

La candela

L'argomento di oggi sono le maree. Avevo in programma da tempo di parlarne, ma poi sono sempre sopravvenuti altri stimoli che mi hanno distolto dall'intento. Mi sembra bene toccare in questa rubrica un tema che appartiene alle Scienze Naturali quanto alla Fisica, e non poco anche all'Astronomia, materia di cui mi debbo ogni tanto ricordare di essere docente. . .

“Il mare si allontanava rapidamente. Maigret udì la risacca prima sull'alto delle dighe, poi più lontano sulla sabbia della spiaggia che si scopri-
va. [. . .]

“Le cose uscivano poco a poco dal buio nel quale erano state immerse. Si intravedevano gli alberi obliqui delle barche da pesca che con la bassa marea restavano incagliate sulla melma dell'avamposto. Un muggio di vacche, molto lontano, dalla parte di terra. Il suono della campana della chiesa che annunciava discretamente, con brevi rintocchi, la messa delle sette. [. . .]

“La baia di Ouistreham era quasi completamente scoperta. La sabbia, color del grano maturo, si stendeva per più di un miglio, e laggiù, le onde s'infrangevano sulla riva, bianche di spuma. A destra della diga, alla distanza di un chilometro circa, un battello, incagliato, affondava per metà nella sabbia e per metà nel mare che infuriava contro i suoi fianchi. Era un battello a due alberi. [. . .]

“Era mezzogiorno. Gli uomini della chiusa erano ai loro posti, perché da Caen era stato annunciato un vapore. La fascia di sabbia, sulla spiaggia, si era rimpiccolita, e le onde bianche lambivano quasi le dune. A destra, la folla assisteva ad uno spettacolo appassionante: il rimorchiatore di Trouville era ancorato a meno di cinquecento metri dalla costa. Un canotto si stava avvicinando faticosamente al 'Saint-Michel' che la marea aveva quasi raddrizzato.” (G. Simenon: *Le port des brumes*)

Ouistreham è in Normandia, alla foce dell'Orne sul Canale della Manica. Da quelle parti, come lungo tutta la costa settentrionale della Francia, e nelle Isole Britanniche, la marea raggiunge alcuni metri di escursione: di gran lunga più ampia che nel Mediterraneo.

Il mio personale ricordo della marea è infatti assai più modesto: quando, intorno ai 10 anni, passavo intere giornate d'estate sulla spiaggia, a Ostia (allora Lido di Roma) potevo solo notare che in una secca a qualche decina di metri dalla riva, dove per es. la mattina “si toccava,” al pomeriggio non si toccava più, o viceversa.

Se dovessi dare una fenomenologia appena un po' completa delle maree dovrei occupare ben più di tre pagine, e non mi sento neppure competente a farlo. Fermiamoci quindi ad alcuni aspetti essenziali, che poi vedremo d'interpretare e commentare. Primo: le maree sono un fenomeno *approssimativamente* periodico, e in genere il periodo è di circa 12 ore e mezza. Ho detto "in genere" perché ci sono località dove le cose vanno diversamente, ma lasciamo correre.

Secondo: l'ampiezza della marea non è costante, ma oscilla fra un'escursione massima e una minima, che possono essere anche molto diverse, un fattore 2 o più. Il ciclo fra due massimi dura intorno a due settimane. Terzo: c'è un effetto "stagionale," che produce un aumento del massimo agli equinozi e una diminuzione ai solstizi. Quarto: l'alta marea non si verifica allo stesso momento, anche in luoghi relativamente vicini. L'effetto è nettissimo nei mari chiusi, ma c'è anche negli oceani. Ad es. sulla costa africana dell'Atlantico, tra Liberia e Marocco ci sono oltre 9 ore di sfasamento, nel senso che l'alta marea arriva a Rabat 9 ore dopo che a Monrovia. Nel nostro emisfero la marea gira sempre in senso antiorario. E non sarebbe finita, ma dobbiamo contentarci.

Che le maree abbiano a che fare con la Luna è stato capito da lungo tempo: infatti 12 ore e mezza è giusto la metà dell'intervallo fra due passaggi della Luna al meridiano. Credo che il tempo medio che intercorre tra il passaggio della Luna al meridiano e la successiva alta marea si chiami "ora di porto"; mi piacerebbe avere conferma o correzione di questo vago ricordo.

"[...] il flusso e riflusso delle maree [...] è causato dal Sole e dalla Luna. La marea sale due volte e scende due volte tra due successivi levarsi della Luna, sempre nello spazio di ventiquattro ore. [...] Ma la marea del giorno successivo non capita mai alla stessa ora di quella del giorno precedente."

Sembrerà incredibile, specie alla luce di quello che dirò dopo, ma questo è Plinio, *Historia naturalis*.

Dalla correlazione temporale era naturale far discendere una dipendenza causale (*post hoc, ergo propter hoc?*). Keplero attribuisce la marea a un "magnetismo" della Luna, che attirerebbe la materia terrestre ad essa simile. Non so come spiegasse il fatto che c'è un'alta marea anche dalla parte opposta alla Luna. Galileo nella quarta giornata dei *Massimi Sistemi* polemizza con Keplero:

"Ma tra tutti gli uomini grandi che sopra tal mirabile effetto di natura hanno filosofato, più mi meraviglio del Keplero che di altri, il quale, d'ingegno libero ed acuto, e che aveva in mano i moti attribuiti alla Terra, abbia poi dato orecchio e assenso a predomini della Luna sopra l'acqua, ed a proprietà occulte, e simili fanciullezze."

Galileo tenta di spiegare le maree come un effetto composto dei moti di rotazione e di traslazione (rivoluzione) della Terra. La spiegazione galileiana è assai ingegnosa, ma sbagliata; vale forse la pena di ragionarci un po' sopra. Dice G.:

“Due sorte di movimenti posson conferirsi ad un vaso, per li quali l’acqua, che in esso fusse contenuta, acquistasse facultà di scorrere in esso or verso l’una or verso l’altra estremità, e quivi ora alzarsi ed ora abbassarsi. Il primo sarebbe quando or l’una or l’altra di esse estremità si abbassasse [...] Ma [...] tal sorta di movimento non può attribuirsi alle concavità della medesima Terra, che sono i vasi contenenti l’acque [...] L’altra sorta di movimento è quando il vaso si muovesse (senza punto inclinarsi) di moto progressivo, non uniforme, ma che cangiasse velocità, con accelerarsi talvolta ed altra volta ritardarsi [...]”

G. passa poi a dimostrare che la combinazione dei moti di rotazione diurna e di rivoluzione annua della Terra fa sì che ogni parte della superficie terrestre si muova di un moto ora più veloce, ora più lento, a seconda che essa parte si trovi dal lato opposto al Sole o invece prospiciente il Sole. Ciò è certamente vero, anche se l’effetto è minore di quello che credeva G., che non disponeva di dati accurati sulla distanza Terra–Sole. Da qui in poi G. argomenta erroneamente, per diversi motivi. Anzitutto, se la velocità del “vaso” è maggiore durante la notte che durante il giorno, ne seguirà che dal giorno alla notte l’acqua verrà spinta indietro rispetto al moto orbitale della Terra, ossia verso Ovest. Ma di giorno, quando il vaso rallenta, l’acqua verrà sì spinta in avanti (sempre rispetto al moto orbitale della Terra); ma a causa della mutata posizione del vaso la spinta sarà ancora verso Ovest *rispetto al vaso*. Non si avrebbe dunque nessun “flusso e riflusso” dell’acqua nel vaso.

Aggiungiamo che la spiegazione di G. porterebbe a un periodo di 24 ore, non di 12; cosa che egli riconosce, ma cerca di superare attribuendo il più breve periodo alla combinazione con le oscillazioni proprie dell’acqua nel bacino chiuso, che possono essere assai più rapide. G. tenta poi di spiegare la variazione dell’ampiezza delle maree col ciclo lunare e la variazione stagionale; ma non mi sembra il caso di seguirlo nei suoi tentativi, che col senno di poi possiamo giudicare infruttuosi.

Prima di spiegare perché G. sbaglia, e che cosa mancava per capire le maree, vorrei osservare che una delle ragioni per cui egli non poteva avere successo in questo problema era la scarsità di dati a sua disposizione. Le maree nel Mediterraneo, come abbiamo già visto, sono assai modeste, ad eccezione che nell’Adriatico e specialmente a Venezia, dove — non dimentichiamolo — è ambientato il *Dialogo*. Lo stesso G. ci dice che l’escursione di marea a Venezia è di 5 o 6 piedi, mentre “nelle spiagge di Roma e di Livorno” non passa mezzo piede. La relativa piccolezza dell’effetto, e la sua variabilità da luogo a luogo, che G. rileva, sono forse la causa del fatto che egli non vedesse l’esistenza di una correlazione *sistematica* con la posizione della Luna. Non so se G. conoscesse Plinio, ma forse non se ne fidava. Non escluderei che vi fosse in ciò una propensione filosofica: poiché riteneva irragionevole un’influenza della Luna (di cui del resto a quel tempo nessuno avrebbe saputo indicare la causa) era portato a non dare

importanza ai dati che sembravano condurre in quella direzione. Bel tema per gli epistemologi, ma troppo grande per questa piccola rubrica.

Forse ho a questo punto un debito verso i lettori: spiegare perché mi sto soffermando sulle maree secondo G., quando sappiamo che la sua spiegazione è sbagliata. Il motivo è questo: che mi sembra un esempio assai istruttivo, per la storia della scienza, di ciò che accade, anche a un grandissimo come G., in una fase di transizione, in cui si sta creando del nuovo, ma l'innovazione non è ancora consolidata. G. usa correttamente il principio d'inerzia, quando dice che è solo la *variazione* nella velocità del vaso che può far muovere l'acqua; in altra forma, come *principio di relatività*, è lo stesso argomento che in tanti passi precedenti dello stesso libro ha magistralmente usato per dimostrare che non si può inferire che la Terra sia ferma dall'assenza di quegli effetti che Simplicio si aspetterebbe se essa si muovesse: nella caduta dei gravi, nel moto dell'aria, e via dicendo. E badate che non si tratta, nell'economia del *Dialogo*, di un punto secondario, ma del suo tema dominante. Eppure, quando si mette a parlare di maree, G. sembra dimenticare tutto ciò: se usasse correttamente e coerentemente il principio di relatività dovrebbe dire che anche agli effetti delle maree né il moto orbitale né la rotazione diurna possono avere alcun effetto.

Una precisazione: oggi sappiamo che nella meccanica newtoniana il principio di relatività si applica solo a moti *rettilinei uniformi*, mentre né il moto orbitale della Terra, né la sua rotazione diurna sono moti rettilinei (il moto orbitale poi non è neppure uniforme). In altre parole, la Terra si muove intorno al Sole di moto *accelerato*, e accelerata è anche la sua rotazione diurna. Questo G. non l'aveva ancora capito: resta in lui un residuo aristotelico, secondo il quale i moti circolari sono moti spontanei e ad essi si può applicare il principio di relatività. Vedremo forse in una prossima puntata come la relatività generale di Einstein abbia ripreso, in altro senso, questa idea.

Se per il momento trascuriamo l'accelerazione nel moto orbitale della Terra (il che è “per metà” giusto, come vedremo poi) e applichiamo quindi il principio di relatività, troviamo che dobbiamo preoccuparci solo della rotazione diurna. Questa è sì accelerata, ma l'accelerazione è diretta verso l'asse di rotazione terrestre, e ha per unico effetto, come sappiamo, un'apparente riduzione del peso dei corpi (in misura crescente dai poli all'equatore). Dunque le maree non si spiegano per questa via.

Bisognava arrivare a Newton, 60 anni dopo, per avere la spiegazione “giusta” delle maree, che occupa una parte non piccola dei *Principia*. Ma ormai lo spazio di questa puntata è finito, tenuto conto che debbo ancora parlare di altri argomenti che non hanno a che fare con le maree. Il seguito al prossimo numero.

Nella puntata scorsa ho scritto che il pedale destro della bicicletta è avvitato sulla pedivella con una vite sinistra, e ho anche aggiunto “come vi confermerà qualunque meccanico ciclista.” Avrei fatto meglio a interpellarlo prima, il cicli-

sta; ma ero così sicuro della mia teoria. . . È stato Carlo Madella a farmi notare che è vero l'opposto: il pedale che ha la vite sinistra è il sinistro. Carlo mi scuserà, ma io non mi sono fidato, e ho finalmente chiesto al mio ciclista, il quale ha confermato. Del resto con un po' d'attenzione il fatto si vede anche solo guardando il pedale, senza smontarlo.

Risultato: avevo ragione a metà: c'è un pedale con la vite sinistra, ma non è quello che dicevo io. E la spiegazione che avevo data del perché della vite sinistra? Era sbagliata: avevo dato importanza a una causa piccola, e ne avevo trascurata una più grande. È stato ancora a Carlo a darmi la spiegazione giusta, ma non posso riportarla qui: mi prenderebbe troppo spazio. Ho voluto raccontare questa storia, perché mi sembra che se ne possa trarre una bella lezione. . .

Per finire: immagino che i lettori si aspettino una qualche replica da parte mia alla lettera di A. Drago pubblicata sul numero scorso (che ho visto, come gli altri lettori, solo quando ho ricevuto la rivista stampata). Il fatto è che a un mio discorso di carattere generale, nel quale il suo libro entrava solo indirettamente e per non più di mezza pagina, con inframmezzate altre citazioni e riferimenti ad altri autori, Drago replica con cinque pagine e mezza. Se dovessi mantenere la stessa proporzione, dovrei chiedere alla generosità della redazione non già il pur ampio spazio concesso a Drago, ma un intero numero tutto per me. Non credo che i lettori lo apprezzeranno.

Nel suo lungo discorso, che spazia per numerose divagazioni, Drago mi sottopone in più punti a una specie di esame, spesso anticipando anche le mie risposte e attribuendomi tesi che non ho mai espresso. Solo che io non sono uno studente obbligato a rispondere alle domande dell'esaminatore: non sono tenuto a stare al gioco, specie quando il gioco non è un "fair play."

Un solo esempio. Avevo scritto: "ditemi come si fa a ragionare di filosofia o di storia della scienza senza una conoscenza approfondita *dell'oggetto* di quella storia e di quella filosofia." Nella lettera di Drago la frase perde le parole che ho messe in corsivo, e in questa versione amputata viene citata più volte. Si può ovviamente dissentire dalla mia opinione, ma è chiaro quello che volevo dire: se si vuole parlare di storia o di filosofia della scienza, bisogna prima averne una conoscenza approfondita: della scienza, si capisce. Altrimenti, aggiungevo, c'è il rischio di fare solo chiacchiere. Tutta la polemica che Drago costruisce su quella frase manca l'obbiettivo, perché non è di me che sta parlando, ma di un avversario di comodo.

Detto questo, aggiungo che ci sono alcune considerazioni che Drago fa, sulle quali posso essere d'accordo; e alcuni problemi su cui ho forse opinioni diverse, ma che m'interessa discutere. Lo farò in un'occasione meno legata alla contingenza di una polemica con poco significato.