

# Scuola Officina



MUSEO DEL PATRIMONIO INDUSTRIALE DI BOLOGNA

numero **2** 2023

LUGLIO - DICEMBRE

anno XLII

ISSN 1723-168X  
Prezzo € 5,00



# Nuove tecnologie per vecchie abitudini?

## L'(auto)educazione in tempi di cambiamento climatico e chatGPT

PAOLA GOVONI, Dipartimento di Filosofia e Comunicazione, Università di Bologna

*Le immagini a corredo dell'articolo sono tratte dalla raccolta di planches di Arthur Morin, *Machine diverse* (Paris, s.d.). Morin è autore anche di *Lecons de mecanique pratique* (Paris, Hachette, s.d.), uno tra i più importanti manuali di meccanica pratica per l'istruzione tecnica della seconda metà del XIX secolo.*

■ Le sfide che stiamo affrontando sono impegnative e non si tratta di un luogo comune. Per la prima volta nella nostra storia evolutiva recente ci troviamo di fronte a problematiche potenzialmente pericolose per la civiltà, se non altro quella che abbiamo concepito in occidente dopo il secondo conflitto mondiale. Mi riferisco al problema ambientale e ai rischi insiti nelle potentissime tecnologie della cosiddetta intelligenza artificiale (I.A.).

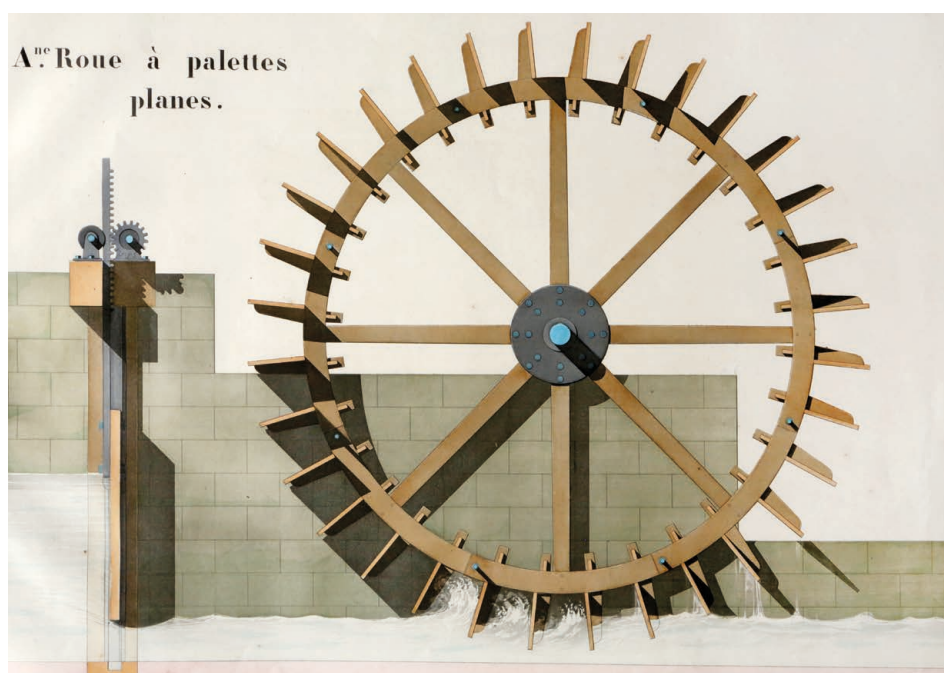
Scrivo questo breve intervento mentre l'Emilia-Romagna è colpita da un'alluvione terribile, ma che non stupisce nessuno di coloro che si occupano di questioni ambientali e cambiamento climatico avendo la sensazione di parlare al vento da decenni. Nelle stesse ore dall'altra parte dell'Atlantico, Sam Altman, amministratore delegato di OpenAI, il laboratorio di I.A. che ha messo a punto chatGPT, ha risposto davanti al Senato degli Stati Uniti al primo round di domande sul suo straordinario prodotto in un'audizione svoltasi in un clima surreale: Democratici e Repubblicani si sono trovati d'accordo su tutto al punto che, pare, si sarebbero complimentati gli uni con gli altri per il clima collaborativo. Brutto segno, significa che le

potenzialità di strumenti come chatGPT sono fantastiche e allo stesso tempo davvero pericolose: come e da chi sarà usato quel potere? Sarà sempre più facile, infatti, manipolare e orientare l'opinione pubblica in una direzione o in un'altra immettendo false notizie in rete sulle questioni più varie, politiche, economiche, sanitarie o altro, a seconda dei bisogni di singoli o gruppi.

Una regolamentazione del settore è indispensabile, ma non basta. Ognuno di noi deve sapersi difendere. Ma come? Come orientarsi in questa nuova realtà, fatta di innalzamento delle temperature (e dunque di siccità che si alterna a inondazioni) e di I.A.? In altre parole, in una realtà allo stesso tempo naturale, digitale e politica. La storia ci può essere di qualche aiuto a orientarci in questo presente così complicato per le nostre capacità cognitive, per indirizzarlo verso un futuro possibile? Queste domande portano sul tavolo in primo luogo, a mio parere, temi relativi alla formazione delle nuove generazioni. Giovani che dovranno essere pronte per un lavoro soddisfacente per sé e per la comunità in termini di sostenibilità: una sostenibilità che dovrà davvero essere tale, cioè ambientale, tecnologica e sociale, oltre che economica. Ne va della nostra civiltà, se non della nostra sopravvivenza come specie. Il cosiddetto "green washing" ha fatto il suo tempo.

### TUTTO COME PREVISTO

■ Il mondo scientifico denuncia in modo circostanziato almeno dagli anni Sessanta dell'Ottocento i problemi cui l'umanità sarebbe andata incontro distruggendo foreste, sterminando specie definite "nocive", bruciando combustibili fossili, consumando suolo e risorse naturali senza criterio, mentre cresceva demograficamente e spargeva immondizie – chimiche e non – ovunque. Qualcuno che ci avvisava del pericolo c'è sempre stato e fin dall'antichità, ma basterà richiamare alla memoria il capolavoro divulgativo del 1864 di George Perkins Marsh (1801-1882). Si tratta di un libro dal titolo piuttosto chiaro: *Man and nature, physical geography as modified by human action*, che fu ripubblicato in un'aggiornata edizione italiana nel 1872 (Firenze, G. Barbera) con un titolo altrettanto esplicito: *L'uomo e la natura. Ossia la superficie terrestre modificata per opera dell'uomo*. Marsh è vissuto a lungo in Italia, dove non è stato un viaggiatore privilegiato qualunque,





ma il primo ambasciatore degli Stati Uniti dopo l'unità politica del paese. Studioso riconosciuto a livello internazionale, ricercatore indipendente, Marsh ricopre un ruolo importante nella storia ambientale: una storia intrecciata, com'è ovvio, a quella delle tecnologie, dell'urbanizzazione e dell'impresa. Eppure, chi a scuola ha mai sentito parlare di questo signore? Quale sussidiario o manuale italiano parla di Marsh in relazione con lo sviluppo agricolo e l'industrializzazione, in così stentata diffusione nell'Italia tra Otto e Novecento? Il libro di Marsh è ricchissimo di esempi tratti dal contesto subalpino. Insomma, un libro che, senza trascurare i Dante, i Manzoni e i De Amicis, sarebbe stato perfetto da leggere a scuola perché – così come molti altri volumi in seguito – affronta quelle interazioni tra natura, società, tecnologie e mondo economico che avrebbero dovuto essere al cuore della formazione di ognuna o di noi, a prescindere dalla professione. Temi che, affrontati a scuola, avrebbero aiutato le e i giovani dell'ultimo secolo a capire che ogni gesto umano, personale, tecnologico o politico che sia, lascia un'impronta, per usare il nostro gergo, e va calibrato non soltanto all'inseguimento degli interessi immediati, personali o di pochi, ma di tutti, incluso l'ambiente e le altre specie. Agendo diversamente il conto, prima o poi, si paga. Il momento di pagare è arrivato.

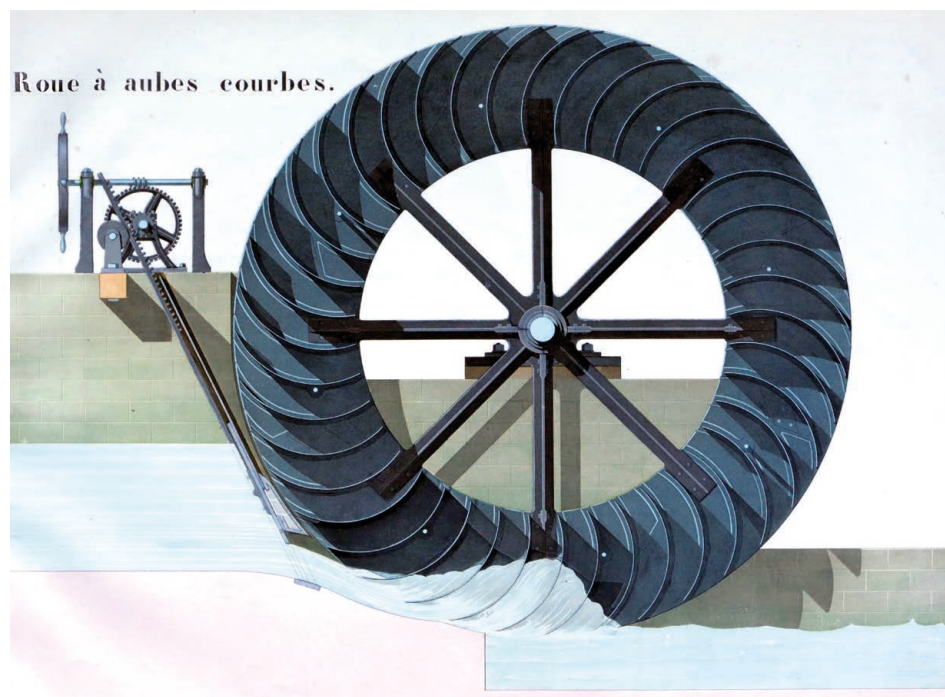
Per comprendere questi fenomeni sarebbe bastato studiare seriamente fin dall'infanzia un po' di scienze naturali e, in particolare, di evolucionismo, come auspicavano molti scienziati contemporanei di Marsh e Charles Darwin (1809-1882), oppure, pochi anni dopo, una scienziata femminista datasi alla pedagogia come Maria Montessori (1870-1952). Invece, ancora oggi usciamo dalla scuola sapendo chi scrivere un programma, chi il latino, chi formule fisiche e chimiche, ma senza sapere nulla di chi siamo da un punto di vista evolutivo. Senza avere la più pallida idea di che cosa significa il crollo della biodiversità

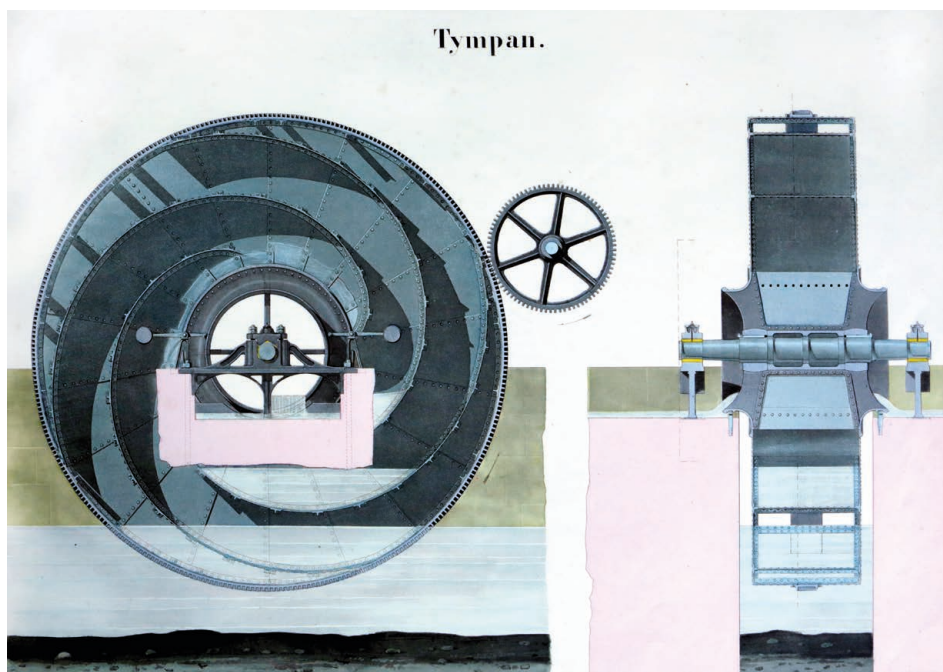
che abbiamo innescato negli ultimi secoli e che ora procede a velocità allarmante: la causa della pandemia da Covid 19, per intenderci.

Le conoscenze relative al funzionamento del "sistema" Terra, nel quale come specie siamo solo uno degli snodi, anche se certamente il più distruttivo, come mostrò Marsh molti anni fa, sono indispensabili per fare scelte intelligenti. Probabilmente, la domanda sulla quale dovremmo imparare ad allenarci fin dall'infanzia dovrebbe essere: ciò che sto per fare, che impatto avrà a medio e lungo termine sull'ambiente (aria, suolo, acqua), sugli altri umani e le altre specie? Attrezzati a scuola con un minimo di conoscenze naturalistiche, tecnologiche e, insieme, di cosiddetta educazione civica, l'allenamento a questo sguardo allargato potrà aiutarci ad adottare un atteggiamento inclusivo e a fare la scelta giusta perché le nostre azioni (incluse quelle rese possibili dall'I.A.) siano sostenibili non solo qui, ora, per me e il gruppo in cui mi riconosco.

## METODI O INCERTEZZA?

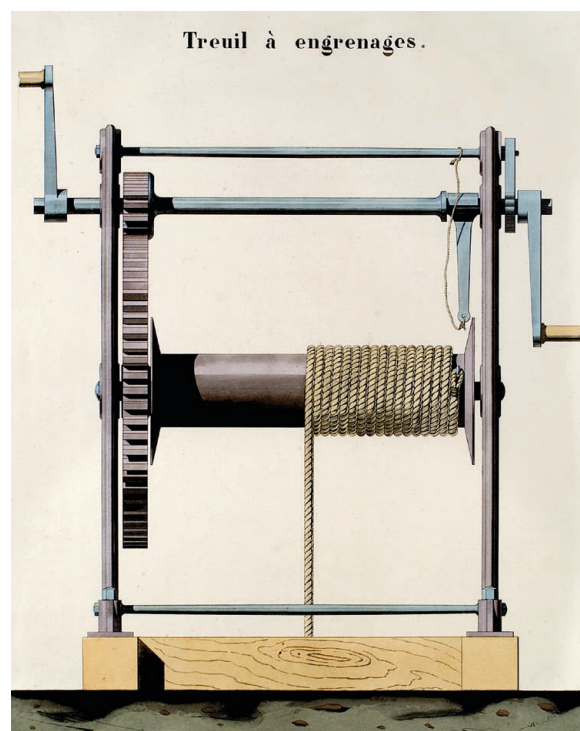
■ Per riuscire a usare in modo integrato saperi e conoscenze che ci consentano di evitare squilibri naturali e conseguentemente sociali peggiori di quelli già in atto, temo serva molta più domestichezza – e da parte di chiunque – con il sapere scientifico e tecnologico. Sono queste le culture, che non solo rendono possibile ormai ogni attività umana, ma che possono aiutare a orientarci, per quanto possibile, su una Terra sempre più imprevedibile. Il problema è che questi saperi attirano poche i giovani rispetto al bisogno che ne abbiamo. E a ragione: la scienza e la matematica a scuola – soprattutto in Italia, a giudicare da molte ricerche – sono ancora troppo spesso insegnate in modo noioso, teorico e mai sperimentale e, di conseguenza, privo di fascino. Soprattutto, sono decontestualizzate, come se non fossero saperi e pratiche nelle quali s'impegnano persone situate nel tempo, nello spazio, nella cultura e nella società, persone con un corpo, persone in lotta per la credibilità e l'affermazione.





La scienza a scuola è ancora troppo spesso praticata, come già denunciava un fisico teorico e premio Nobel come Richard P. Feynman (1918-1988), seguendo manuali (o programmi ministeriali) più o meno improbabili. Manuali inutili se pensati in relazione ai contesti che studentesse e studenti si trovano e sempre più si troveranno a vivere. In altre parole, una scienza che sembra avulsa dalla storia e dalla società che l'ha prodotta, orientata e usata in un modo piuttosto che in un altro. Dovremmo saperne di più di scienza e tecnologia così come della loro storia, sociologia e antropologia.

Conoscere la matematica non significa risolvere gli esercizi del libro e prendere un buon voto: per far questo bastano le macchine. Lo ricordava molti anni fa una

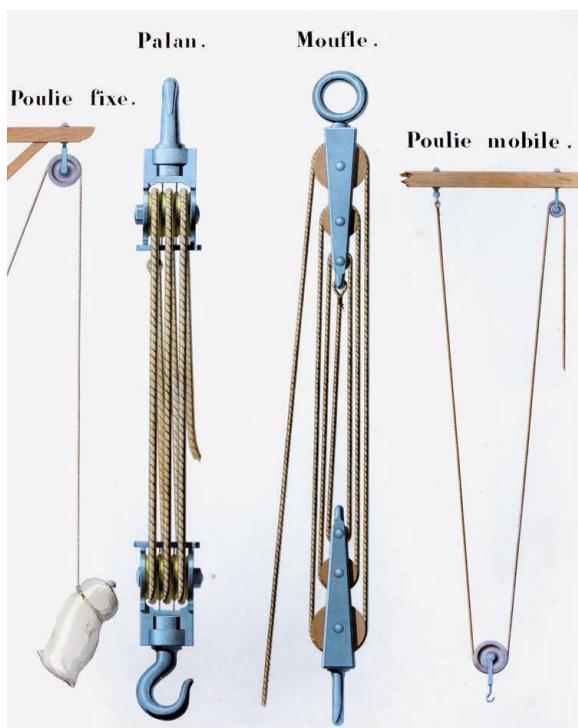


matematica e pedagoga straordinaria come Emma Castelnuovo (1913-2014). Conoscere significa saper adattare e innovare ciò che sappiamo a contesti – digitali e non – in continuo cambiamento. Significa saper usare ciò che sappiamo – si tratti di storia, antropologia o matematica – per risolvere problemi. Significa saper aggiornare le nostre mappe in base alle domande sempre diverse che ci si presentano, mantenendo viva la creatività e la curiosità che animano ogni umano alla nascita. Significa saper cercare e scegliere autonomamente dati e informazioni sapendo riconoscere le fonti più adeguate e meglio verificate per fare le nostre scelte. Scelte che, in certa misura, resteranno inevitabilmente scommesse.

La scuola e l'università sembrano spegnere, un giorno dopo l'altro, i "perché" tipici di ogni bambino o bambina: a provarlo sono i dati sull'abbandono scolastico (soprattutto maschile), in Italia molto gravi rispetto al resto d'Europa. Per non dire della bassissima percentuale di popolazione con una laurea che, ancora una volta, ci pone al fondo delle classifiche europee per giovani con un diploma di terzo livello. Spegliamo i perché dei bambini a suon di "mystic formula", come avrebbe detto Feynman, in nome di saperi paludati e conformisti: quei "metodi scientifici" (l'equivalente del "politicamente corretto" in scienze sociali e umane) che sono la nostra difesa dalla complessità: una complessità che ci spaventa. E giustamente.

"To learn a mystic formula for answering questions is very bad", affermava Feynman. Imparare formule per rispondere a domande su come funziona un fenomeno naturale, ormai sempre anche intrinsecamente digitale oltre che sociale, serve a mantenere oliato un sistema educativo che, è evidente, non serve a formare gente (che magari si occuperà di politica) capace di lavorare in team con obiettivi comuni, oltre che personali e di gruppo. Giovani capaci di saper dire "no" al sentito dire come al principio di autorità. Capaci soprattutto di saper dire "no" alle scorciatoie ambigue, quando non disoneste, perché nell'interesse di una parte e a scapito di altre o, peggio, a scapito dell'ambiente. Carl Sagan (1934-1996), astronomo e straordinario comunicatore, in una intervista del 27 marzo 1996, che pare sia stata l'ultima prima della sua morte prematura, affermò: "Abbiamo organizzato una società basata sulla scienza e sulla tecnologia, nella quale nessuno capisce nulla di scienza e tecnologia. Questa miscela infiammabile di ignoranza e potere, prima o poi, esploderà in faccia a tutti noi. Chi gestisce la scienza e la tecnologia se le persone non ne sanno nulla [...] La scienza è più di un insieme di conoscenze, è un modo di pensare, un modo di interrogare con scetticismo l'universo con una profonda comprensione della fallibilità umana. Se non siamo in grado di porre domande scettiche per interrogare coloro che ci dicono che qualcosa è vero; se non siamo scettici nei confronti delle autorità, allora siamo a disposizione del prossimo ciarlatano, politico o religioso che passa di lì" (traduzione dell'autrice).

Si tratta di un punto di vista condiviso da molti scienziati che si sono impegnati in ambito educativo e comunicativo. Certamente lo avrebbe condiviso Richard P. Feynman, grande fisico teorico noto come divulgatore divertente e fuori dagli schemi, ma anche convinto collaboratore del progetto Manhattan: l'impresa scientifica e politica che, in risposta alle folli derive ideologiche e criminali europee, ha traghettato l'umanità dentro l'incubo atomico con il quale ci confrontiamo di nuovo da un anno. Un personag-



gio scomodo, Feynman, che non ci concede di indulgere a una facile eroizzazione. Al contrario, ci costringe a confrontarci con la responsabilità sociale dell'esperto e con la contraddittorietà umana. Ci costringe a confrontarci con la nostra storia e con la nostra natura conformista. Tutte questioni indispensabili per allenarci in quei processi di costruzione di quel pensiero scettico di cui parla Sagan nell'intervista citata. Uno scetticismo che, com'è ovvio, non è quello di chi rifiuta la conoscenza in nome di "opinioni" personali o condanne di circostanza. È uno scetticismo che si nutre di conoscenza guadagnata faticosamente sul campo e mai accettata preconfezionata.

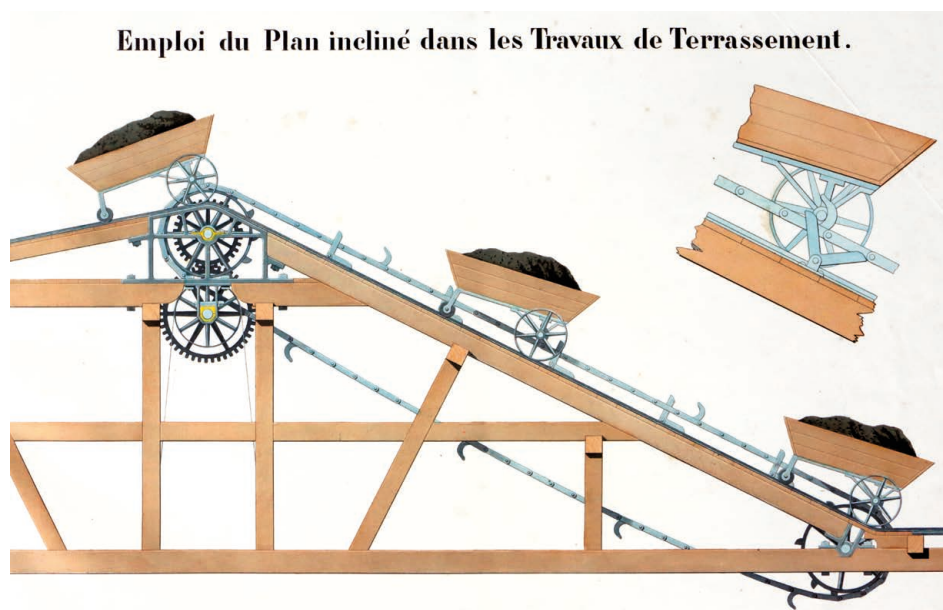
Il problema è che procedere in quel modo significa, non solo fare molta fatica, ma rinunciare alle pseudo certezze di certa scuola e università che si nutrono di letteratura rassicurante. Nell'illusione di difendere la scienza dalle derive antiscientifiche (una paura che condivido), la si descrive ancora troppo spesso in modo irrealistico come cultura avulsa dal sociale, dalla storia, dalla biografia di chi la pratica. Una cultura che, in questo modo, è raccontabile come sapere dei modelli e dei metodi che portano, per tentativi ed errori, a verità. Quelli sono solo una parte della questione. Le "verità" in ambito scientifico, citando ancora Feynman, non possono che essere "temporaneamente vere". Le ideologie – laiche o religiose che siano – sono le culture della certezza, la scienza è la cultura dell'incertezza. Nel 1981, intervistato dalla BBC, egli afferma a questo proposito: "Posso convivere con il dubbio, l'incertezza e il non sapere. Penso che sia molto più interessante vivere senza sapere che avere risposte che potrebbero essere sbagliate. Se solo permettiamo che, man mano che progrediamo, rimaniamo incerti, lasceremo opportunità per le alternative. Non ci entusiasmeremo per il fatto, la conoscenza, la verità assoluta del giorno, ma rimarremo sempre incerti... Per progredire, bisogna lasciare socchiusa la porta dell'ignoto".

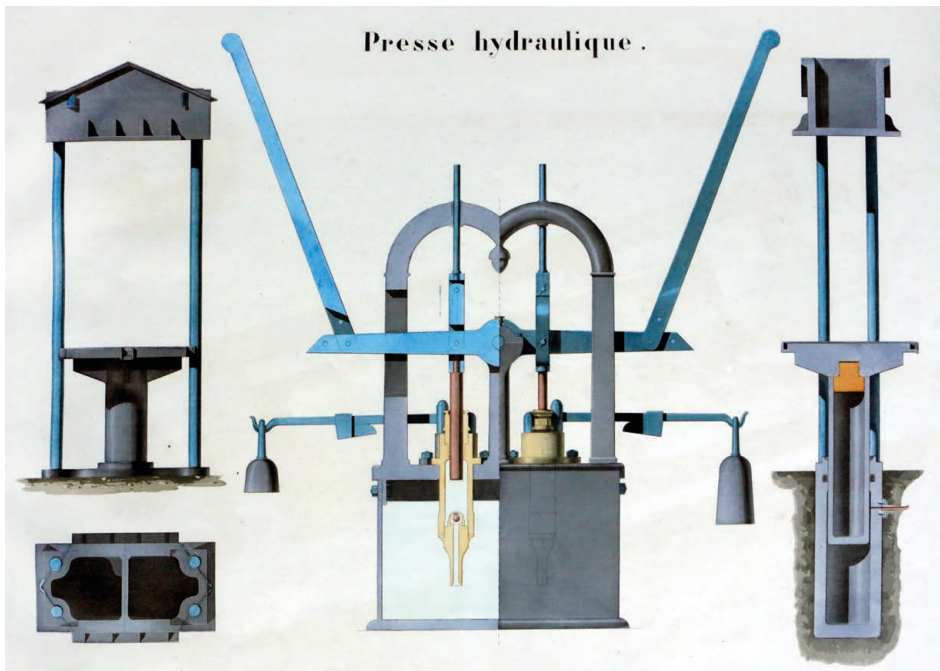
Questo intende il fisico quando afferma che la scienza è "credere nell'ignoranza degli esperti". Che non significa

accettare il punto di vista di chi ritiene la Terra piatta, ma essere consapevoli di ciò che Sagan chiama "profonda comprensione della fallibilità umana". Per saper navigare in quella fallibilità e allo stesso tempo progredire, cioè per non rinunciare a conoscere e innovare, bisogna accettare la sfida dell'incertezza. Accettare le sfide che i contesti in cui ci muoviamo ci pongono: una capacità che la nostra specie ha saputo sviluppare piuttosto bene, ma fino a un certo punto della sua storia. Le cose hanno iniziato a cambiare quando ci siamo illusi di poter dominare altri umani e la natura: un errore di valutazione imbarazzante per una specie che dal Settecento si autodefinisce "sapiens". Ritengo che dovremmo allenare le giovani generazioni – e noi con loro – a una scienza che continuamente ci richiama alla necessità di conoscere, ma allo stesso tempo mette in dubbio la conoscenza acquisita, perché sempre

NEW TECHNOLOGIES FOR OLD HABITS?  
(SELF)EDUCATION IN TIMES OF CLIMATE CHANGES AND CHATGPT

Due to the very fast development of new AI technologies, such as ChatGPT, both a new form of regulation and a pedagogical/educational reflection on the acquired skills and knowledge are becoming more and more urgent, in order to understand how such skills and knowledge work and their impact on our lives. Therefore, we must establish a connection between AI issues and climate change issues as a consequence of human activities and, in the wake of several scientists from the last two centuries, base scientific research on a questioning attitude, which can allow us to orientate ourselves through the increasing number of traps of current information.





a rischio di errori e pregiudizi. Anche perché è questa la scienza interessante, bizzarra e fatta di creatività, anche sociale e politica, che può attirare chi è giovane. Una scienza da costruire e orientare.

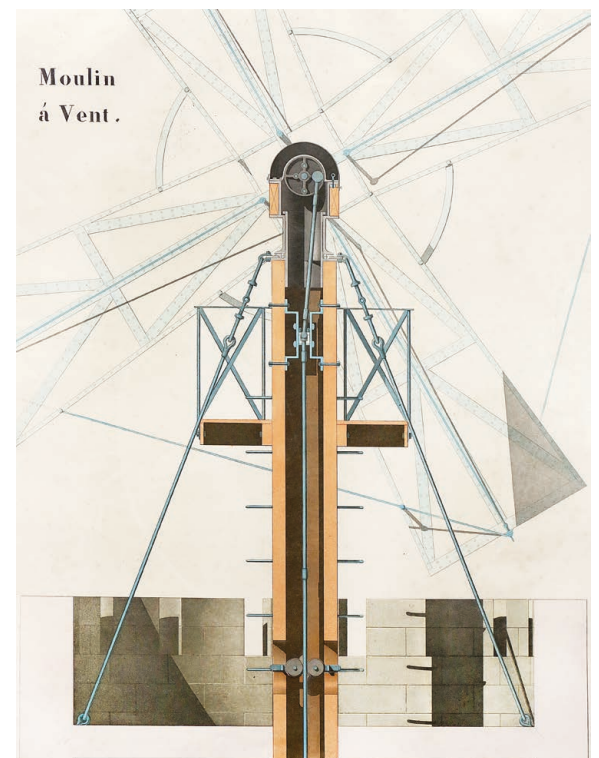
Soltanto in occasione della pandemia ci si è accorti dell'incertezza nella quale la migliore scienziata e il più lucido degli scienziati brancolano di fronte a un fenomeno nuovo. Se fossimo state-i allenate-i a ragionare su una scienza come struttura sociale portante, che dobbiamo difendere e sostenere, ma allo stesso tempo come cultura dell'incertezza, invece di gridare allo scandalo perché nessuno aveva risposte certe di fronte a un fenomeno nuovo di quella portata, avremmo aperto internet e cercato autonomamente qualche risposta. Avremmo confrontato i diversi pareri e certamente capito qualche cosa di più rispetto ad aspettare "verità" dal sacerdote mediatico o politico di turno, come avvisava Sagan. Se la scuola e l'università ci allenassero a leggere cose interessanti interrogandole in modo autonomo, forse, continueremmo a leggere. Ci sarebbe così capitato di incrociare le decine di scienziate o scienziati e insieme straordinari narratori che da Marsh a Rachel Carson (1907-1964) in poi hanno richiamato l'attenzione sulla necessità di non distruggere gli equilibri tra vivente e non vivente. Nessuno di quegli esperti aveva la sfera di cristallo in grado di dirci, nei dettagli, come e dove si sarebbe verificato il problema. Ma ci hanno offerto moltissimi dati e argomenti convincenti che avrebbero potuto aiutarci a scegliere – come società – un'altra strada rispetto a quella del mito della crescita infinita: un controsenso non solo da un punto di vista evolutivo, ma anche fisico, in un sistema chiuso come la Terra. Per procedere mantenendo qualche equilibrio tra lo scetticismo di Sagan, l'incertezza di Feynman e una conoscenza faticosamente guadagnata ponendo a confronto dati e punti di vista diversi, abbiamo bisogno, è evidente, di una formazione che sia scientifica quanto umanistica e sociale. Le domande sull'umano sollevate dalla letteratura, dalla poesia e dalla filosofia, gli esempi e i dati che ci offrono la storia, la sociologia e l'antropologia ci sono indispensabili quanto la scienza.

Si tratta di approcci integrati che, a mio parere, è necessario portare a scuola perché entrino con più decisione in seguito nel mondo del lavoro, qualsiasi esso sia. Servono donne e uomini creativi da un punto di vista tecnoscientifico quanto politico in senso ampio, giovani che sappiano usare gli strumenti straordinari di cui disponiamo. A partire da quelli offerti da quell'I.A. che giustamente ci deve spaventare: per questo è indispensabile iniziare a conoscerla a scuola.

## COSA SERVE PER USARE CHATGPT?

■ Queste considerazioni seguono un incontro organizzato dal Museo del Patrimonio Industriale per mettere in dialogo mondo della scuola, dell'università e dell'impresa. In quell'occasione ci si è chiesti: "Come aiutare ragazze e ragazzi a non cadere vittime delle molte trappole di cui è disseminato il mondo, digitale o meno che sia?". Com'è ovvio, non ho risposte e, come chiunque, navigo a vista. Ma su una questione non ho dubbi: non possiamo pensare di tentare (inutilmente) di tenere il mondo dei social e delle chatbot fuori dalla scuola. I telefonini devono essere alleati della scuola.

Già nel 2008 Chris Anderson (1961-), scienziato di formazione, in seguito giornalista scientifico e imprenditore, quando era direttore di "Wired" (un giornale divulgativo interessante e divertente da leggere in classe) ricordava la famosa affermazione del noto statistico inglese George Box (1919-2013): "All models are wrong, but some are useful". L'articolo di Anderson s'intitolava *La fine della teoria. Il diluvio dei dati rende il metodo scientifico obsoleto*. I modelli, le equazioni, le teorie non sono più strumenti sufficienti (sempre ammesso che lo siano mai stati, come sembrerebbe dimostrare molta della letteratura autobiografica di esperti e esperte dell'ultimo secolo) per aiutarci a capire il mondo. "Wired" già molti anni fa invitava a ragionare sul fatto che i dati che aziende come Google, oppure oggi OpenAI,



mettono a disposizione di chiunque hanno cambiato la scienza e, conseguentemente, la nostra prospettiva sul mondo. Imparare a non perdersi in quel mondo è indispensabile per chiunque: dove iniziare a farlo se non a scuola? Per saper usare gli strumenti che la tecnologia – apparentemente gratis – ci mette a disposizione, più che conoscenze scientifiche, servono consapevolezza storiche e sociali. Le “mystic formula” non servono a navigare nei big data che sono intrinsecamente e sempre anche dati politici, informazioni da cui ogni giovane – e ogni adulto – è travolto appena guarda il telefonino la mattina.

Di fronte a questa realtà, molti pensano di risolvere negando l'evidenza, altri trincerandosi in un passato mitico mai esistito, altri ancora, al grido di “non è nelle mie competenze”, demandano alla famiglia. Il problema, naturalmente, è lo stesso di sempre: quando la famiglia non c'è (e accade spesso e non solo per ragioni economiche), i giovani non hanno nessuno accanto che navighi con loro in quell'oceano. E i dati sul disagio e l'abbandono scolastico sono lì a testimoniare di quella solitudine.

Si tratta di questioni che chi ha la responsabilità della formazione delle nuove generazioni non può evitare di affrontare in classe, si tratti di scuola o università: scuola e università che molto di più di quanto non accada ora dovrebbero lavorare in sinergia con il mondo del lavoro, magari attraverso la mediazione di luoghi di educazione cosiddetta “non formale” come il Museo del Patrimonio Industriale. Ma non nell'interesse di una parte, nell'interesse dell'ambiente: non c'è altra scelta.

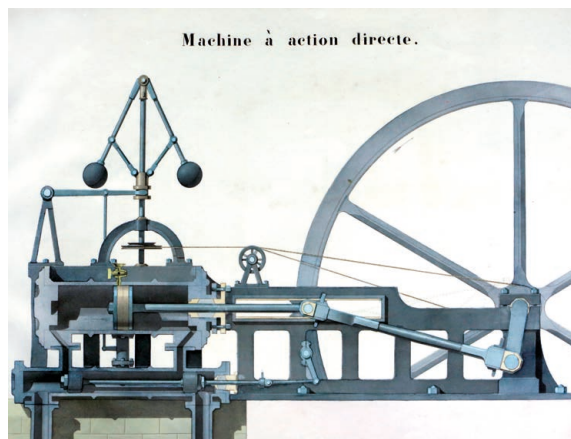
Con quali strumenti affrontare questi temi? Forse, procedere per domande resta una delle soluzioni possibili, come Montessori, Feynman, Castelnuovo e Sagan e migliaia di altri scienziati educatori ci hanno invitato a fare nel tempo. Alimentando – e non spegnendo – quella curiosità che caratterizza i giovani umani.

Chiudo lasciando la parola a Feynman che nel 1966, a un meeting con docenti di scuola con i quali condivideva preoccupazioni che restano le nostre, affermò: “Sto cercando di ispirare gli insegnanti meno fiduciosi a riprendere speranza e autostima nel loro buon senso e nella loro intelligenza. Gli esperti che vi guidano potrebbero sbagliarsi. [...] Credo che viviamo in un'epoca non scientifica in cui quasi tutti i media come la televisione, i libri, ecc. sono privi di scientificità. Di conseguenza, c'è una considerevole quantità di tirannia intellettuale in nome della scienza”. La sfida che lanciava Feynman è quella di ogni adulto, non solo docente, alle prese con giovani: “È necessario insegnare sia ad accettare che a rifiutare il passato con una sorta di equilibrio che richiede notevole abilità. Solo la scienza, tra tutte le materie, contiene in sé la lezione del pericolo di credere nell'infallibilità dei più grandi insegnanti della generazione precedente”.

Nessuno di noi ha la ricetta su come mantenere quell'equilibrio. Ma aiuterà – a mio parere – ricercarlo “insieme” ai giovani, perché con i loro molti quesiti, dubbi e provocazioni, sanno più di noi offrire anche creatività e speranza per il futuro.

## Bibliografia

Anderson Chris, *The end of theory. The data deluge makes the scientific method obsolete*, in “Wired Magazin”, 23 giugno 2008; <https://pdodds.w3.uvm.edu/files/papers/others/2008/anderson2008a.pdf>



Feynman Richard P., *What is science?*, 15th Annual meeting of the National Science Teachers Association, 1966; poi in “The Physics Teacher”, 7, 1969, pp. 313–320; <https://DOI: 10.1119/1.2351388>

Feynman Richard P., *The pleasure of finding things out*, 1981-1982, intervista per la BBC, 23 novembre 1981; <http://www.bbc.co.uk/programmes/p018dvyg/clip>

Feynman Richard P., “*Sta scherzando Mr. Feynman!*”. *Vita e avventure di uno scienziato curioso*, Bologna, Zanichelli, 1988

Govoni Paola, Belcastro Maria Giovanna, Bonoli Alessandra, Guerzoni Giovanna, *Ripensare l'antropocene*, Roma, Carocci (in corso di stampa)

Marsh George Perkins, *Man and nature, or physical geography as modified by human action*, New York, Scribner, 1864; ed. it: *L'uomo e la natura. Ossia la superficie terrestre modificata per opera dell'uomo*, Firenze, Barbera, 1872

Sagan Carl, intervista, 27 marzo 1996; <https://www.youtube.com/watch?v=U8HEwO-2L4w>

Venturi Margherita (a cura di), *L'avventura del progetto IRRESISTIBILE. Insegnanti, studenti ed esperti a confronto su temi di ricerca d'avanguardia e aspetti della Ricerca e Innovazione Responsabile*, Bologna, Bononia University Press, 2018

