

## » L'INTERVISTA



### IL CONSORZIO WAVESCALES GUIDATO DALL'INFN ENTRA NELLO HUMAN BRAIN PROJECT

*Intervista a Pier Stanislao Paolucci, ricercatore INFN e responsabile del progetto WAVESCALES*

*L'INFN entra nel progetto internazionale della Commissione Europea per lo studio del cervello umano, lo Human Brain Project (HBP). Sarà capofila del consorzio WAVESCALES (WAVE SCALING Experiments and Simulations), uno dei 4 vincitori, su 57 proposte, della Call for Expressions of Interest (CEoI) di HBP. A coordinare il consorzio WAVESCALES è il ricercatore INFN Pier Stanislao Paolucci, dal quale ci siamo fatti raccontare qual è il significato di questo risultato e in che cosa consiste il progetto vincitore della selezione.*

#### **Cos'è lo Human Brain Project (HBP)?**

Lo *Human Brain Project* è una collaborazione di ricerca internazionale finanziata dall'Unione Europea, con un budget di circa 500 milioni di euro per il periodo 2013 - 2023. E' uno dei due grandi progetti bandiera europei (*Future and Emerging Technology, FET, Flagships*) attivi per il prossimo decennio, insieme a quello sul grafene. L'obiettivo finale del progetto è riuscire a ottenere una migliore comprensione del cervello umano, e una prima riproduzione delle sue capacità cognitive per mezzo di una simulazione. L'HBP opera in sinergia - ma anche in competizione scientifica - con altre collaborazioni di ricerca, come l'*Allen Institute for Brain Science* e la *BRAIN Initiative* dei *National Institutes of Health (NIH)*, entrambe statunitensi. La missione specifica dello HBP è la costruzione di una "infrastruttura tecnologica informatica", che integri dati sperimentali ottenuti dalle neuroscienze e dalla medicina con strumenti di simulazione del cervello umano, e di quello del topo.

#### **Può descrivere in che cosa consiste il progetto WAVESCALES, vincitore della call internazionale di HBP?**

Il consorzio *WAVESCALES*, guidato dall'INFN, è un team di cinque istituti di ricerca. Include tre partner specializzati nelle misure sperimentali su cervelli umani e di roditori, e altri due che si

## » L'INTERVISTA

concentreranno sulla creazione di modelli teorici e simulazioni computerizzate. Il laboratorio *Array Processor Experiment* (APE lab) dell'INFN svilupperà il simulatore di reti neurali, che sarà capace di riprodurre il comportamento generato da molte decine di miliardi di connessioni nervose, le sinapsi. I partner sperimentali misureranno le *slow waves*, onde cerebrali che si propagano sulla corteccia durante il sonno profondo e durante la transizione agli stati coscienti, e osserveranno la risposta corticale a perturbazioni spazio-temporali localizzate. L'insieme delle tecniche sperimentali includerà osservazioni non invasive nell'uomo. Tra queste, la risposta elettroencefalografica ad alta risoluzione a una stimolazione magnetica transcranica, effettuata dal team di Marcello Massimini dell'Università di Milano. E misure elettrofisiologiche sui roditori in risposta a stimolazioni opto-farmacologiche, condotte dai team guidati da Maria Victòria Sánchez-Vives, dell'*Institut D'Investigacions Biomèdiques August Pi i Sunyer* (IDIBAPS) di Barcellona, e da Pau Gorostiza, dell'*Institut de BioEnginyeria de Catalunya* (IBEC), anch'esso di Barcellona. I modelli teorici saranno, invece, sviluppati dall'Istituto Superiore di Sanità (ISS), sotto la guida di Maurizio Mattia e Paolo Del Giudice.

### **Nel progetto si fa riferimento alle reti neurali: può spiegarci cosa sono?**

Il cervello umano è un sistema di enorme complessità. Pensiamo che includa approssimativamente 90 miliardi di neuroni e alcune centinaia di migliaia di miliardi (una cifra a 14 zeri) di sinapsi, cioè connessioni tra neuroni. In un modello estremamente semplificato possiamo dire che i neuroni eseguono calcoli utilizzando le informazioni trasmesse dalle sinapsi, in base alle quali decidono se passare da uno stato di riposo - come lo zero di un sistema binario - a uno stato di risposta, il potenziale d'azione (*spike*) - come l'unità del sistema binario - che dura all'incirca un millisecondo. Tipicamente, ogni neurone produce decine di potenziali, di *spike*, al secondo. Il fatto incredibile è che se un singolo neurone effettua un calcolo differente, il cervello può, in meno di un secondo, modificare sensibilmente il suo stato e i suoi obiettivi. Pertanto, per comprendere i principi che si celano dietro l'attività computazionale del cervello è necessario simulare l'attività di una rete, un network, di neuroni piuttosto estesa.

### **Qual è il contributo di competenze e tecnologie dell'INFN in un campo apparentemente così diverso come le neuroscienze?**

Un singolo computer non è capace di effettuare simulazioni di network di neuroni sufficientemente grandi. Sono necessari computer che lavorano in parallelo, processori che elaborano dati in modo simultaneo e coordinato e una serie di algoritmi dedicati. All'interno dell'INFN abbiamo tradizioni consolidate che potranno fornire un contributo chiave alla ricerca sul cervello umano. Un asset strategico è l'APE lab, creato da Nicola Cabibbo e Giorgio Parisi, figure chiave nei campi delle simulazioni numeriche e dei sistemi complessi. Sin dal 1984 l'APE lab è uno dei centri di ricerca chiave nel cosiddetto *computing* in parallelo. Negli anni l'INFN ha sviluppato diverse generazioni di computer

## » L'INTERVISTA

e algoritmi che lavorano in parallelo, e di sistemi d'interconnessione dedicati. Originariamente, l'attività dell'APE lab era focalizzata sulle simulazioni di fisica subnucleare, in particolare in Cromo Dinamica Quantistica (QCD - *Quantum-Chromo Dynamics*). Poi, col passare del tempo, abbiamo sviluppato un *know how* che abbiamo applicato anche a svariati altri campi che richiedevano elevate prestazioni nel processamento dei dati, incluse le simulazioni di *network* neuronali. Non dobbiamo, inoltre, dimenticare che uno dei pionieri della neuroscienza computazionale teorica è stato Daniel Amit, che ha lavorato in INFN e ha creato a Roma una scuola di scienziati esperti in questo settore.

### Perché è così importante lo studio del cervello?

In Europa il costo delle malattie e dei traumi cerebrali è stato stimato per il 2010 in 798 miliardi di euro. Senza sostanziali progressi nella comprensione del cervello, questo costo è destinato a crescere, a causa dell'invecchiamento progressivo della popolazione. Inoltre, la comprensione del funzionamento del cervello umano è stata da sempre considerata una delle grandi sfide intellettuali. Ora, soprattutto per la combinazione di nuove tecniche sperimentali e delle tecnologie dell'informazione, la *Brain Research* sta emergendo come una nuova scienza quantitativa, con un impatto potenziale impressionante.

### Quali sviluppi può avere in prospettiva futura la partecipazione dell'INFN nello HBP?

Il progetto *WAVESCALES* studierà la risposta complessiva del cervello a perturbazioni puntiformi nel suo stato più semplice, il sonno profondo, e durante la transizione agli stati coscienti. Se saremo in grado di costruire una teoria che riproduca fedelmente queste risposte per mezzo di una simulazione di rete neurale a larga scala, significherà che avremo scoperto alcuni elementi fondamentali nell'architettura complessiva del cervello. Ma il cervello umano contiene un numero di elementi computazionali molto maggiore di quello che potremo riprodurre con le nostre simulazioni nei prossimi anni. Perciò, il campo di ricerca legato alle attività di simulazione cerebrale su elaboratori paralleli e sistemi di calcolo dedicati sarà fondamentale per molti decenni.

Inoltre, lo studio del cervello richiederà lo sviluppo di tecniche sperimentali con un numero crescente di canali di acquisizione e migliori risoluzioni temporali e spaziali. L'INFN potrà sicuramente contribuire con un ruolo chiave anche al settore sperimentale, grazie alla sua pluridecennale esperienza nella costruzione dei più complessi apparati sperimentali esistenti al mondo. Questi apparati raggiungono, infatti, risoluzioni temporali e spaziali molto migliori di quelli attualmente utilizzati nelle neuroscienze. ■