

Mach, Helmholtz e l'analisi dei suoni

Riccardo Martinelli

1. Percezione del suono e cultura musicale nell'Ottocento

Nella seconda metà dell'Ottocento il problema della percezione del suono viene affrontato da più parti con rinnovata energia, col risultato di imprimere al progresso delle conoscenze in materia un'accelerazione decisiva. Diversi fattori concorrono a favorire questa evoluzione. Da un lato, i progressi nella fisiologia e la nascita della psicologia sperimentale consentono di impostare la questione su basi radicalmente innovative. Ma vi è anche dell'altro. Frutto di una concezione pedagogica e culturale oggi sacrificata a un malinteso specialismo, una solidissima preparazione musicale teorica e spesso anche pratica caratterizza all'epoca molti filosofi e scienziati, favorendo lo sviluppo di un approfondito dibattito sui fondamenti della musica. Non per nulla nascono allora o si sviluppano in modo decisivo diverse discipline legate alla tematica: l'estetica musicale, la musicologia (*Musikwissenschaft*) e l'etnomusicologia vengono fondate all'epoca o vi raggiungono ragguardevoli progressi. Tutti questi fattori, in prospettiva più ampia, vanno letti sullo sfondo della civiltà musicale del tempo, che vede il massimo sviluppo del sistema tonale e la sua progressiva crisi, rilevabile tanto nella prassi artistica quanto sul piano teorico. Non stupisce dunque la messe di risultati ottenuti in un campo nel quale, per diverse ragioni, non si era ancora potuti giungere a quel genere letteralmente esemplare di chiarificazione analitica inaugurata nel campo dell'ottica dall'esperienza di Newton con il prisma. Il superamento di questo ritardo rende a sua volta possibili sviluppi insospettati nel campo della psicologia della percezione, che può finalmente avvalersi di preziose comparazioni tra i fenomeni visivi e uditivi: un fatto, questo, la cui novità e importanza sono difficilmente sopravvalutabili. Per queste ragioni, temi come la consonanza o la percezione del suono accompagnano costantemente il dibattito del tempo, costituendo un importante banco di prova

per le dottrine generali della sensibilità, seguendone gli sviluppi e in alcuni casi contribuendo alla loro insorgenza in maniera significativa¹.

La rilevanza di questa materia è dunque duplice: mentre sotto il profilo storico-scientifico vengono messe a punto e testate le più importanti e innovative metodologie grazie alla particolare manipolabilità sperimentale dei suoni, le ricerche sulle sensazioni di suono non sono tuttavia prive di importantissimi risvolti filosofici, che nel caso di Mach hanno a che fare con l'analisi delle sensazioni². In sintesi, nella seconda metà del XIX secolo lo studio scientifico sul suono progredisce avvalendosi da un lato delle più recenti ricerche di fisica e fisiologia acustiche e lavorando per di più in sinergia con la nascente psicologia sperimentale; dall'altro, queste ricerche retroagiscono a livello filosofico sulle teorie generali della percezione in un modo che va tenuto ben presente, se non si vuole ottenere un quadro incompleto o inaffidabile del panorama del tempo.

Nel presente contesto, l'attenzione è volta in modo particolare all'evoluzione del pensiero machiano su questo tema, ai suoi presupposti e alle sue conseguenze. Determinante a tal fine è comprendere l'atteggiamento di Mach verso l'opera di Hermann von Helmholtz, che rappresenta uno spartiacque nel dibattito del tempo. Notevole è infatti il progresso ottenuto con la prima edizione, del 1863, dell'opera *Die Lehre von den Tonempfindungen, als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, dove il riferimento alle sensazioni di suono (*Tonempfindungen*) emerge fin dal titolo³. Forte di una straordinaria competenza interdisciplinare, Helmholtz amalgama in una potente sintesi la totalità delle conoscenze in materia, apportando alcune integrazioni e innovazioni decisive⁴. Con questo, Helmholtz porta a compimento l'ambizioso progetto di integrare l'ottica fisiologica⁵ con la dottrina del suono, aprendo la strada per una teoria della percezione allargata a entrambi i sensi talora detti «superiori». Il grande

¹ Su questi aspetti si vedano A. Hui, *The Psychophysical Ear. Musical Experiments, Experimental Sounds, 1840-1910*, Cambridge, MIT Press, 2013; N. Moro, *Estetica trascendentale in musica: La psicologia del suono di J.F. Herbart e C. Stumpf*, Milano-Udine, Mimesis, 2012; R. Martinelli, *Musica e natura. Filosofie del suono (1890-1930)*, Milano, Unicopli, 1999; A. Serravezza, *Musica e scienza nell'età del positivismo*, Bologna, Il Mulino, 1996.

² Cfr. F. Ratliff, *On Mach's Contribution to the Analysis of Sensations*, in *Ernst Mach Physicist and Philosopher*, a cura di R.S. Cohen, R.J. Seeger, Dordrecht, Reidel, 1970.

³ Si vedano H. Helmholtz, *Über die physiologischen Ursachen der musikalischen Harmonie* (1857), in Id., *Vorträge und Reden. Zugleich dritte Auflage der «Populären wissenschaftlichen Vorträge» des Verfassers*, Braunschweig, Vieweg, 3a ed., 1884, vol. I, pp. 917-115; Id., *Die Lehre von den Tonempfindungen, als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, Braunschweig, Vieweg, 1863 (e successive edizioni).

⁴ Cfr. J. Kursell, *Epistemologie des Hörens. Helmholtz' physiologische Grundlegung der Musiktheorie*, Paderborn, Fink, 2018; S. Vogel, *Sensation of Tone, Perception of Sound, and Empiricism. Helmholtz's Physiological Acoustics*, in *Hermann von Helmholtz and the Foundation of Nineteenth-Century Science*, a cura di D. Cahan, Berkeley, University of California Press, 1994, pp. 258-287.

⁵ H. Helmholtz, *Handbuch der physiologischen Optik*, 3 voll., Leipzig, Voss, 1856, 1860, 1867.

interesse del giovane Mach per la teoria helmholtziana⁶ è segnato fin da principio da una caratteristica ambivalenza. Mach è senza dubbio un entusiasta ammiratore della *Lehre* e si adopera addirittura a divulgarne i contenuti presso musicisti e pubblico colto⁷. Altrettanto chiaramente, però, fin dagli anni Sessanta Mach avverte il bisogno di una riforma di alcuni punti tutt'altro che marginali. In questo percorso di sviluppo autonomo, Mach ricorre inizialmente al repertorio della psicologia di Herbart⁸; in seguito troverà soluzioni nuove e originali, dapprima di tipo fisiologico⁹, per raggiungere infine le soluzioni più mature¹⁰. Con il capitolo dedicato alle sensazioni di suono nei *Beiträge zur Analyse der Empfindungen*¹¹, anche nella versione ampliata e reintitolata *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen*¹², Mach influenzerà fortemente il successivo dibattito sulla percezione, non solo – né principalmente, come si vedrà – sulla percezione dei suoni.

Per le ragioni cui si è accennato, la trattazione inizierà con dei ragguagli essenziali in merito alla dottrina di Helmholtz (§ 2). Si procederà quindi a mostrare il ruolo, tutt'altro che marginale, che spetta all'analisi delle sensazioni di suono nel sistema di pensiero di Mach (§ 3), per concludere infine con alcuni cenni alla rilevanza della critica machiana per la storia della psicologia e della filosofia (§ 4).

2. La sintesi di Helmholtz

Il punto di partenza di Helmholtz è costituito da un'attenta considerazione dei fenomeni fondamentali di fisica acustica. Tutti i caratteri fenomenici dei suoni – altezza, intensità e timbro – possono essere spiegati sulla base dei caratteri fisici dell'onda sonora. L'altezza e l'intensità corrispondono, come noto da tempo agli studiosi, alla

⁶ M. Swoboda, *Physik, Physiologie und Psychophysik. Die Wurzeln von Ernst Machs Empirio-kritizismus*, in *Ernst Mach. Werk und Wirkung*, a cura di R. Haller, F. Stadler, Wien, Tempsky, 1988, pp. 356-403.

⁷ E. Mach, *Einleitung in die Helmholtz'sche Musiktheorie. Populär für Musiker dargestellt* (1866), rist. anast. Vaduz, Sändig Reprint Verlag, 1985.

⁸ E. Mach, *Zur Theorie des Gehörsorgans*, in «Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe», 48 1863, pp. 283-300.

⁹ E. Mach, *Bemerkungen zur Lehre vom räumlichen Sehen*, in «Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse», 51, 1865, pp. 343-346; anche in Id. *Populär-wissenschaftliche Vorlesungen*, Leipzig, Barth, 1900, pp. 117-123.

¹⁰ E. Mach, *Zur Analyse der Tonempfindungen*, in «Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse», 92, 1885; poi in «Vierteljahrsschrift für Musikwissenschaft», 1887, pp. 151-156.

¹¹ E. Mach, *Beiträge zur Analyse der Empfindungen*, Jena, Fischer, 1886, pp. 113-140.

¹² Per un'edizione critica dell'opera, più volte ristampata, cfr. E. Mach, *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen*, Berlin, Xenomoi, 2008; dell'edizione 1906 esiste la trad. it. *L'analisi delle sensazioni e il rapporto tra fisico e psichico*, Milano, Feltrinelli, 1975.

frequenza e all'ampiezza dell'onda; quanto al problema del timbro (*Klangfarbe*), invece, non si era ancora pervenuti a una trattazione soddisfacente¹³. È su questo punto che la teoria di Helmholtz risulta particolarmente incisiva e innovativa¹⁴. Il timbro di un suono naturale, come quello di un qualunque strumento musicale o della voce umana, non è un carattere ultimo e irriducibile del suono, ma è funzione della distribuzione e dell'intensità dei diversi suoni armonici parziali (*Obertöne*) superiori. Anche se di solito non vengono direttamente percepiti, essi si accompagnano sempre al suono fondamentale, concorrendo a costituire l'impressione timbrica caratteristica.

L'analisi del suono complessivo entro le componenti parziali non ha tuttavia luogo solo matematicamente, secondo quanto già stabilito dalla legge acustica di Ohm: con l'ausilio di un apparato sperimentale che sfrutta nel modo più appropriato il fenomeno della risonanza, Helmholtz mostra in primo luogo l'esistenza oggettiva degli armonici parziali dal punto di vista fisico. Egli è pienamente consapevole dell'importanza storica del principio scientifico che viene così a stabilirsi: «ogni singolo tono parziale esiste allora nel suono composto (*Klang*), che viene prodotto da un singolo strumento musicale, altrettanto e nello stesso senso in cui ad esempio i diversi colori dell'arcobaleno esistono nella luce bianca proveniente dal sole o da qualunque altro corpo che la irradia»¹⁵.

L'acustica fisica costituisce però soltanto il primo passo della dottrina delle sensazioni di suono: quale secondo passo, Helmholtz tributa la dovuta attenzione anche al suo aspetto psicologico, dove i risultati raggiunti in precedenza sembrano comunque confermati. Con uno sforzo dell'attenzione consapevole, confortato dall'esercizio, chiunque è infatti in grado di udire (o meglio «estrarre con l'udito»: *heraus hören*) gli armonici parziali entro un suono che inizialmente appare unitario, ad esempio quello di una certa nota al pianoforte. Questa convergenza tra i risultati dell'indagine fisico-matematica e quelli che emergono dall'analisi psicologica, evidentemente, non può essere frutto del caso. La capacità di effettuare l'analisi psicologica dei suoni si spiega nel più semplice e razionale dei modi se si assume che l'orecchio agisca esattamente come uno dei «risonatori» costruiti da Helmholtz per effettuare l'analisi fisica dei suoni¹⁶.

L'indagine fisiologica supporta quest'ipotesi: l'orecchio interno esibisce strutture (soprattutto le fibre della *membrana basilaris*) che ben si prestano ad entrare in risonanza con le vibrazioni trasmesse

¹³ H. Helmholtz, *Die Lehre von den Tonempfindungen, als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, 3a ed. Braunschweig, Vieweg, 1870, p. 36.

¹⁴ *Ibid.*, pp. 126, 563.

¹⁵ *Ibid.*, p. 81.

¹⁶ *Ibid.*, p. 72.

dall'orecchio esterno. Helmholtz paragona l'orecchio a un pianoforte utilizzato come strumento di risonanza:

Ora, se potessimo collegare ogni corda di un pianoforte con una fibra nervosa in maniera che tale fibra sia eccitata e avverta una sensazione ogni volta che la corda vibra, allora ogni suono complesso che raggiunge lo strumento susciterebbe – esattamente come in effetti avviene per l'orecchio – una serie di sensazioni perfettamente corrispondenti alle oscillazioni pendolari in cui il movimento originario dell'aria dovrebbe essere suddiviso¹⁷.

Nell'ipotesi di Helmholtz, ciascuna fibra di diversa lunghezza si attiva per una singola frequenza corrispondente, di modo che tra le componenti dell'onda complessa e il correlato fisiologico vi sia una corrispondenza puntuale. Helmholtz riesce dunque a estendere all'acustica il principio delle «energie nervose specifiche» enunciato in forma generale da Johannes Müller, il quale aveva mostrato come le differenze qualitative tra le sensazioni non dipendano dalla natura qualitativa degli stimoli, ma dalle proprietà specifiche dell'apparato neurale conduttore¹⁸. Il nervo ottico, cioè, trasmette sempre e comunque sensazioni di luce, anche qualora la stimolazione distale sia di natura chimica o meccanica, ad esempio ottenuta mediante una pressione dei pollici sui globi oculari. Nel presente contesto, ai fini della comprensione delle obiezioni di Mach, è importante sottolineare che nella dottrina delle sensazioni di suono Helmholtz radicalizza ed estremizza il principio delle energie specifiche. Anche le differenze qualitative *entro* il senso uditivo dipendono qui esclusivamente dai singoli fasci di recettori interessati dalla stimolazione. È il trionfo del principio descritto in modo efficace come «una fibra/una sensazione»: le differenze qualitative (ossia di altezza) tra i suoni, per Helmholtz, dipendono da *quali* singole fibre nervose vengono di volta in volta eccitate¹⁹.

Chiaramente, i cenni che precedono non hanno la pretesa di esaurire un discorso scientifico complesso come quello relativo alla dottrina helmholtziana, che non può essere ricondotto a un generico «riduzionismo» di marca positivista ma che considera invece con

¹⁷ *Ibid.*, p. 197.

¹⁸ J. Müller, *Handbuch der Physiologie des Menschen für Vorlesungen*, 2 voll. Coblenz, Hölscher, 1837-1840. Per questo aspetto, e per il rapporto di Müller con il pensiero di Kant in merito alla decisiva questione dello spazio, si vedano S. Poggi, Goethe, Müller, Hering und das Problem der Empfindung, in *Johannes Müller und die Philosophie*, a cura di M. Hagner, B. Wahrig-Smith, Berlin, Akademie Verlag, 1992, pp. 191-206 (p. 192); T. Lenoir, *The Eye as Mathematician. Clinical Practice, Instrumentation, and Helmholtz's Construction of an Empiricist Theory of Vision*, in *Hermann von Helmholtz and the Foundation of Nineteenth-Century Science*, cit., pp. 109-153 (pp. 112-121); E. Banks, *Ernst Mach's World Elements. A Study in Natural Philosophy*, Dordrecht, Springer, 2003, p. 99.

¹⁹ G. Hatfield, *Helmholtz and Classicism. The Science of Aesthetics and the Aesthetics of Science*, in *Hermann von Helmholtz and the Foundation of Nineteenth-Century Science*, cit., pp. 522-558 (p. 531).

attenzione gli aspetti psicologici ed estetici accanto a quelli prettamente fisiologici²⁰. Per riassumere quella che è la questione principale ai fini presenti, potremmo dire che Helmholtz rivoluziona gli studi sul suono e apre la strada a sviluppi in precedenza impensabili. Per far questo, però, egli paga un prezzo. In nessun altro campo il principio scientifico dell'analisi di un fenomeno complesso nelle sue componenti elementari viene adottato così radicalmente. Il suono viene scomposto sul piano fisico (oltre che matematico, naturalmente), fisiologico e psicologico in modo tale da rafforzare notevolmente il potenziale esplicativo della dottrina. Ma non ci dovremo stupire troppo di rinvenire nel dibattito successivo, accanto ai molti ammirati apprezzamenti, anche le voci di coloro che – pur senza abbandonare lo spirito delle scienze esatte, come Mach – dinanzi alla radicale analisi operata da Helmholtz avvertono anche un potenziale rischio e si adoperano a correggere certi esiti indesiderabili.

3. L'evoluzione della teoria di Mach

A titolo preliminare e prima di entrare nel merito dell'evoluzione del pensiero machiano, la critica di Mach può essere riassunta entro due punti capitali²¹. Anzitutto, opina Mach, la dottrina di Helmholtz è *anti-economica* (1). In secondo luogo, essa non sa rendere ragione delle invarianti che si presentano nel campo tonale (2). In entrambi i casi, è il paragone sistematico condotto da Mach con il senso della vista a illuminarci nella comprensione di quelli che reputa essere i punti deboli della concezione helmholtziana²².

(1) Per comprendere il primo punto si può muovere da un paragone con la *teoria dei colori*. Come è noto, ci sono colori detti «fondamentali» dalla cui mescolanza otteniamo tutti gli altri. Lo stesso Helmholtz (1856-67) ha dato fondamentali contributi al progresso della conoscenza in questo campo²³. Ora, ritiene Mach, anche per i suoni ci devono essere principi semplici, analoghi ai colori fondamentali. Non è ragionevole né tantomeno conforme all'economia di pensiero (*ökonomisch*) assumere, come fa Helmholtz, una singola energia specifica per ogni frequenza tonale. Helmholtz spinge insomma l'analisi delle sensazioni di suono troppo avanti: non resta alcun principio unificatore, e questo rende complesso accettare il dettaglio della dottrina helmholtziana.

²⁰ A. Serravezza, *Musica e scienza nell'età del positivismo*, cit., pp. 21-29.

²¹ R. Martinelli, *Musica e natura*, cit., pp. 48-50.

²² Entrambi gli argomenti sono già chiaramente formulati in E. Mach, *Beiträge*, cit., pp. 122, 128.

²³ R. Kremer, *Innovation through Synthesis: Helmholtz and Color Research*, in *Hermann von Helmholtz and the Foundation of Nineteenth-Century Science*, cit., pp. 205-258.

(2) Per comprendere il secondo punto occorre partire invece dal paragone con la teoria della *percezione dello spazio*. Questa presenta chiaramente alcune invarianti: le *figure*. Una figura (nell'esempio di Mach, la lettera maiuscola N) può essere rappresentata ad esempio nero su bianco oppure bianco su nero: dal punto di vista rigorosamente fisico si tratta di due oggetti completamente differenti, ma nella percezione quello che ci appare è *la stessa figura* al negativo²⁴. Ora, anche nel campo delle sensazioni di suono ci sono delle figure analoghe a quelle dello spazio, ad es. ritmiche, melodiche, ecc.: Mach chiama queste ultime «figure tonali» (*Tongestalten*)²⁵. Nella sua prospettiva, l'analisi delle sensazioni di suono operata da Helmholtz non riesce a rendere ragione di questo importante fatto.

Sotto il profilo storico, Mach porta queste idee a completa maturazione lungo un percorso che si snoda nel tempo attraverso alcuni decenni. Per meglio dire: i difetti della dottrina di Helmholtz (*pars destruens*) gli appaiono con chiarezza fin dagli anni Sessanta, mentre lo sviluppo degli elementi essenziali di una dottrina alternativa (*pars construens*) richiederanno un tempo maggiore e diversi tentativi in successione. È di questa vicenda che andremo ora ad occuparci analiticamente.

Distingueremo al riguardo due fasi principali, inframmezzate da una fase intermedia di transizione. Nella *prima fase* (1863) Mach fa riferimento a sensazioni supplementari di origine muscolare che interverrebbero nel processo. Poco dopo, in quella che chiameremo *fase intermedia* egli abbandona l'ipotesi delle sensazioni muscolari ma resta dell'avviso che si debbano cercare delle qualità uditive supplementari per spiegare i fenomeni sopra riassunti nei punti (1) e (2), ma dichiara di non essere in grado di individuarle. Infine, nella *seconda fase* (1885-86) Mach elabora una dottrina legata all'ipotesi di due qualità tonali di base – in analogia con i colori primari – e alla risonanza simpatetica nell'orecchio interno.

Il saggio del 1863 *Zur Theorie des Gehörsorgans* risale a un periodo in cui Mach è particolarmente influenzato dalla psicologia di Herbart, che conosce in dettaglio e con la quale si è confrontato per ciascuna delle questioni che gli stanno a cuore, inclusa quella qui in esame. Nel congedare le ipotesi a priori dell'estetica trascendentale kantiana, in effetti, Herbart aveva insistito sul fatto che il fenomeno della percezione spaziale non è spiegabile senza far riferimento alle

²⁴ E. Mach, *L'analisi delle sensazioni*, cit., p. 113. L'argomento, in origine, risale a J.F. Herbart, *Die Psychologie als Wissenschaft, neu gegründet auf Erfahrung, Metaphysik und Mathematik*, 2 voll. Königsberg, Unzer, 1824-1825, in *Sämtliche Werke, in chronologischer Reihenfolge*, Aalen, Scientia, 1989², vol. V, pp. 177-402, vol. VI, pp. 1-338 (il riferimento è al vol. II, p. 101). Sulla questione si vedano le osservazioni di E. Banks, *Ernst Mach's World Elements*, cit., pp. 52 ss.; pp. 71-72, che suggerisce un'influenza di Wundt sull'argomento machiano delle sensazioni muscolari.

²⁵ E. Mach, *L'analisi delle sensazioni*, cit., p. 251.

sensazioni muscolari che originano dai «movimenti oculari»²⁶. La sintonia di Mach con queste osservazioni herbartiane è facilmente documentabile: egli le sposa già in una comunicazione all'Accademia delle scienze di Vienna dall'esplicito titolo *Über das Sehen von Lagen und Winkeln durch die Bewegung des Auges*²⁷. Non stupisce dunque che due anni più tardi Mach provi ad applicare questo meccanismo al problema della percezione uditiva. Mach ritiene si debba applicare alle sensazioni una legge «simile a quella da tempo formulata da Herbart»: l'intera attività psichica può essere interpretata come «variazione dell'attenzione», e quest'ultima come correlato della tensione muscolare²⁸. Egli fa ora riferimento al muscolo *tensor tympani*, l'alternarsi dei cui moti di tensione e rilassamento fa sì che sia percepita l'intera gamma dei suoni: per i suoni più acuti, il muscolo si tende maggiormente, mentre si rilassa per i suoni gravi.

Due anni più tardi, nel 1865, Mach torna sul problema dello spazio nelle *Bemerkungen zur Lehre vom räumlichen Sehen*, testo poi ripubblicato nelle *Populär-wissenschaftliche Vorlesungen* (Lezioni scientifico-popolari). Qui la sua fiducia nelle potenzialità del *tensor tympani* appare meno granitica. Scrive Mach:

Come figure uguali ma di colore diverso producono uguali sensazioni muscolari, grazie alle quali si riconosce l'uguaglianza di tali figure, così dovremo necessariamente ritenere che tutte le forme in generale, e potremmo dire tutte le astrazioni, hanno fondamento in rappresentazioni di particolare qualità. Questo vale sia per lo spazio e per la forma come per il tempo, per il ritmo, per la tonalità, per la figura melodica (*Tongestalt*), per l'intensità ecc. Ma donde deriverà la psicologia tutte queste qualità? Non preoccupiamoci: si troveranno, come si sono trovate le sensazioni muscolari per la teoria dello spazio²⁹.

Mach non abbandona affatto le sensazioni muscolari, ma pare riferirle con certezza esclusivamente alla teoria della visione spaziale. D'altra parte, questo non comporta un arretramento rispetto alla linea intrapresa: si tratta di trovare quale altro meccanismo possa svolgere la funzione inderogabile precedentemente assegnata al muscolo tensorio del timpano.

La realizzazione di questo auspicio richiederà del tempo. Mach nel frattempo elabora una dottrina ad ampio raggio, si confronta tra le altre cose con la psicofisica fechneriana³⁰ e sviluppa le sue con-

²⁶ J.F. Herbart, *Die Psychologie als Wissenschaft*, cit., vol. II, p. 127.

²⁷ E. Mach, *Über das Sehen von Lagen und Winkeln durch die Bewegung des Auges*, in «Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe», 43, 1861, pp. 215-224.

²⁸ E. Mach, *Zur Theorie des Gehörsorgans*, cit., p. 297.

²⁹ E. Mach, *Bemerkungen zur Lehre vom räumlichen Sehen*, cit., p. 97.

³⁰ Sul tema si veda G. Wolters, *Verschmähte Liebe. Mach, Fechner und die Psychophysik*, in *Gustav Theodor Fechner and Psychology*, a cura di J. Brozek, H. Gundlach, Passau, Passavia Universitätsverlag, 1988, pp. 103-116.

cezioni filosofiche con maggiore ampiezza, giungendo a quella che conosciamo essere la sua matura dottrina dell'analisi delle sensazioni. In questo contesto, la dottrina delle sensazioni di suono svolge un ruolo non marginale per ragioni che ora appaiono evidenti. Un ventennio dopo la formulazione dell'auspicio che si sarebbe trovato il meccanismo preposto alla generazione delle sensazioni supplementari necessarie alla spiegazione dei fenomeni del senso uditivo, sarebbe uno smacco dover ammettere che l'operazione non è ancora approdata ad alcun esito. E difatti Mach ha trovato – o crede di aver trovato – ciò di cui è alla ricerca.

Il testo di riferimento, naturalmente, è rappresentato dai *Beiträge zur Analyse der Empfindungen* (1886) che poi, ampliato da nuovi capitoli, verrà ripubblicato col titolo *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen*. Già nella prima versione è presente un intero capitolo dedicato alle sensazioni di suono. Del resto, fin dall'anno precedente Mach era tornato sul problema in una comunicazione accademica, poi ripubblicata con il titolo *Zur Analyse der Tonempfindungen* in una rivista di musicologia³¹. Si può addirittura ipotizzare che Mach abbia dovuto attendere di avere in mano questo essenziale tassello – la teoria delle sensazioni di suono – per poter procedere alla pubblicazione della sua opera sulle sensazioni del 1886: e in effetti, Mach annunciava a William James l'imminente uscita dei *Beiträge* rinviandolo contestualmente al saggio del 1885³².

Ma in cosa consiste questa nuova dottrina di Mach? Per chiarire il punto torniamo ai due problemi individuati in apertura del presente paragrafo: il fatto che la dottrina di Helmholtz sia anti-economica (1), e che essa non sappia render conto delle invarianti (figure) del campo tonale (2). Le soluzioni prospettate da Mach sono le seguenti. Quanto al primo aspetto, ossia al numero più o meno elevato di energie specifiche (1) Mach propone di ammettere *due sole* energie specifiche tonali, che qualifica come *cupa (dumpf)* e *brillante (hell)*³³. Queste due qualità fondamentali dei suoni si mescolano tra loro, come fossero due colori primari. L'attraversamento della gamma dei suoni da parte dell'udito è dunque simile al graduale passaggio – per esempio – dal rosso puro al giallo puro attraverso tutte le sfumatu-

³¹ E. Mach, *Zur Analyse der Tonempfindungen*, cit.

³² Cfr. il resoconto di William James nella corrispondenza con Carl Stumpf: W. James, C. Stumpf, *Correspondence (1882-1910)*, a cura di R. Martinelli, Berlin, de Gruyter, 2020, p. 72. Contro questa ipotesi, a onor del vero, militerebbe la dichiarazione di Mach (*Zur Analyse der Tonempfindungen*, cit., p. 152) secondo cui la sua teoria dei suoni sarebbe stata da lui esposta già da un ventennio, ma non avrebbe ricevuto la dovuta attenzione da parte degli studiosi. Ma questa potrebbe essere una lettura eccessivamente auto-indulgente, da parte di Mach, che non tiene conto del passaggio dalla dottrina del tensore del timpano, poi ritrattata (E. Mach, *Beiträge*, cit., p. 124, *L'analisi delle sensazioni*, cit., pp. 246-247) a quella successiva, del tutto diversa.

³³ E. Mach, *L'analisi delle sensazioni*, cit., p. 244.

re dell'arancio³⁴. Per quello che abbiamo definito il problema delle invarianti (2), invece, Mach introduce le seguenti considerazioni. Anzitutto, il problema viene riportato alla sua forma più elementare, quella della *figura* composta di due suoni soltanto, ossia l'intervallo musicale. Mach osserva che ogni intervallo ha una sua coloritura emotiva particolare, e soprattutto una sua «sensazione caratteristica». In altri termini, c'è la sensazione del *fa* o del *re*, ma c'è anche la sensazione *dell'intervallo di sesta* – quello che conosciamo per es. dalle prime due note ascendenti (*fa-re*) del celebre *Brindisi* («Libiamo ne' lieti calici») dal primo Atto della *Traviata* di Giuseppe Verdi³⁵.

Ma da cosa deriva questa *sensazione di intervallo*? La spiegazione di Mach scorre tutta sul piano fisiologico. Il discorso si fa qui po' tecnico: è opportuno riassumerne la logica fondamentale senza eccedere nel dettaglio³⁶. Helmholtz, lo si ricorderà, aveva individuato nell'orecchio interno un sistema di fibre pronte a oscillare trasmettendo ciascuna la corrispondente «energia specifica», corrispondente a ciascuna altezza della gamma udibile: è la teoria una fibra/una sensazione. Facendo proprio questo argomento, Mach ammette che

(i) ognuna di queste fibre del recettore fisiologico oscilla in corrispondenza della sua frequenza di riferimento (n).

Egli però aggiunge ora³⁷ l'ipotesi accessoria che

(ii) per il fenomeno della risonanza simpatetica, tale recettore oscilla anche per frequenze corrispondenti a multipli ($2n, 3n, \dots$) e sottomultipli ($n/2, n/3, \dots$) di quella frequenza (n).

In questo secondo caso, però, la sensazione corrispondente non sarà identica a quella del primo, ma avrà una sua «coloritura» particolare frutto della sua eziologia derivata. Riportando il tutto entro uno schema tabellare semplificato rispetto a quello proposto da Mach³⁸, si ottiene:

recettori	frequenza	sensazione	coloritura addizionale
R	n	S	-
R	$n/2$	S + F'	F'
R	$2n$	S + F''	F''
...	
R'	n'	S'	-
R''	n''	S''	-

³⁴ *Ibid.*, p. 245.

³⁵ L'esempio è stato adattato. Mach (*ibid.*, p. 252) utilizza l'intervallo di *quarta*, esemplificandolo a partire dall'*ouverture* del *Tannhäuser* di Wagner, che però rischia di non essere immediatamente familiare all'odierno lettore italiano, almeno non quanto il *Brindisi* verdiano.

³⁶ E. Mach, *L'analisi delle sensazioni*, cit., p. 258.

³⁷ *Ibid.*, p. 257.

³⁸ *Ibid.*, p. 259.

Con l'ausilio di questo meccanismo Mach tenta di dare, in linea di principio, una risposta alla domanda lasciata in sospeso nel saggio del 1865, relativa all'origine delle sensazioni addizionali che consentono, in analogia con quanto avviene grazie ai movimenti oculari nel senso visivo, di spiegare le invarianti figurali del campo tonale³⁹.

4. Dall'analisi alla «Gestalt»

Qualche considerazione conclusiva va dedicata alla fortuna di queste tesi machiane. In generale, va detto che questo capitolo del volume di Mach non ha avuto particolare riscontro nella riflessione del tempo. Il principale destinatario, e cioè Helmholtz, non la tiene in alcun conto. La 4a edizione della *Lehre* appare nel 1877, dunque il tempo per inserire un commento o replica ci sarebbe stato. E persino nella sesta edizione del 1913 curata dall'allievo Richard Wachsmuth (come già la quinta, apparsa postuma nel 1895, essendo Helmholtz scomparso l'anno precedente), i pur ricchi aggiornamenti bibliografici del curatore non dedicano la minima menzione a Mach.

Le critiche, per contro, non mancarono. Nella sua breve quanto severa recensione dei *Beiträge*, Stumpf rigetta tanto le due energie specifiche – che corrisponderebbero, come i colori puri, agli estremi della gamma, rientrando dunque a loro volta tra i fenomeni che la teoria deve spiegare – quanto la «coloritura addizionale» il cui insorgere genererebbe una notevole confusione dell'ascolto di un brano musicale nella gamma intermedia dei suoni⁴⁰. Anche Brentano prende posizione nel lavoro *Von der psychologischen Analyse der Tonqualitäten*: a prescindere dal paragone cromatico proposto da Mach, la musica risulta di fatto come in «bianco e nero» nella sua proposta, perché il mondo tonale sarebbe dato dai sommarsi di due soli colori⁴¹. In generale, si può dire che la *pars construens* della dottrina machiana non riscosse un grande successo.

Ben diverso invece è il destino della *pars destruens* di Mach. Il riferimento qui non va fatto tanto alla lamentata anti-economicità della teoria di Helmholtz, vale a dire alla moltiplicazione delle energie specifiche. Soprattutto, è l'individuazione delle invarianti nel campo tonale ad essere in linea con tutta una psicologia anti-associazionista che nella generazione successiva guadagnerà un'importanza sempre maggiore. Su tutti basti citare il celebre *Über Gestaltqualitäten* di Christian von Ehrenfels (1890) il quale, pur partendo da Mach, giun-

³⁹ E. Banks, *Ernst Mach's World Elements*, cit., p. 101.

⁴⁰ C. Stumpf, *Rezension von: E. Mach, Beiträge zur Analyse der Empfindungen*, in «Deutsche Literaturzeitung», 27, 1886, pp. 947-948.

⁴¹ F. Brentano, *Von der psychologischen Analyse der Tonqualitäten in ihre eigentlich ersten Elemente* (1905), in *Untersuchungen zur Sinnespsychologie*, Hamburg, Meiner, 1979², p. 94.

ge ad esiti lontani dalle intenzioni di quest'ultimo, esiti tuttavia pur sempre preparati dalle osservazioni machiane⁴². Guardando oltre le «sensazioni» di suono e la relativa «analisi», si inizia a pensare alla percezione uditiva in termini di invarianti, figure, aggregati⁴³. Benché non privo di ironia, è estremamente istruttivo il fatto che l'opera più decisamente e rigorosamente votata all'analisi delle sensazioni – quella di Ernst Mach – sia stata tra i fattori alle origini dello sviluppo e dell'affermazione di un paradigma gestaltista in psicologia.

Abstract: Mach, Helmholtz, and the Analysis of Sounds

Mach greatly admired Helmholtz's 1863 book on tone sensations, which he popularized in Austria. However, Mach also suggested some amendment. In his view, Helmholtz was wrong in assuming that a single sensory energy corresponds to each different pitch. Initially, Mach explored an alternative physiological explanation, pointing at the role of muscular sensations. Subsequently, he envisaged a more sophisticated mechanism based upon supplementary auditory sensations. Insisting, against Helmholtz, that invariant patterns recur within auditory appearance, unexpectedly Mach ended by paving the way to gestalt approaches in psychology.

Keywords: Mach, Helmholtz, Tone sensations, Music perception, Gestalt psychology.

Riccardo Martinelli, Dipartimento di Studi Umanistici, Università degli Studi di Trieste, Via del Lazzaretto Vecchio 8, I-34123 Trieste, martinel@units.it

⁴² Ch. Ehrenfels, *Über Gestaltqualitäten*, in «Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie», 14, 1890, pp. 249-292. Cfr. S. Poggi, *Herbart, Mach, Ehrenfels*, in *Gestalt Psychology: its Origins, Foundations and Influence*, a cura di S. Poggi, Firenze, Olschki, 1994, pp. 3-19; K. Mulligan, B. Smith, *Mach and Ehrenfels: The Foundations of Gestalt Theory*, in *The Foundations of Gestalt Theory*, a cura di B. Smith, Munich, Philosophia, 1986.

⁴³ Cfr. G. Mitchell Ash, *Gestalt Psychology in German Culture, 1890-1967. Holism and the Quest for Objectivity*, Cambridge, Cambridge University Press, 1995; con particolare attenzione agli aspetti musicali cfr. R. Martinelli, *Musica e natura*, cit., pp. 145 ss.