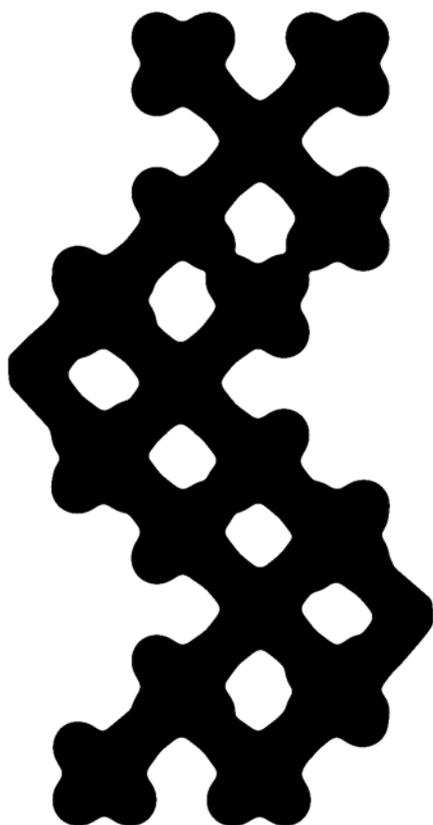


Grid computing: quando la tecnologia aiuta l'ambiente

Romualdo Gianoli

L'unione di migliaia di computer crea una rete di calcolo ad altissimo potenziale: è il grid computing e permette di risolvere problemi scientifici che richiederebbero centinaia di anni



Gli ingegneri e i tecnici in generale sanno bene che ogni qualvolta si fa uso di una particolare tecnologia è buona regola fare molta attenzione al rapporto costi-benefici. Sanno anche che i costi da calcolare non sono soltanto quelli finanziari, ma riguardano una pluralità di aspetti che vanno dalla fattibilità economica fino alle eventuali ricadute ambientali. Un caso in cui questa pluralità di aspetti si manifesta in maniera particolarmente evidente è quello della tecnologia nucleare utilizzata per produrre energia a scopi civili. La costruzione di centrali nucleari è spesso invocata come soluzione al problema energetico e, come ulteriore elemento a favore, si afferma che la sua adozione ridurrebbe notevolmente le emissioni in atmosfera che stanno alterando il clima globale. Sembrerebbe, dunque, che l'impiego di energia nucleare sia un vantaggio per l'ambiente. Questo è senz'altro vero ma, anche volendo escludere il possibile rischio di incidenti, resta pur sempre il grosso problema delle scorie nucleari, che è lungi dall'essere trascurabile in termini di impatto ambientale. In definitiva la tecnologia nucleare da una parte contribuisce a mitigare un problema - le emissioni in atmosfera - ma dall'altra ne crea uno nuovo: le scorie. In casi come questo, la scelta è inevitabile ed è determinata proprio da un'attenta valutazione del rapporto costi-benefici. Vi sono però altri casi in cui una tecnologia riconosciuta responsabile di problemi per l'ambiente finisce per rivelarsi anche fonte di una loro possibile soluzione. In questi casi, quella tecnologia offre ai *policy makers* un'opportunità, talvolta inaspettata. Questo sembra essere il caso delle tecnologie dell'ICT (*information and communication technology*) e del loro rapporto con l'ambiente.

Già da alcuni anni è stato riconosciuto ed esplicitato l'impatto negativo che l'enorme sviluppo dell'*information technology* sta avendo sulla salute dell'ambiente in cui viviamo¹. Forse è per placare i possibili sensi di colpa derivanti da queste accuse (ma più

probabilmente per un sano spirito di ricerca) che negli USA è nato addirittura l'ICS², ovvero l'*Institute for Computational Sustainability*, un'istituzione promossa dalla prestigiosa *Cornell University* per sostenere l'uso dell'*information technology* al servizio dell'ambiente. La visione che ha ispirato i creatori di questo istituto è, al tempo stesso, anche una dichiarazione d'intenti. Agli scienziati del computer è riconosciuto infatti un ruolo chiave nei futuri scenari ambientali, perché hanno la responsabilità di cercare un modo per migliorare l'efficienza con cui l'umanità usa e distribuisce le risorse naturali offerte dal pianeta. Dovrebbero fare tutto questo anche cercando di modificare il modo di concepire la *computer science*, secondo vie non soltanto più ecocompatibili ma anche più *etically correct*. È così che, seguendo questa linea di pensiero, sempre più spesso le tecnologie dell'ICT trovano applicazione proprio nella ricerca delle soluzioni a determinati problemi ambientali. In che modo? Prima di tutto attraverso simulazioni numeriche realizzate al computer. Anzi, con molti computer, con il sistema del *grid computing* (lett. "calcolo a griglia").

L'UNIONE FA LA FORZA

Il concetto del *grid computing* è molto semplice dal punto di vista teorico, perché non è altro che la trasposizione in termini informatici del classico adagio: "l'unione fa la forza". In questo caso si tratta dell'unione di migliaia di computer che mettono a disposizione la propria potenza di calcolo in maniera coordinata, per risolvere un unico problema e raggiungere uno specifico obiettivo. In maniera un po' più tecnica si parla di "reti di calcolo distribuite". Ma distribuite dove? Nello spazio e nel tempo, perché i computer che fanno parte di una di queste strutture possono trovarsi in posti geograficamente diversi, ma anche lavorare in momenti diversi. In pratica, queste "griglie" di computer rappresentano un'infrastruttura

di calcolo distribuita, che viene usata per elaborare enormi quantità di dati altrimenti impossibili da gestire con un solo calcolatore. Il tutto avviene condividendo le risorse all'interno di un ambiente virtuale che rappresenta il "contenitore" e l'interfaccia utente della struttura di calcolo. Questa condivisione riguarda non solo l'accesso diretto ai singoli computer e al software, ma anche a tutto l'hardware necessario alla risoluzione di un problema scientifico così complesso che anche il più potente calcolatore esistente impiegherebbe tempi improponibili per risolverlo. Il "trucco" delle griglie, dunque, sta proprio nella condivisione coordinata delle risorse, finalizzata, cioè, alla risoluzione di un ben determinato problema. Questo uso coordinato dà all'utente la sensazione di usare un unico supercomputer capace di un'enorme potenza di calcolo e di una altrettanto enorme capacità di immagazzinamento dei dati.

Oggi una delle più interessanti modalità di *grid computing* è quella su base volontaria, nella quale migliaia (ma talvolta anche milioni) di possessori di computer domestici decidono volontariamente di mettere una parte della loro potenza di calcolo a disposizione di una particolare griglia, per contribuire a risolvere un determinato problema. Uno dei primi e più famosi progetti di questo tipo è stato il SETI@home dell'Università di Berkeley in California. SETI (Search for Extra-Terrestrial Intelligence) è il noto progetto di ricerca di intelligenze extraterrestri, basato sullo studio dei segnali elettromagnetici provenienti dallo spazio e captati per mezzo di potenti radiotelescopi, il più famoso dei quali è quello di Arecibo sull'isola di Porto Rico. Inizialmente i segnali captati venivano analizzati da grandi computer appositamente costruiti e dedicati a questo scopo; poi, nel 1995, lo scienziato David Gedye ebbe l'idea di far svolgere questo enorme lavoro a un supercomputer virtuale ottenuto proprio per mezzo di una griglia. Così, quattro anni dopo, nel maggio del 1999 venne lanciato il progetto SETI@home, grazie al quale migliaia di persone in tutto il mondo si trasformarono in detective dello spazio, contribuendo alla ricerca di vita intelligente nell'universo semplicemente scaricando nel proprio pc un software in grado di utilizzare la potenza di calcolo del computer quando l'utente non la sfruttava appieno. Oggi si stima che al SETI@home partecipino più di 5,2 milioni di utenti in tutto il mondo, una cifra che ne fa il progetto di calcolo distribuito con più partecipanti al mondo. Gli informatici si sono cimentati nel calcolare

quanto tempo di calcolo equivalente abbia sviluppato questa griglia a partire dal 17 maggio 1999, giorno del suo lancio ufficiale, ottenendo la straordinaria cifra di oltre 2 milioni di anni. Il vantaggio in termini di tempo risparmiato è evidente. Il primato di SETI@home è stato riconosciuto anche dal *Guinness World Records*, che ha omologato il record mondiale di operazioni matematiche (quantificate in 10^{21} operazioni in virgola mobile raggiunto il 26 settembre 2001) come il più grande calcolo della storia.

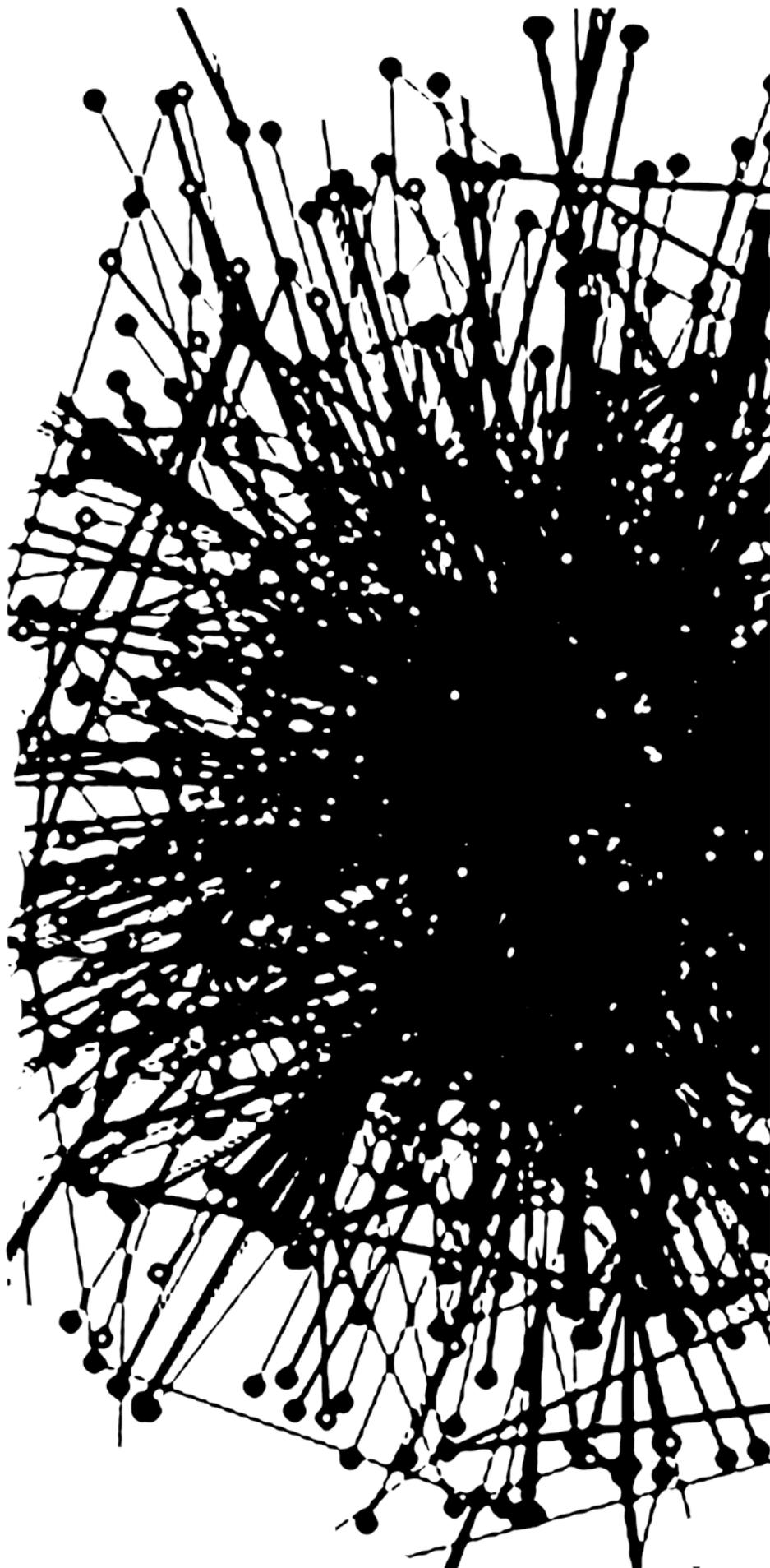
LE POTENZIALITÀ DEL SISTEMA

Ovviamente le possibilità offerte dal *grid computing* sono molteplici e vanno dalle applicazioni nel campo della medicina e della farmacologia, fino alle biotecnologie, alla tutela del patrimonio culturale, alle scienze sociali e agli studi sull'ambiente. Particolarmente attiva in quest'ultimo settore è la *World Community Grid*, una rete mondiale di pc su base volontaria, il cui scopo è creare una collaborazione a livello globale per portare avanti ricerche a beneficio di tutta l'umanità. Si tratta di un'organizzazione sponsorizzata e sostenuta tecnologicamente dalla IBM, che ha donato le infrastrutture hardware, il software e tutto il *know-how* necessario alla realizzazione e al mantenimento di una griglia di circa un milione e mezzo di computer disseminati su tutto il pianeta. Grazie a un piccolo software che chiunque può scaricare e installare sul proprio personal computer, gli



Uno dei primi progetti di *grid computing* ha permesso di ottenere il più grande calcolo della storia

scienziati possono sfruttare i momenti di inattività o di lavoro ridotto dei pc, per eseguire i complessi calcoli necessari a condurre simulazioni o valutare scenari ipotetici relativi a questioni di carattere ambientale. In pratica, il software installato richiede al server centrale i dati relativi a un progetto ed esegue i calcoli necessari inviando i risultati al server. Successivamente chiede al server un altro "pezzo" del problema e così via. Così facendo, ogni risultato ottenuto, per quanto piccolo e parziale possa



essere, permette agli scienziati di acquisire molto velocemente nuove informazioni, accelerando l'intero processo della ricerca. Alcuni dei progetti portati avanti dalla *World Community Grid* riguardano problematiche cruciali per l'ambiente, le cui innumerevoli emergenze richiedono sempre maggiori sforzi per contrastarne o mitigarne gli effetti. Una ricerca, in particolare, è dedicata allo studio delle possibili soluzioni al gravissimo problema della scarsa disponibilità d'acqua sicura nel mondo, un vero dramma - responsabile della morte di almeno 3.900 persone al giorno, specialmente bambini - che già oggi affligge non meno di un miliardo e duecento milioni di persone e purtroppo è destinato a peggiorare nei prossimi decenni³. Il progetto, denominato *Computing for Clean Water*, ha come obiettivo fornire maggiori conoscenze sulla fisica della scala molecolare, per ottenere una nuova generazione di nanomateriali con cui realizzare speciali filtri in grado di purificare l'acqua. Una ricerca che, si spera, potrà portare in tempi non troppo lunghi a disporre di filtri molto più efficienti e, soprattutto, meno costosi.

Le simulazioni condotte con il progetto *Computing for Clean Water* riguardano i filtri basati sulla tecnologia dei nanotubi. In genere i pori dei filtri a nanotubi sono di dimensioni estremamente ridotte (di solito hanno un diametro dell'ordine di grandezza di qualche molecola d'acqua) e funzionano perciò solo a pressioni molto elevate, pressioni che si ottengono con apparecchiature molto costose. Tuttavia, alcuni esperimenti condotti nel 2005 mostrarono che gli array (vettori) di questi nanotubi riuscivano a trattare flussi d'acqua molto superiori a quanto ci si aspettasse. La scoperta spinse alcuni scienziati a intraprendere ricerche su questo fenomeno. Era però necessario lavorare con modelli dinamici a larga scala, analizzando il comportamento di ogni singola molecola d'acqua nel suo passaggio attraverso i nanotubi. Dunque serviva un'enorme potenza di calcolo per simulare il comportamento di tali molecole e una rete come quella della *World Community Grid* offriva una grande possibilità. I primi risultati non hanno tardato a manifestarsi: al 15 settembre di quest'anno, per questo progetto sono stati sviluppati calcoli per una durata equivalente a 655 anni, 96 giorni e 18 ore. Un risultato che ha già permesso agli scienziati di scoprire che le molecole d'acqua, a contatto con le pareti dei nanotubi, tendono a comportarsi come il ghiaccio, riducendo l'attrito sperimentato dalle molecole più interne e favorendo così l'aumento della portata utile dei filtri. Questo tipo di conoscenze, che possono apparire piuttosto astratte, nella pratica si traducono in innovazioni molto utili come, ad esempio, la possibilità di realizzare filtri sempre più efficaci nel trattenere

le sostanze pericolose disciolte nell'acqua, col risultato finale di ridurre drasticamente la mortalità.

IN RETE PER L'AMBIENTE

Un secondo progetto di ricerca condotto sempre dalla *World Community Grid* riguarda un settore altrettanto suggestivo e importante: quello delle energie rinnovabili. Si chiama *Clean Energy Project* ed è giunto ormai alla fase due. Si pone come obiettivo la scoperta di nuovi materiali - con cui realizzare una prossima generazione di celle fotovoltaiche - e di sistemi accumulatori di ener-



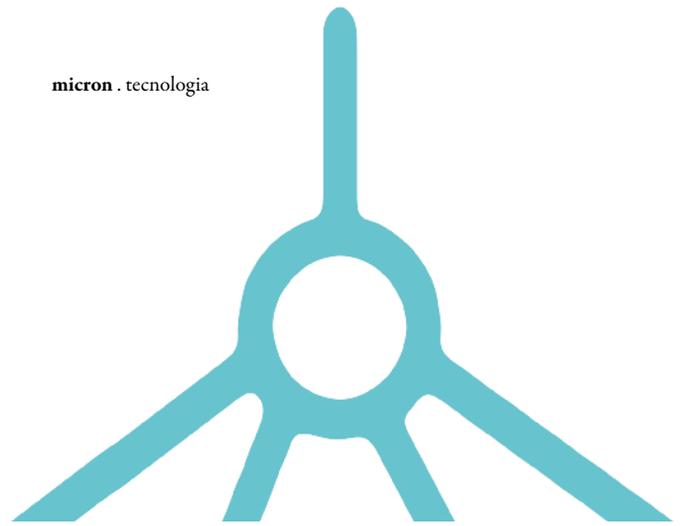
La griglia di calcolo distribuita può servire a valutare l'impatto delle politiche economiche e ambientali

gia molto più efficienti di quelli esistenti oggi. Anche in questo caso la potenza della griglia si è dimostrata fondamentale nell'analisi e nello studio delle proprietà elettroniche di centinaia di migliaia di composti organici. In pratica, si è riusciti ad analizzare migliaia di dati in più rispetto a quelli gestibili da un qualsiasi laboratorio tradizionale. Il calcolo distribuito applicato alla chimica computazionale ha permesso di individuare i composti organici più adatti a costruire celle fotovoltaiche meno costose e nuovi polimeri per realizzare le membrane necessarie alle celle a combustibile.

Nella prima fase del progetto, ora conclusa, sono state isolate le molecole candidate a diventare i nuovi materiali di base per le future celle fotovoltaiche. Le simulazioni numeriche sono state condotte per capire con quali meccanismi le molecole si unissero per creare sostanze solide (film sottili, cristalli, polimeri e così via) e per scoprire se queste avrebbero avuto le necessarie proprietà elettroniche. La fase due della ricerca, tuttora in corso, si sta occupando invece dello studio di alcune proprietà fisiche di questi materiali, in particolare di quelle ottiche, attraverso complessi calcoli di meccanica quantistica. Al termine di questa fase gli scienziati prevedono di avere a disposizione un completo database di informazioni relative a un gran numero di composti e di essere quindi in grado di proporre quelli più adatti a produrre più energia e in maniera più pulita. Anche in questo caso il

successo della ricerca avrebbe enormi (e positive) conseguenze, perché la disponibilità di materiali a buon prezzo con i quali ricavare energia pulita dal Sole permetterebbe contemporaneamente di ridurre sia la dipendenza dai combustibili fossili, sia l'immissione in atmosfera di gas serra, a tutto vantaggio del clima mondiale.

Rimanendo in tema di clima e dei suoi cambiamenti, vi è una terza ricerca, realizzata sempre con l'ausilio della *World Community Grid*, la cui prima fase si è conclusa nel luglio del 2008 e i cui risultati sono allo studio degli scienziati che stanno preparando la fase due. Si tratta del progetto *AfricanClimate@home*, lo studio inteso a sviluppare modelli previsionali climatici più accurati per particolari regioni africane. Sebbene il problema dei cambiamenti climatici affligga ormai gran parte del pianeta, alcune zone dell'Africa risultano particolarmente vulnerabili a fenomeni atmosferici estremi, come dimostrato dalle catastrofiche alluvioni che hanno flagellato il Mozambico tra il 2000 e il 2001, lasciando una tragica scia di centinaia di morti e oltre mezzo milione di profughi. Avere a disposizione modelli climatici più affidabili per zone particolarmente a rischio di siccità o inondazioni permetterebbe di capire come potrebbe evolvere il clima in quelle aree e, quindi, permetterebbe di approntare in tempo idonee misure di contrasto o di supporto alle popolazioni che ci vivono. Un ulteriore tema, a metà strada tra quello dell'acqua e i cambiamenti all'ambiente indotti dalle attività antropiche, è quello affrontato dal *Watershed Sustainability Project* dell'Università della Virginia che, ancora una volta, utilizza la *World Community Grid* per il programma *UVa Bay Game/Analytics*, con il quale simula gli effetti e le conseguenze delle attività agricole, commerciali e industriali sulla Baia di Chesapeake, il più grande estuario degli Stati Uniti. Si tratta di un'area molto estesa, alla fine di un corso d'acqua lungo oltre 166.000 chilometri, che copre più di 18.000 chilometri di costa, interessando circa 17 milioni di persone. In un'area tanto vasta e abitata da così tanta gente, le attività e gli interessi di agricoltori, pescatori, ambientalisti, industriali e costruttori sono spesso in conflitto e rappresentano un sistema particolarmente complesso da gestire. Il laboratorio virtuale realizzato con la griglia di calcolo distribuito serve a simulare le conseguenze e a valutare l'impatto delle politiche economiche, commerciali e ambientali messe in campo da tutti questi soggetti, aiutando a comprenderne meglio i possibili sviluppi e i potenziali conflitti. Come ha giustamente evidenziato



Thomas C. Skalak, uno dei responsabili dello studio, questo progetto: “*rappresenta una dimostrazione senza precedenti del potenziale di simulazione su larga scala di un sistema complesso orientato alla ricerca di soluzioni innovative, attraverso la modellizzazione del comportamento umano in relazione a un ecosistema, con un livello di dettaglio irraggiungibile senza l’aiuto di una tale potenza di calcolo*”. Ma gli sforzi dell’ICT per trovare applicazioni “buone per l’ambiente” non si limitano agli esempi di *grid computing* visti finora. Molti altri soggetti stanno spingendo sull’acceleratore delle applicazioni del calcolo distribuito: prima tra tutti l’Unione Europea, che lo scorso 30 aprile ha concluso l’ultima fase del progetto EGEE (*Enabling Grids for E-science*). Il principale risultato di questo ampio progetto, finanziato nell’ambito del settimo Programma Quadro Europeo, è stato la realizzazione di un’infrastruttura di calcolo distribuito messa a disposizione della cosiddetta *e-science*. Si tratta della più grande struttura del genere al mondo, destinata a supportare le ricerche degli scienziati in un vastissimo numero di discipline, ambiente compreso. Questo nuovo strumento, che permette all’Europa d’interagire con le altre aree del mondo come un’unica entità, si chiama EGI⁴ (*European Grid Infrastructure*) ed è stato pensato come un’infrastruttura di lungo periodo, in grado di supportare le impegnative sfide scientifiche che la ricerca internazionale dovrà affrontare nei prossimi decenni, prima fra tutte quella ambientale. Nei documenti ufficiali che hanno accompagnato la nascita di questa grande rete, infatti, si fa esplicito riferimento all’apporto che essa potrà dare agli studi sull’ambiente, a cominciare dal clima. Questo perché mai come oggi è stato importante disporre di accurati modelli previsionali sull’evoluzione del clima e, attualmente, il migliore strumento per ottenerli è costituito proprio dalle simulazioni computerizzate. Modelli come quelli usati dagli scienziati dell’IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), ad esempio, utilizzano dati sull’atmosfera, sulla su-

perficie terrestre, sui mari e gli oceani, sui ghiacci e sui venti. Sono dati e metadati provenienti da una molteplicità di comunità scientifiche che difficilmente potrebbero condividere una tale mole di informazioni, né tanto meno elaborarla, senza una rete distribuita di calcolo e archiviazione. Quello del clima, dunque, si prefigura come il settore ideale per l’applicazione del *grid computing* e la dimostrazione sta nel fatto che, per l’elaborazione dei risultati dei prossimi rapporti sullo stato del clima globale, l’IPCC farà uso di una nuova generazione di modelli matematici, elaborati con il supporto di un’altra istituzione per il *grid computing*, questa volta americana, la ESGF⁵ (*Earth System Grid Federation*). La ESGF è stata creata ed è sostenuta da l’*US Department of Energy*, la *National Science Foundation* e la *National Oceanic and Atmospheric Administration*. Lo strumento principale che questa istituzione mette a disposizione degli scienziati è una griglia di calcolo creata appositamente per gli studi sul clima e denominata ESG-CET (*Earth System Grid Center for Enabling Technologies*).

Tutti questi esempi mettono ancora più in evidenza l’aspetto che forse maggiormente caratterizza la società umana di questo millennio: la complessità. Quanto più complessi sono diventati i problemi con cui l’umanità deve confrontarsi, tanto più diventano complessi gli strumenti necessari a trovarvi soluzione. Resta solo da augurarsi che l’Uomo sia in grado, in futuro, di governare e controllare tale complessità, senza rimanere schiacciato dai prodotti della sua stessa conoscenza e intelligenza.

Riferimenti bibliografici

¹ Sull’argomento si veda anche l’articolo “Tecnologia dell’informazione e cambiamenti climatici” nel numero 10 di Micron.

² www.cis.cornell.edu/ics/index.php

³ Per un’ampia analisi del problema acqua nel mondo, si veda anche l’articolo “Acqua: un bisogno per tutti, un diritto per pochi” nel numero 12 di Micron.

⁴ www.egi.eu

⁵ Per ulteriori informazioni su questa istituzione e per maggiori dettagli sui progetti di ricerca condotti, si veda il link <http://esg-pcmidi.llnl.gov/>

