid, questo investimento di tempo ed energie non conduca ad un pari ritorno scientifico e di immagine, nonostante molti ricercatori italiani rivestano ruoli di responsabilità e contribuiscano in modo cruciale ai gruppi di lavoro. Una possibile causa è la mancanza di strategia e coordinazione nella partecipazione italiana a Euclid (lo stesso problema è presente in altri progetti, ad esempio SKA), per cui le risorse sono state disperse in molti e diversi settori, che si riesce a mantenere ad un livello di sostentamento senza riuscire a farli crescere.

Un altro problema è quello del ricambio generazionale, per cui, diversamente da altri paesi, mancano posizioni di responsabilità assegnate a trentenni e quarantenni. Questo è

sicuramente in gran parte dovuto alla mancanza di posizioni a tempo indeterminato nell'ultimo decennio e più, data la problematicità insita nell'assegnazione di un ruolo rilevante in un progetto a lungo termine ad una persona che potrebbe doversi spostare di luogo o ambito in tempi brevi. Parimenti, si rileva quanto sia importante che i ricercatori più anziani promuovano attivamente, anche sostenendo assegnazioni di incarichi di responsabilità, la crescita della comunità più giovane.

Ammassi di Galassie

Gli ammassi di galassie rappresentano uno dei punti di contatto tra le survey cosmologiche e lo studio dell'evoluzione della componente barionica: la loro densità e distribuzione spaziale sono infatti considerate dei test cosmologici fondamentali per la DE, che Euclid permetterà di sfruttare con una statistica senza precedenti a redshift $z > 1$; la distribuzione della materia negli ammassi fornisce indicazioni sulla natura della DM, gli ammassi sono dei laboratori per studiare come gli effetti ambientali agiscono sull'evoluzione dei parametri fisici delle galassie membro, e infine grazie alla loro massa agiscono come lenti gravitazionali per osservare le galassie più deboli e distanti, permettendo di studiare l'epoca della reionizzazione.

Quello dello studio degli ammassi di galassie è quindi uno degli ambiti di ricerca che più naturalmente si presta all'analisi multi-wavelength, non solo perché diverse lunghezze d'onda caratterizzano e individuano le diverse componenti (stelle, gas, materia oscura), ma anche perché tramite il confronto dei diversi dati è possibile capire le sistematiche che influenzano le singole analisi (ad esempio la massa dell'ammasso calcolata attraverso la dinamica, l'emissione del gas intra-cluster o tramite l'effetto di lente gravitazionale). Gli studi vedono quindi una sinergia tra ottico (CLASH, Euclid, KiDS), radio (LOFAR, SKA) e X-ray (eRosita, Athena). La conoscenza delle relazioni di scala, in particolare tra la massa totale dell'ammasso e le grandezze osservabili, è necessaria per ricavare i parametri cosmologici con la precisione e accuratezza aspettata.

Per quanto riguarda l'evoluzione delle galassie di ammasso, negli anni passati sono state studiate in dettaglio le proprietà fisiche a $z < 1$, mentre è territorio ancora largamente inesplorato lo studio delle galassie in ammassi ad alto redshift ($z > 1.5$), che rappresenta l'epoca in cui avviene la maggior parte dei fenomeni di trasformazione delle galassie, dalla massa stellare alla SFR alla morfologia e in cui quindi si formano le relazioni tra i parametri che caratterizzano la popolazione di ammasso.

Per le diverse ragioni descritte sopra, quindi, la ricerca di oggetti rari quali gli ammassi a redshift $z > 2$ sarà uno degli obiettivi della ricerca futura in ambito sia cosmologico che dello studio dell'evoluzione delle galassie. Per raggiungere questi obiettivi gli strumenti esistenti o futuri da utilizzare saranno Euclid, JWST, E-ELT, WFIRST, ALMA, SKA, Athena.

Galassie e AGN

Il campo di ricerca sulle strutture barioniche, e cioè sulla formazione ed evoluzione di galassie e AGN, è molto più sfaccettato e costituito dall'insieme di molti progetti volti a comprendere aspetti particolari di questo campo di ricerca. Questa caratteristica è in realtà una ricchezza, oltre che una necessità per studiare molti processi fisici che non sono ottenibili con approcci

brute-force adatti invece alle survey cosmologiche. È evidente infatti come se da un lato l'utilizzo di campioni sempre più grandi di galassie abbia dato vita ad una descrizione statistica sempre più precisa e complessa delle galassie dei diversi tipi, osservazioni ad alta risoluzione, con integral field units e a diverse lunghezze d'onda sono necessarie per studiare i meccanismi e i fenomeni che portano all'evoluzione delle proprietà delle galassie, come osservate tramite le loro distribuzioni. L'utilizzo di diversi strumenti di imaging e spettroscopia alle diverse lunghezze d'onda è indispensabile per ottenere la visione d'insieme di quella che potrebbe essere la domanda riassuntiva di questo settore, e cioè "come si formano ed evolvono le galassie?"

Più in dettaglio, le domande fondamentali che abbiamo ricavato dalle presentazioni sono le seguenti:

1. Quali sono le caratteristiche delle prime galassie e dei primi BH (popolazione stellare, massa), e quali oggetti sono responsabili della reionizzazione?
2. Qual è il feedback tra le diverse componenti delle galassie quali stelle, gas, polvere, presenza di un nucleo galattico attivo?
3. Quali sono i parametri e i meccanismi interni o esterni (effetti ambientali e relazione con la Cosmic Web) che regolano l'efficienza della formazione stellare e poi il suo spegnimento?

Per riuscire a rispondere a queste domande sono necessari dati osservativi con caratteristiche molto diverse, tra cui elenchiamo come esempio quelli che si possono o potranno ottenere con MOONS, E-ELT, WEAVE, JWST, ALMA, Euclid, SKA, NOEMA, Athena.

Come scritto più in dettaglio nel paragrafo seguente, per poter interpretare questi dati sono necessari confronti con modelli semianalitici, che richiedono facilities di calcolo. Inoltre, la riduzione dati e l'elaborazione statistica degli stessi iniziano ad essere proibitive su singole workstation e l'ottimizzazione della programmazione richiede di affiancare adeguate competenze in *software engineering* a quelle in astrofisica e cosmologia.

Reionizzazione e IGM

Vincoli cruciali all'epoca della reionizzazione cosmologica, alla storia di ionizzazione e all'energetica coinvolta provengono dall'analisi del CMB: Planck ha recentemente mostrato una buona concordanza tra i dati di polarizzazione del CMB e le osservazioni astrofisiche e ci si aspetta che nuovi progetti di CMB possano fornire informazioni più dettagliate sulle proprietà del processo.

I primi oggetti astrofisici (stelle, galassie, AGN) sono fondamentali per la comprensione del fenomeno della reionizzazione dell'universo dopo la ricombinazione: non è però ancora chiaro quali siano i responsabili della maggior parte della radiazione ionizzante. Questo problema viene affrontato realizzando survey profonde: dalla funzione di luminosità a lunghezze d'onda UV si può stimare il contributo alla reionizzazione da parte delle galassie ad alto redshift. Questo approccio implica l'identificazione di campioni di galassie ad alto redshift, anche tramite tecniche di selezione fotometrica. Trattandosi di oggetti rari e deboli, sono necessarie

survey su grandi campi (ad esempio Euclid, LSST, WFIRST), anche sfruttando gli ammassi di galassie come telescopi gravitazionali.

Un altro approccio utilizzato per capire la formazione e le proprietà delle prime galassie è quello di studiare oggetti analoghi a basso redshift. Ad esempio lo studio delle galassie più metal poor nell'alone della nostra galassia consente di studiare le prime fasi di formazione stellare quando l'Universo aveva meno di 500 Myr e di capire le condizioni fisiche che hanno portato alla formazione delle stelle di Pop III, determinare la loro distribuzione di massa, da cui dipende la distribuzione di massa dei remnant BH.

Studiare la formazione dei primi oggetti è quindi importante per capire l'arricchimento chimico dell'IGM, che influenza la formazione della generazione successiva. Tramite la spettroscopia (ad esempio con MUSE) di candidati ad alto redshift è possibile non solo derivare l'emissione nel continuo di Lyman, ma anche di studiare le condizioni dell'ISM tramite l'emissione di righe nebulari.

In questo campo, ci si aspetta di assistere a numerosi avanzamenti con l'avvento di JWST (e in seguito di E-ELT), che permetterà di osservare galassie a redshift $z > 10$.

AGN

Lo studio degli AGN nelle attuali ricerche INAF spazia dalla ricerca dei primi black holes, alla comprensione - mediante osservazioni e simulazioni/modelli teorici - dei fenomeni fisici alla base della co-evoluzione di AGN e galassie ospitanti, fino alla potenzialità dell'utilizzo dei quasars come indicatori di distanza. La ricerca dei primi black holes (e dei loro "semi") si basa principalmente sull'osservazione dei quasars più luminosi ad alto redshift (> 6), selezionati da surveys X (es. Chandra, in futuro Athena) ed ottiche profonde (in particolare, queste ultime su grande area). Il follow-up dei candidati con ALMA nella banda sub-mm fornisce informazioni uniche e cruciali, quali la misura della massa (dinamica, del gas, della polvere), la cinematica e la morfologia, per le galassie ospitanti QSOs ad alto z . La banda radio, in aggiunta alle bande X ed ottiche, fornisce un'alternativa per la selezione di AGN, sia a basso sia ad alto z , da survey profonde. In particolare, il significativo incremento in sensibilità della futura strumentazione, come JVLA e più avanti SKA, permetterà di identificare un'alta frazione di AGN a tutt'oggi ancora non rivelati in radio, e studiarne così le proprietà fisiche e principali meccanismi di accrescimento (es. radio-mode versus quasar-mode accretion) mediante osservazioni a bassa frequenza e alta risoluzione spaziale. Uno studio molto promettente in termini di potenzialità future riguarda la costruzione di una sequenza principale dei quasars, lungo la quale le principali caratteristiche di questi oggetti cambiano con continuità, e che permetterà di utilizzare i quasars stessi come indicatori di distanza.

Lo studio delle proprietà fisiche degli AGN e le loro connessioni con quelle della galassia ospitante vengono studiate in dettaglio mediante simulazioni numeriche, con la possibilità di raggiungere dettagli spaziali altrimenti ancora non raggiungibili con l'attuale strumentazione disponibile. Nonostante il dettaglio con cui le simulazioni sono effettuate, si rende necessario l'utilizzo di maggiori potenzialità di calcolo per risolvere la regione di accrescimento attorno al

BH e per distinguere il *feedback* negativo dal *feedback* positivo dell'AGN sulla formazione stellare della galassia.

Le domande fondamentali che ancora necessitano di risposta nel campo dello studio degli AGN sono: Come, quando e dove si sono formati i primi buchi neri? Quali sono i loro semi (es. PopIII stars o $\sim 10^{2-5}$ Msun BHs)? Qual è la connessione/inter-relazione/co-evoluzione tra AGN e galassia ospitante? Che ruolo ha l'AGN nel fermare/stimolare la formazione stellare nella galassia? Quali sono le future survey/i futuri strumenti più promettenti per lo studio degli AGN? Come si può ottenere un censo completo? Si possono utilizzare come indicatori di distanza, con enormi implicazioni cosmologiche future?

Galassie e ISM

Il principale approccio utilizzato per lo studio delle galassie e della loro evoluzione consiste nell'effettuare/pianificare survey spettroscopiche a risoluzione spettrale sempre più alta e a più elevato rapporto segnale-rumore (S/N). Le domande fondamentali cui si cerca di rispondere riguardano principalmente la formazione e l'evoluzione delle galassie, il ruolo dell'ambiente circostante, l'arricchimento degli elementi pesanti, il meccanismo responsabile della trasformazione di galassie con intensa attività di formazione stellare in galassie passive, la IMF (è universale? è evoluta nel tempo?). Per studiare questi fenomeni, è necessario risolvere le popolazioni stellari all'interno delle galassie a diverse epoche ed in ambienti diversi, mediante osservazioni ottiche/near-IR ad alta risoluzione con strumenti IFU o multiplexing (es. WHT/WEAVE, VISTA/4MOST, VLT/MOONS, eELT/HIRES e dallo spazio in un futuro più o meno lontano JWST/NIRSPEC, Euclid, WFIRST). Diverse survey sono in via di completamento o sono state pianificate a questi scopi, in cui gran parte della comunità ottico/IR è coinvolta (es. StePS, MOONS).

Per lo studio dell'ambiente sono necessarie survey profonde su grandi aree, ed il link tra le osservazioni ed i risultati dei modelli teorici di evoluzione delle galassie. Lo studio della rimozione del gas nelle galassie (quale fenomeno fisico ne è responsabile? In quali galassie avviene preferenzialmente?) viene invece affrontato mediante la Survey GASP con MUSE, che ha lo scopo di osservare galassie con morfologia distorta all'interno di gruppi o clusters a $z=0.04-0.1$.

I due temi fondamentali trattati invece dal punto di vista a "bassa energia" dell'evoluzione delle galassie sono la formazione stellare oscurata ed il *feedback* stellare e da AGN. L'Italia ha avuto un ruolo fondamentale in Herschel e Planck e la comunità "a bassa energia" italiana sta crescendo, grazie ai risultati ottenuti con Spitzer, poi Herschel, Planck, NOEMA, ALMA, APEX ed in futuro - sperabilmente - JWST. DustPEDIA è una survey Herschel, il cui scopo è quello di studiare la polvere cosmica in galassie locali mediante la loro distribuzione di energia spettrale (SED), interpretata con l'utilizzo di codici di trasporto radiativo. Sono necessarie osservazioni a bassa frequenza (far-IR/sub-mm), ma anche un approccio multi-wavelength ed una strategia coerente di confronto tra dati osservativi e simulazioni.

Un nuovo approccio teorico alla formazione delle galassie tenta di unire i risultati dei modelli fenomenologici con quelli dei modelli semi-analitici e delle simulazioni idrodinamiche. Per

questo tipo di studio, i cui risultati sembrano molto promettenti, si rendono necessarie capacità di calcolo (high performance computing, HPC) attualmente non disponibili, come calcolatori con milioni di cores e personale staff ed ingegneri specializzati che lavorino unicamente sui codici e sul software specifico. Dunque, se INAF vorrà supportare HPC, necessiterà di infrastrutture (es. Tier-2 supercomputer), pianificazione (assunzione di personale tecnologo in supporto al calcolo dedicato ai modelli teorici), costruire una maggior e più forte partecipazione nel contesto nazionale.

Infrastrutture

Partecipare alla progettazione di uno strumento significa poterne sfruttare al meglio le potenzialità una volta realizzato, vanno fatti investimenti mirati.

Ad esempio la nostra comunità non sembra pronta per l'avvento di JWST.

Da terra

La strumentazione ottica e nel vicino-infrarosso attualmente più utilizzata dalla comunità è quella dell'ESO, in particolare il VLT con ad esempio MUSE, KMOS, SINFONI e VIMOS o il VST con OmegaCAM. In molti casi, aver partecipato alla progettazione e costruzione di uno strumento si è rivelato una strategia vincente per riuscire a sfruttarne le capacità in anticipo sul resto della comunità. È quindi positivo che molti dipendenti e associati INAF siano coinvolti in progetti di strumentazione futura ESO, tra cui, di particolare interesse per la MA1, sono stati menzionati lo spettrografo multi-oggetto near-infrared MOONS (terza generazione VLT, prima luce prevista nel 2019, coinvolgimento INAF di molte sedi e co-PI Oliva), ERIS (successore di NACO e SINFONI che sfrutta l'ottica adattiva, prima luce nel 2020, 32% contributo INAF) e lo spettrografo ad alta risoluzione HIRES (prima generazione E-ELT, attualmente in fase A, PI A. Marconi).

Tra la strumentazione non legata a ESO vanno menzionate altre due facilities: LSST e WEAVE. Il Large Synoptic Survey Telescope, che sarà attivo dal 2022, sarà lo strumento di eccellenza di fotometria nel prossimo futuro per lo studio di DM e DE, oltre che per lo studio dell'evoluzione delle galassie e dei transienti e per il suo utilizzo congiunto con altre facilities quali Euclid, SKA, CTA. Visto il grande interesse della comunità italiana, attualmente esclusa dalla collaborazione e quindi dall'utilizzo di set di dati così importanti, la Direzione Scientifica INAF ha organizzato una riunione per la partecipazione italiana (effettuata il 14 luglio 2016) e quindi chiesto l'invio di LoI (con scadenza fine agosto, e proposte attualmente in studio) per valutare l'acquisto di quote per garantire l'accesso ai dati LSST ad un numero di PI da stabilire. WEAVE è invece uno spettrografo multi-oggetto a fibre con elevatissimo multi-plexing (1000 oggetti con una singola esposizione su un campo di vista di 2 gradi quadri) che verrà montato al William Herschel Telescope alle Canarie e vedrà la prima luce nel 2018. La comunità INAF di MA1 è particolarmente coinvolta nella preparazione delle survey per studiare gli ammassi di galassie e l'evoluzione delle galassie con la survey StePS (PIs B. Poggianti e A. Iovino).

ALMA ci sta aprendo lo sguardo sull'Universo profondo mediante osservazioni interferometriche ad alta risoluzione spaziale e spettrale nella banda millimetrica. Il principale interesse ed utilizzo da parte della comunità italiana riguarda studi di oggetti singoli, principalmente oggetti ad alto redshift (misura della massa di gas e polvere, dimensioni) o regioni di formazione stellare e/o outflows in galassie e AGN locali (stellar feedback vs. AGN

feedback, distribuzione spaziale delle regioni di formazione stellare, ecc.), e studi di polarizzazione delle sorgenti extragalattiche (comprensione del foreground negli esperimenti di CMB). La percezione della comunità è che i proposal con PI italiani abbiano uno scarso success-rate rispetto a quelli stranieri (principalmente di gruppi afferenti ad IRAM), ma viene anche indicato un trend positivo dal Ciclo 0 al Ciclo 3, con un aumento di successo e di tempo di osservazione ALMA da parte di proponenti italiani. L'ARC svolge un ruolo molto importante, supportando la scrittura delle proposte ed aiutando nella riduzione dei dati. Nonostante il miglioramento, la comunità extragalattica italiana risulta penalizzata dal non aver avuto accesso ad IRAM nello scorso decennio, risultando quindi non sufficientemente preparata e conosciuta nel campo millimetrico. A questo proposito viene avanzata la proposta di entrare ufficialmente come INAF in NOEMA (il nuovo interferometro di IRAM, successore a Plateau de Bure, attualmente di proprietà di Francia, Germania e Spagna) per poter formare giovani all'interferometria millimetrica, avere maggiori chances di ottenere tempo recuperando in qualche modo "il tempo perduto" e preparando la comunità alla forte competizione di ALMA. IRAM sta infatti sollecitando partnership, il momento sarebbe quello giusto. La proposta non sembra accendere molti entusiasmi, i più ritengono sia sufficiente l'accesso al tempo ALMA, che già paghiamo attraverso ESO, mentre NOEMA verrebbe a costare 200-400k€ all'anno per 5 anni.

La radioastronomia italiana vede un periodo particolarmente promettente trainato dallo sviluppo del progetto SKA, il "radiotelescopio" del futuro che consentirà un enorme balzo in avanti nel campo. Gli interessi scientifici della comunità italiana sono stati ben descritti nell'*Italian SKA White Book* (edito da INAF Press), del quale i capitoli II-3, 4, 5, 6 sono chiaramente inerenti a MA1, e, un decennio dopo la pubblicazione del caso scientifico di SKA nel volume n. 48 di *New Astronomy Reviews*, sono stati raffinati in molti articoli in varie sezioni di *Advancing Astrophysics with the Square Kilometre Array* (Proceedings of Science, 2014). Relativamente ai temi di MA1, essi riguardano: la reionizzazione cosmologica, la DE, la struttura su larga scala e le sue implicazioni cosmologiche, le sinergie con il CMB, lo studio della formazione ed evoluzione delle galassie con l'analisi del continuo e delle righe, la fisica degli AGN, gli ammassi di galassie, il magnetismo cosmico. Parimenti, la comunità italiana delineò i propri interessi scientifici per i precursori di SKA e in particolare per LOFAR (si veda "An Italian science case for LOFAR"). Tuttavia, e sebbene appaia cruciale in vista di SKA, si rileva come non sia assolutamente coinvolta in modo coordinato in nessun progetto precursore e questa appare come una debolezza intrinseca da colmare, anche in relazione all'esigenza di sviluppare competenze specifiche sul campo in vista dell'analisi e interpretazione dei dati di SKA. Viene comunicata l'intenzione di presentare una proposta per un Progetto Premiale INAF volto all'acquisizione, sviluppo e utilizzo di una base LOFAR (che, tra l'altro, farebbe la più lunga della rete europea).

Da spazio

Sono state presentate diverse facilities dallo spazio in cui la comunità extragalattica italiana è coinvolta, sia quelle che saranno disponibili in un futuro più o meno prossimo, sia quelle (o alcune di quelle) dalla sorte ancora incerta, che saranno presentate alla Call M5 ESA attualmente aperta (deadline: 5 ottobre 2016). La prima missione spaziale in termini temporali sarà James Webb Space Telescope (JWST), il cui lancio è previsto per il 2018. Diversi progetti (es. Grazian, Vanzella, "Primi Oggetti nell'epoca della reionizzazione")

necessiterebbero o beneficerebbero grandemente di coinvolgimento in questa missione, da cui purtroppo l'Italia è esclusa, potendone accedere al tempo di osservazione solo mediante OT ESA (una piccola frazione). Un modo forse efficiente di applicare per OT JWST potrebbe essere quello di unire le forze di più persone o gruppi in "Large" o "Key" Programs. La missione Euclid, con lancio previsto per il 2020, vedrà il coinvolgimento di gran parte della comunità coinvolta negli studi cosmologici ed extragalattici con survey spettroscopiche. Le principali problematiche sorte a riguardo di Euclid riguardano lo scarso supporto da parte di INAF e di ASI e la necessità di avere invece persone interamente dedicate alla missione, sia personale tecnologo, sia scientifico. Di prossimo lancio anche il satellite eRosita, che osserverà tutto il cielo nella banda X, nonostante il coinvolgimento in questa missione da parte del personale INAF sia marginale, trattandosi di una missione russo-tedesca. Un forte coinvolgimento della comunità X è invece sulla missione ESA Athena, che partirà nel 2028-2030, di particolare interesse per quanto riguarda i black holes, i clusters e la co-evoluzione tra AGN e galassie. Per quanto riguarda invece le missioni per le quali sono in fase di scrittura le proposte per la Call ESA, sono state presentate CORE e SPICA. CORE, successore naturale di Planck, costituisce il futuro esperimento di studio del CMB che ne osserverà la polarizzazione (B-mode). Di cruciale importanza per comunità cosmologica, CORE oltre alla scienza primaria avrà una legacy science molto vasta (es. Cluster survey via effetto Sunyayev-Zeldovich, all sky map in polarizzazione, survey del mezzo interstellare galattico, ecc.). Infine, sempre in preparazione per la call ESA, la missione infrarossa SPICA (ESA+JAXA) sarà invece il successore di Herschel. In particolare, permetterà di studiare la fisica (ISM: densità, temperatura, sorgente primaria di ionizzazione, ecc.) delle galassie e degli AGN fino all'epoca della reionizzazione, mediante spettroscopia infrarossa (mid e far) e fotometria estremamente profonde. Per tutte queste missioni, presenti, future prossime ed in fieri, si richiede una politica chiara da parte di INAF e ASI, un supporto economico per la preparazione precedente al lancio e, possibilmente, anche dopo il termine della missione per completare lo sfruttamento e l'analisi dei dati nel migliore dei modi. Ad ora una chiara politica INAF-ASI per le missioni spaziali risulta totalmente carente (se non addirittura assente).

HPC

La necessità di infrastrutture e personale dedicato allo high-performance computing è sempre più impellente ed è cruciale per permettere di sfruttare le survey cosmologiche, ma anche di elaborare dati osservativi dalle nuove facilities. Non si tratta cioè solo di realizzare simulazioni cosmologiche, ma anche di elaborare diversi tipi di *forecast* per le missioni future e organizzare e analizzare grandi moli di dati (*data management*).

Si è passati da un'epoca in cui il singolo ricercatore poteva scrivere il suo codice personale, scegliendo il linguaggio di programmazione a lui più consueto, ed eseguirlo sulla sua workstation, ad una situazione in cui la programmazione deve gestire calcoli ed interfacce a database così complessi da richiedere più sviluppatori che programmino in linguaggi *object-oriented*, a cui deve seguire una procedura di validazione e documentazione. Molto spesso tali codici devono infatti anche essere parallelizzati, in modo da poter essere eseguiti su grandi cluster e distribuiti tra diverse CPU. L'ottimizzazione di questi codici non può quindi venire realizzata dai ricercatori con sole competenze - pur se ottime - in cosmologia e astrofisica, ma sono diventate necessarie figure con solide competenze in *software engineering*, che abbiano possibilmente anche una formazione in cosmologia e astrofisica, tali

da consentire un proficuo sostegno alle attività di programmazione in collegamento con gli obiettivi scientifici.

Sinergie

Con la MA4:

- CTA e studio delle particelle di DM. Questa linea di ricerca ha ampi punti di contatto con le tematiche di cosmologia e di fisica fondamentale (anche oltre il modello standard) proprie di MA1.
- Gamma-ray burst e loro uso in cosmologia. Questa linea di ricerca ha anch'essa profonde sinergie con la MA1. Queste potenti sorgenti sono promettenti indicatori di distanza su scale prettamente cosmologiche e possono consentire interessanti analisi sulle proprietà delle prime strutture cosmiche.
- Onde gravitazionali. Ovvie e importanti sinergie in questa tematica si evidenziano su almeno due linee tematiche: da un lato per studio parallelo delle sorgenti astrofisiche di onde gravitazionali ed elettromagnetiche (ad esempio BHs a diverse scale di massa), dall'altro per la comprensione delle onde gravitazionali dalle scale cosmologiche e nell'universo primordiale, per via indiretta tramite i modi B del CMB, alle scale astrofisiche sin dalla formazione delle prime strutture.

Con la MA2:

- Studio delle stelle di Pop III per capire l'emissione delle prime galassie, la loro evoluzione chimica, la loro radiazione ionizzante; comprensione dei progenitori delle SNe Ia per capire possibili bias degli indicatori di distanza.
- Studio delle emissioni di foreground Galattico. Queste ricerche, cruciali per lo studio dell'ISM e dei campi magnetici nella Galassia, sono altresì fondamentali per migliorare su base astrofisica i metodi di analisi dei dati per la separazione del segnale di foreground da quello di CMB, particolarmente importante per la caratterizzazione dei segnali più sottili contenuti nel segnale di polarizzazione e spettrale.

Il Comitato di Macroarea 1

Micol Bolzonella
Carlo Burigana
Carlotta Gruppioni