

I due volti della catastrofe

Pietro Greco

Le catastrofi sono “il preludio della complessità”, recitava il sottotitolo di un libro pubblicato in seconda edizione nel 2002 da Tito Tonietti e intitolato, appunto, *Catastrofi*. Lo storico della scienza si riferiva, in realtà, alle catastrofi come enti matematici presi in esame tra gli anni '60 e gli anni '80 del secolo scorso, da René Thom. La “teoria della catastrofi” del francese, matematico di gran classe e vincitore tra l'altro di una Medaglia Field, è un'ipotesi scientifica – anzi, un modo di vedere il mondo, in punta di matematica – che ha goduto di grande interesse e ha suscitato vivaci reazioni prima di essere (ingiustamente) dimenticata a vantaggio del (ri)emergere delle teorie del caos deterministico e dei sistemi complessi.

Sulla teoria di René Thom e sull'evoluzione, a volte catastrofica, dei sistemi dinamici non lineari ritorneremo. Per ora diciamo che quel sottotitolo al libro di Tonietti, “preludio della complessità”, si attaglia perfettamente non solo ad astratte costruzioni matematiche, ma alla concreta realtà fisica, ivi inclusa quella biologica. La crescita della complessità nell'universo e anche in quella sottile coltre, chiamata biosfera, che avviluppa il nostro piccolo e marginale pianeta, la Terra, è spesso preceduta e vivificata da una crisi catastrofica.

Per cui la catastrofe non solo è un elemento costitutivo a ogni livello del nostro mondo – che è un cosmo, un tutto

armoniosamente ordinato secondo l'intuizione dei primi filosofi greci, anche perché puntuato da eventi catastrofici – ma ha due facce, in apparenza opposte: quella tragica della distruzione e quella epica della (ri)costruzione su fondamenta nuove e spesso più solide delle antiche. D'altra parte, ci informa il vocabolario Treccani, la parola catastrofe non significa affatto annichilimento, ma rovesciamento o rivolgimento. Insomma, cambiamento: anche se magari un po' brusco.

Alle catastrofi (ad alcune catastrofi) noi *Homo sapiens* dobbiamo tutto. Non è stato forse un evento catastrofico quel Big Bang che, secondo il Modello Standard della Cosmologia, ha rovesciato le condizioni del vuoto quantistico e ha dato origine, 13,72 miliardi di anni fa o giù di lì, allo spazio, al tempo e al nostro universo pieno di materia ed energia (anzi di materia/energia)? Il Big Bang è stato il più grande e creativo evento catastrofico di cui abbiamo notizia. L'origine di tutto quanto. Più creativo di così...

Ancora, non è stata forse l'immane esplosione, meno di 5 miliardi di anni fa, di una *supernova* – una delle più straordinarie catastrofi che si verificano nel nostro universo – il preludio della complessità di cui siamo parte noi stessi e l'intero sistema della stella Sole, con tutti gli oggetti, con tutti gli atomi (o quasi) che lo costituiscono? Non siamo forse noi, il Sole, la Terra e tutti

gli astri erranti del sistema e tutti gli oggetti, viventi e no, che li popolano, letteralmente, “polvere di stelle” e figli di quella specifica catastrofe?

Quanto a noi, uomini sedicenti sapienti, dobbiamo concludere che siamo figli, in realtà, della successione scritta dalla storia – e quindi spiegabile *a posteriori*, ma molto difficile da prevedere *a priori* – di una serie lunga e fortunata di catastrofi. A iniziare dal tremendo impatto che, oltre 4 miliardi di anni fa, la Terra ha avuto con un altro pianeta, delle dimensioni di Marte per intenderci, e che ha generato la Luna, il fede satellite che stabilizza l’asse di rotazione del nostro pianeta e con esso il clima, impedendo una successione di altri eventi catastrofici – la Luna, questo è il bello della storia, è dunque figlia di una catastrofe che previene altre catastrofi – rendendolo più adatto alla nostra vita.

E tuttavia siamo, noi *Homo sapiens* con tutte le altre forme di vita attualmente presenti sulla Terra, anche figli di un’altra orrenda catastrofe, quella provocata da piccoli organismi capaci di fotosintesi, che all’incirca 2,5 miliardi di anni fa hanno reso il nostro pianeta un vero e proprio assurdo chimico, avvolto in una coltre di molecole tra le più aggressive che si conoscano: le molecole di ossigeno. Quegli organismi ne hanno prodotto tanto di ossigeno da avvelenare quasi tutte le altre forme di vita allora esistenti, da arrugginire tutto quanto c’era da arrugginire, o detto più propriamente da ossidare tutto quanto c’era da ossidare. Quando tutto è stato ossidato e l’ossigeno non aveva più nulla da aggredire, quel micidiale gas ha finalmente iniziato ad accumularsi nell’atmosfera. Quella lunga e tragica stagione, durata centinaia di milioni di anni e tutto sommato ancora in corso, è stata battezzata, non a caso, *l’olocausto dell’ossigeno*.

I sopravvissuti alla tragedia si sono adattati a queste condizioni lontane

dall’equilibrio chimico e hanno iniziato a utilizzare il terribile gas come combustibile. In altri termini si sono (ci siamo) adattati a vivere in una condizione di catastrofe chimica permanente.

Potremmo continuare, ricostruendo altri passaggi salienti della lunga serie di fortunate catastrofi che hanno portato fino a *Homo sapiens*. Potremmo ricordare il tragico sacrificio della fauna di Ediacara e la meravigliosa esplosione del Cambriano, che meno di 600 milioni di anni fa hanno consentito il definitivo trionfo della biodiversità e la nascita successiva di milioni di specie animali.

Ma ci preme sottolineare in particolare due tipi di catastrofi – quella discreta delle grandi estinzioni di massa che punteggiano la storia della vita animale e quella continua della tettonica a zolle – non solo per la loro intrinseca importanza, un’importanza decisiva per *Homo sapiens*, ma anche per la loro valenza, per così dire, pedagogica. Perché entrambe hanno molto da insegnarci.

Quella della vita animale sulla Terra, iniziata all’incirca 560 milioni di anni fa, è una storia di crescita progressiva e addirittura lineare di diversità. Nuove specie appaiono sulla Terra con continuità. Le specie nate sono molto più numerose di quelle morte. Cosicché in questi 560 milioni di anni il numero di specie animali non solo è aumentato, ma l’incremento è avvenuto a velocità linearmente crescente, con una sorta di moto uniformemente accelerato. Almeno a grana grossa. Perché di tanto in tanto nel corso di questa lunga storia si sono verificate delle vere e proprie estinzioni di massa. Delle catastrofi, appunto. Perché, in tempi relativamente brevi (di migliaia o decine di migliaia di anni) le specie che si sono estinte sono state nettamente superiori a quelle che sono nate. Per mera convenzione, quando la differenza tra le scomparse e le neonate raggiunge o supera il 60% delle specie

esistenti si parla di “grandi estinzioni di massa”.

Ebbene, dall’esplosione del Cambriano a oggi sono state registrate 5 “grandi estinzioni di massa”. La maggiore si è verificata nel Permiano, 225 milioni di anni fa, e pare che a morire sia stato il 96% delle specie viventi: davvero la vita animale e anche quella vegetale furono sull’orlo della scomparsa totale.

L’ultima grande estinzione di massa si è invece verificata nel Cretaceo, 65 milioni di anni fa. A estinguersi quasi del tutto (e, in parte, a evolvere) furono i dinosauri. Che lasciarono campo aperto allo sviluppo dei mammiferi. Ovvero ai nostri progenitori, che pare avessero la forma e le attitudini di topi più o meno grandi. Difficilmente l’uomo sarebbe apparso senza quell’ultimo, catastrofico evento. E senza quei topi capaci di sopravvivergli.

Ma, se non vogliamo essere del tutto antropocentrici, dobbiamo considerare che il bello delle grandi e piccole estinzioni di massa, ovvero il bello della tragedia, è che dopo ogni catastrofica moria in tempi brevi la vita ha recuperato e la biodiversità ha continuato ad aumentare lungo l’originaria linea ideale di crescita. Come se le estinzioni di massa, grandi o piccole, non fossero mai avvenute.

Non è semplice spiegare il perché di questo fenomeno. È come se la Terra offrisse alle specie viventi spazi di crescita e loro, le specie viventi, li occupassero tutti quegli spazi di biodiversità con ordinata ma progressiva abilità. La catastrofi delle estinzioni di massa intervengono provocando, appunto, rivolgimenti e cambiamenti, ma non scalfendo né la tendenza intrinseca a crescere della biodiversità né la potenza con cui manifesta questa sua tendenza. Ne potremmo concludere che le estinzioni di massa sono “catastrofi rigeneratrici”, che consentono all’evoluzione delle specie di conservare la sua straordinaria creatività.

Non si tratta di una lezione dal mero valore accademico. In questa fase storica, infatti, sembra proprio che stiamo andando incontro a una nuova estinzione di massa. Il numero delle specie che si estinguono è nettamente superiore a quello delle nuove specie che nascono. Anzi, il ritmo dell’estinzione sembra superiore persino a quello esperito nella grande estinzione del Permiano. Molti si chiedono e molti temono che stiamo andando incontro alla “sesta grande estinzione di massa”. Di qui la domanda: quando cesserà questa catastrofe, la biodiversità ritornerà a espandersi come in passato o qualcosa si è irrimediabilmente rotto nella sua vicenda terrena? E questo nuovo “generatore di catastrofe” – di una catastrofe che non sappiamo se reversibile o meno – si chiama forse *Homo sapiens*?

La seconda catastrofe pedagogica che conviene richiamare alla memoria è quella individuata, esattamente cento anni fa, da Alfred Wegener: la deriva dei continenti. Il geologo tedesco nel 1915 pubblicò un libro, *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* (la formazione degli oceani e dei continenti) in cui formulò l’idea di un fenomeno catastrofico continuo, la tettonica a zolle, secondo cui la crosta del nostro pianeta non è unita e compatta, ma frammentata in una serie di zatteroni che galleggiano sul magma incandescente del mantello terrestre e si avvicinano, cozzano e si allontanano in continuazione gli uni dagli altri. Questo grande motore catastrofico, la tettonica a zolle, è alla base di tante catastrofi minori (le eruzioni vulcaniche, i terremoti). Ma se ricordiamo qui la scoperta di Wegener non è solo perché quello vulcanico e quello sismico sono tra i rischi naturali più imminenti e pericolosi con cui abbiamo a che fare. E neppure è solo perché corre il centenario di quella teoria che ricompone magnificamente il puzzle dell’evoluzione geofisica, nel tempo profondo e nel

tempo umanamente percepibile. Ma è anche e soprattutto perché la teoria di Wegener fu a sua volta una catastrofe: una catastrofe culturale o, se volete, la proposta di un formidabile cambio di paradigma. Per questa sua forza dirompente fu a lungo screditata e persino derisa, prima di essere accettata e divenire il “modello standard” della geofisica.

Il valore pedagogico della vicenda è evidente. Una catastrofe culturale, ovvero un ribaltamento delle nostre più solide convinzioni, insomma, un cambio di paradigma, non avviene così facilmente. Deve vincere molte resistenze, molto più di una supernova che lancia il suo ultimo grido. Queste resistenze si annidano ovunque: anche in quel gruppo sociale programmaticamente aperto alle novità che è la comunità scientifica. Come diceva un conservatore che ha dato avvio alla catastrofe culturale dei quanti in fisica, Max Planck, una nuova idea capace di un rivolgimento culturale si impone quando la generazione portatrice della vecchia visione muore e sulla scena appare una nuova generazione. Va detto anche che, spesso, le nuove generazioni cavalcano in maniera spregiudicata il cambiamento catastrofico. Vendendo una bonaccia come fosse una tempesta. È il doppio volto della catastrofe culturale, reale o virtuale che sia.

Per inciso, di quella resistenza al cambiamento, di quella resilienza culturale di fronte al rivolgimento catastrofico di cui parlava Planck, è stato vittima, probabilmente, anche l'autore della teoria delle catastrofi, René Thom. Avversato da tanti suoi colleghi. Ma va detto pure – e lui ne era assolutamente consapevole – che il matematico francese è stato vittima anche delle spregiudicate cavalcate di nuove generazioni di studiosi che non sempre hanno compreso fino in fondo e rispettato il suo pensiero.

Non molti anni fa, Telmo Pievani ha esordito nella pubblicistica divulgativa con un libro intitolato *Homo sapiens e*

altre catastrofi. Affacciando l'idea che la nostra specie non è solo la figlia di una serie fortunata di tragiche catastrofi (che il lettore ci perdoni l'ossimoro, ma in natura gli ossimori esistono), ma ne è anche madre. E non sono catastrofi da poco, quelle che noi generiamo. Potremmo dire che questa nostra attitudine a generare catastrofi ci ha reso, unica tra tutte le singole specie viventi, attori ecologici globali. Capaci, per esempio, di attivare una “catastrofe climatica”, ovvero un significativo cambiamento del clima del pianeta, o anche una “catastrofe biologica”, ovvero una significativa erosione della biodiversità. È questa nostra attitudine a generare catastrofi locali e globali che ha indotto Paul Crutzen, premio Nobel per la Chimica, a definire Antropocene, ovvero modellata dall'uomo, l'era geologica in cui viviamo.

Ma l'uomo è una catastrofe particolare. È una catastrofe cosciente. L'unica catastrofe capace di riflettere e di intervenire su se stessa. E, pur se in maniera limitata, su molte delle altre catastrofi. È, se possiamo dirlo, una catastrofe di ordine superiore.

Diceva un grande fisico, Victor Weisskopf, che *Homo sapiens* è l'occhio con cui l'universo ha imparato a osservare se stesso. La riprova – una riprova – è proprio René Thom che ha studiato le dinamiche dei sistemi non lineari e ha spiegato con il rigore e la precisione della matematica come le catastrofi, con la loro furia distruttrice, possano diventare una forma di “distruzione creatrice”, preludio di una nuova stabilità e di una nuova complessità. Straordinario occhio, quello di René Thom, con cui l'universo scruta se stesso attraverso il buco delle catastrofi.

E tuttavia l'uomo non è solo l'occhio di cui parla Weisskopf. A noi, lo diciamo molto sommessamente, appare anche come il braccio, ma magari piccolo ma non del tutto inerte, con cui l'universo

sta imparando a intervenire intenzionalmente su se stesso. Capace (per ora, almeno) non di fermare tutte le catastrofi cosmiche, ma almeno di fermare o ridurre l'impatto di alcune piccole catastrofi locali. Sia naturali che prodotte da se stesso.

Questa capacità inedita (per quanto ne sappiamo) nell'universo non deve inorgolirci più di tanto. Perché una catastrofe cosciente non può limitarsi ad ammirare se stessa, ma ha il dovere – anch'esso inedito – di minimizzare i suoi effetti, se li ritiene non desiderabili. Una catastrofe cosciente ha il dovere, in qualche modo, di trasformarsi in una catastrofe umile, capace di tenere a freno la sua stessa potenza, distruttrice e creatrice.

Cosa fare perché *Homo sapiens* diventi una catastrofe umile? Beh, la prima cosa è fare come René Thom, attivare l'occhio e capire come funziona l'universo, catastrofi comprese. La seconda cosa è attivare il piccolo e incerto e umile braccio, cercando di modificare per quanto è possibile l'universo in modo da renderlo un luogo più desiderabile in cui vivere (e far vivere). Assumendo piena consapevolezza che in questo universo insieme di tanti sistemi dinamici non lineari basta, come insegnava un altro matematico francese, Jacques Hadamard, una piccola variazione delle condizioni iniziali per produrre grandi cambiamenti inattesi. Per produrre catastrofi.

Comportarsi da occhio e da braccio umile dell'universo presuppone l'esercizio di quello spirito critico di cui Thom e Hadamard sono straordinaria espressione. Il guaio è, sostiene Tonietti nel suo libro dedicato alla teoria della catastrofi di Thom, che talvolta questo spirito critico viene smarrito. Magari a causa di una catastrofe tecnologica. Se la teoria del francese è stata dimenticata, questa

è la tesi di Tonietti, è anche a causa di quella catastrofe tecnologica chiamata computer.

Al computer e alle sue capacità di calcolo affidiamo troppo responsabilità, dimenticando di cercare le spiegazioni profonde. Anche Weisskopf aveva simili perplessità. Le ha espresse con un aneddoto. Incuriosito dal fatto che i venti sull'Atlantico spirano in prevalenza da ovest verso est ha chiesto spiegazioni a un suo amico climatologo. L'amico ha acceso il computer e gli ha mostrato un modello di simulazione in cui i venti effettivamente spirano in prevalenza da ovest verso est. Al che Weisskopf ha risposto: «Ho capito. Lui, il computer, sa come. Ma noi sappiamo perché?».

Ma, come dicevamo, anche la catastrofe culturale ha una doppia faccia. All'inizio degli anni '60 il meteorologo Edward Lorenz verificò sul suo computer l'estrema sensibilità alle condizioni iniziali del sistema complesso clima di cui aveva parlato Hadamard e propose una metafora di successo: basta un battito d'ali di una farfalla per scatenare una tempesta (una catastrofe meteorologica) in Texas. Da quel momento in fatto di catastrofe clima – grazie anche ai computer – stiamo capendo sempre di più non solo il come, ma anche il perché.

La stessa catastrofe computer che ha provocato la distruzione del senso critico nell'amico di Weisskopf ha creato un nuovo senso critico, la capacità di prevedere, sulla base di scenari probabilistici e non deterministici, l'evoluzione della catastrofe climatica. Dimostrando che, se lo vogliamo, su quella catastrofe possiamo intervenire, per governarla per quanto possibile e cercare di indirizzare il futuro verso un approdo desiderabile.