

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA

CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA IN FILOSOFIA

XXVII CICLO

TESI DI DOTTORATO

Settore scientifico: M-FIL/02

MASSIMO DI CROCE

matricola n. S969433

***LA PROBLEMATICHE DELLO HOLE ARGUMENT, ALCUNE PROPOSTE DI
SOLUZIONE AD ESSA E L'ONTOLOGIA DELLO SPAZIOTEMPO***

COMMISSIONE ESAMINATRICE:

PROF. FEDERICO LAUDISA (UNIVERSITÀ DI MILANO)

PROF. GIOVANNI VALENTE (UNIVERSITÀ DI MILANO)

TUTOR: PROF. NINO ZANGHÌ (UNIVERSITÀ DI GENOVA)

«Sembra esserci un accordo unanime sul fatto che gli argomenti generali di ordine metafisico ed epistemologico a favore dell'assolutismo o del relazionismo hanno un interesse secondario, e che la loro utilità si limita a scopi storici ed euristici. Al loro posto troviamo un'ipotesi metafisica generale, secondo la quale *le entità reali sono esclusivamente quelle postulate dalla miglior fisica disponibile al momento* [corsivo mio], e un'ipotesi epistemologica per cui *le uniche distinzioni ontologiche significative sono quelle che la miglior fisica disponibile al momento è in grado di fare* [corsivo mio]. Il dibattito tra il relazionismo e l'assolutismo (o sostanzialismo), dunque, si riduce alla domanda: quale tra queste posizioni è favorita dalla fisica attuale? Rispondere a questa domanda richiede un grande impegno tecnico e concettuale, ma la domanda in sé è diventata, nella sua accezione filosofica [corsivo dell'Autore], relativamente semplice.»

Robert DiSalle, *Capire lo spazio-tempo – Lo sviluppo filosofico della fisica da Newton a Einstein*

«But mathematical formulae do not immediately yield up ontologies, and the most sweeping changes in theory are also the most subject to varied interpretation. We are still trying to come to grips with a theory introduced over 70 years ago: Einstein's general theory of relativity. Despite the striking mathematical clarity and beauty of the theory, it can be rather sibylline in its pronouncements about the ultimate furniture of the world.»

Tim Maudlin, "Substances and Space-Time: What Aristotle Would Have Said to Einstein"; corsivo mio.

INTRODUZIONE

Questo lavoro muove da un interesse del sottoscritto per la problematica della realtà e della natura dello spazio e dello spaziotempo. La questione dello *Hole argument*, situata all'interno della filosofia della fisica e dell'ontologia dello spaziotempo, riguarda pienamente tale problematica, per ciò che concerne lo spaziotempo della teoria della relatività generale. Lo *Hole argument*, ideato dai filosofi della scienza statunitensi John Earman e John Norton in un loro articolo del 1987 dal titolo "What Price Spacetime Substantivalism? The Hole Story", costituisce infatti un attacco ad una delle posizioni che, riguardo alla realtà ed alla natura di spazio, tempo e, successivamente, spaziotempo, si fronteggiano a partire dalla classica contrapposizione fra il relazionismo di Leibniz ed il sostanzialismo, o assolutismo, di Newton. L'argomentazione di Earman e Norton si conclude, infatti, con un dilemma con cui essi intendono costringere i sostenitori del sostanzialismo spaziotemporale o ad abbandonare la propria posizione, o a dover accettare una forma di indeterminismo nei confronti della teoria della relatività generale, da essi definito estremamente radicale, difficilmente ammissibile in quanto si impone a prescindere da qualsiasi ragione fisica e senza alcun fondamento empirico.

Se, al fine di comprendere la problematica dello *Hole argument* e il dibattito che intorno ad esso è sorto, situati nel contesto della teoria della relatività generale ed espressi nella terminologia riguardante gli oggetti e le strutture fisico-matematiche di tale teoria, l'attività di dottorato svolta dal sottoscritto (i cui studi precedenti erano nel

campo dei fondamenti e della filosofia della matematica) ha spaziato su una più ampia letteratura (riportata nella Bibliografia), il presente lavoro si è concentrato, oltre che, naturalmente, sull'articolo di Earman e Norton in cui lo *Hole argument* è stato presentato, su tre articoli, che costituiscono tre delle prime reazioni ad esso da parte, rispettivamente, di Tim Maudlin, di Jeremy Butterfield e di Carl Hoefer: "The Essence of Space-Time" del 1988, "The Hole Truth" del 1989 e "The Metaphysics of Space-Time Substantivalism" del 1996. Questi articoli hanno in comune di costituire una difesa della posizione sostanzialista, un tentativo di tenere insieme, nell'ambito della relatività generale, il sostanzialismo spaziotemporale con il determinismo, e sono le tre risposte allo *Hole argument* che si trovano citate nel recente testo di Tim Maudlin *Philosophy of Physics – Vol. I – The Arena: Space and Time* (al paragrafo "The Hole Argument" del capitolo sesto "General Relativity"), che ha costituito per me lo spunto, da parte del mio Tutor, per il progetto di ricerca svolto.

Il primo capitolo della tesi – "La problematica e i suoi background" – riflette particolarmente sia l'interesse del sottoscritto per l'ontologia dello spaziotempo, sia il suo sforzo (arrampicandosi, al fine di cogliere qualche seppur minimo elemento, sulle alture della geometria differenziale, non privo però, come esposto nella Relazione allegata, di un'apposita guida) di comprensione delle strutture e dei concetti fisico-matematici utilizzati nella teoria della relatività generale (varietà topologica, differenziale e riemanniana; diffeomorfismo; *drag along*; tensore; campo metrico; curvatura dello spaziotempo). Esso è articolato in quattro parti.

Nella parte iniziale, che compie una prima e basilare presentazione dello *Hole argument*, sia generale che strettamente "tecnica", ho cercato di intrecciare diversi aspetti e temi di esso e di individuare ed illustrare i presupposti fondamentali nella struttura generale dell'argomentazione, per un'adeguata comprensione della

problematica. All'interno di questa parte ho svolto anche una descrizione delle classiche concezioni di Newton e Leibniz circa la realtà e la natura dello spazio, esaminando la Corrispondenza tra Leibniz e Clarke ed evidenziando i passaggi di essa in cui vengono espresse le rispettive posizioni al riguardo.

Nella seconda parte, poi, ho inteso dare un'idea della problematicità del contesto nel quale la questione è posta, nel particolare senso che con gli elementi scientifici trattati nello *Hole argument* ci si trova di fronte ad oggetti (lo spaziotempo; le varietà e i loro punti, i tensori) la cui caratterizzazione, sul piano scientifico stesso, fisico, da un lato, e matematico, dall'altro, non appare univocamente fissata sotto l'aspetto della loro identità. Ho evidenziato due domande che mi sembra siano fondamentali riguardo all'ontologia dello spaziotempo (e che sicuramente fanno parte del mio percorso verso la comprensione di esso), con riferimento, rispettivamente, ad affermazioni sostenute da Einstein stesso ed alle parole, scritte per conto della *Spacetime Society*, del filosofo della scienza contemporaneo, particolarmente attivo nel settore dello spaziotempo, Vesselin Petkov. Ho colto ed evidenziato la natura complessa dell'identità degli oggetti matematici in gioco, secondo l'articolazione di essi in diversi livelli di astrazione, che rispecchiano lo sviluppo storico che la geometria differenziale ha avuto dall'epoca di Einstein agli anni Sessanta del secolo scorso nella direzione di un crescente livello di astrazione.

La terza parte intende poi fare alcuni accenni alla complessità e dinamicità dei rapporti fra le principali posizioni filosofiche in gioco – sostanzialismo, realismo e relazionismo – e del significato stesso di quelle posizioni, in particolare dal punto di vista della transizione dal contesto classico a quello riguardante lo spaziotempo.

La quarta, infine, vuole sinteticamente fornire, seppur senza pretesa di assoluta completezza, una sorta di “classificazione ragionata” delle risposte allo *Hole argument*,

basata su un'analisi dei presupposti di esso e che cerca di delineare l'essenziale delle varie posizioni.

Nel secondo capitolo – “Lo *Hole argument* di Earman e Norton” – svolgo un'esposizione critica dell'articolo dei due filosofi della scienza statunitensi "What Price Spacetime Substantivalism? The Hole Story", che cerca di individuarne i punti essenziali e i punti particolarmente problematici, esprimendo anche opinioni o impressioni mie, che riprendono problematiche delineate nel primo capitolo – quali cosa si possa intendere per sostanzialismo spaziotemporale – e che fanno riferimento alle distinzioni lì evidenziate riguardo a cosa lo spaziotempo sia. Nel capitolo vi è anche un breve accenno al contesto storico in cui l'articolo che ha presentato lo *Hole argument* appare. Sia in alcune considerazioni mie che nell'analisi di alcune questioni affrontate in questo capitolo mi avvalgo particolarmente dell'approfondimento svolto a livello matematico.

Il terzo capitolo – “La posizione di Tim Maudlin sulla problematica dello *Hole argument*” – è dedicato all'esposizione e all'analisi, con osservazioni critiche e considerazioni mie, della posizione che Maudlin esprime, principalmente in "The Essence of Space-Time" (1988), ma con qualche riferimento anche ad un altro suo articolo, “Substances and Space-Time: What Aristotle Would Have Said to Einstein” (1990). La risposta di Maudlin allo *Hole argument*, così come poi avverrà anche per quelle di Butterfield e di Hofer trattate nei due capitoli successivi, viene inquadrata all'interno dell'analisi dei presupposti generali affinché dalla molteplicità di modelli diffeomorfi della teoria della relatività generale si possa trarre la conseguenza dell'indeterminismo di essa che viene delineata nel primo capitolo, evidenziando su quale punto fa leva la sua soluzione al dilemma di Earman e Norton. La soluzione di Maudlin, come pure – di nuovo – , poi, quelle di Butterfield e di Hofer, viene

inquadrate anche rispetto alla collocazione della posizione dell'Autore riguardo alle distinzioni circa le fondamentali domande sull'ontologia dello spaziotempo poste nel primo capitolo. Circa a metà del capitolo, prendendo spunto da aspetti della posizione di Maudlin, compio una sorta di digressione, svolgendo alcune considerazioni, comunque collegate alla problematica dello *Hole argument*, sulla differenza fra il nuovo contesto dello spaziotempo in cui viene elaborata la teoria fisica a partire dall'unificazione di spazio e tempo in un'unica struttura quadridimensionale ed il precedente contesto dei sistemi di riferimento, in relazione all'aspetto assoluto o relativo di spazio e spaziotempo. Nella parte finale del capitolo dedico ampio spazio, anche in ragione del rilievo che esso ha in "The Essence of Space-Time", all'analisi di quello che Maudlin chiama il *permutation argument*, da lui individuato quale uno schema generale di argomentazione del quale lo *Hole argument* costituisce un caso particolare.

Il quarto capitolo – “La posizione di Jeremy Butterfield” – è caratterizzato da un'analisi, che aspira ad essere attenta e profonda, cercando di chiarirne significato e struttura logica, del complesso ed articolato lavoro in cui Butterfield affronta la problematica dello *Hole argument*, "The Hole Truth" (1989), e, come il precedente, anch'esso contiene, oltre all'esposizione dell'argomentazione del filosofo della scienza britannico, osservazioni critiche e considerazioni mie. Il capitolo parte da un confronto della posizione di Butterfield con quella espressa da Tim Maudlin un anno prima, alla quale, come si può constatare in "The Hole Truth", è fortemente connessa. Essendo peculiarità del tentativo di Butterfield di conciliazione di sostanzialismo e determinismo la sua analisi di quest'ultimo (nell'ambito delle teorie spaziotemporali) e la sua formulazione di una definizione precisa di esso (che – nota Butterfield – manca nel lavoro di Earman e Norton), nel capitolo cerco di spiegare quella complessa definizione. A partire da tale spiegazione, poi, e strettamente connessa ad essa, compio una breve ma

– credo – intensa digressione (che riprende un tema già evidenziato nel primo capitolo) sulla natura della relazione di identità fra gli oggetti fisico-matematici in questione, alla luce della teoria lewisiana delle controparti, “cuore pulsante” della posizione di Butterfield. Forse, guardando la struttura di questo mio capitolo, si può dire che esso risponde ad un’argomentazione di una certa complessità con una struttura in un certo senso complessa, nel senso che l’esposizione non si sviluppa in modo – per così dire – lineare, cioè che non spiega le cose in un ordine per cui ogni elemento introdotto è già stato chiarito, ma obbliga ad assumere qualche elemento (che verrà descritto successivamente) come non spiegato.

Il quinto ed ultimo capitolo – “La soluzione prospettata da Carl Hoefer” – esamina il modo di rispondere alla minaccia dello *Hole argument* da questi fornito nel suo articolo "The Metaphysics of Space-Time Substantivalism" (1996) ed è incentrato sulla interpretazione e sull’inquadramento della negazione dell’identità primitiva che Hoefer propugna, che costituisce l’elemento basilare della sua elaborazione. Cerco in esso di individuare il senso di tale negazione ed il modo in cui essa raggiunge l’effetto nell’ambito della problematica dello *Hole argument*. Le idee espresse da Hoefer circa l’identità primitiva vengono a costituire un suo principio di identità e di identificazione degli oggetti individuali attraverso mondi possibili e la valutazione critica che imposto circa l’applicazione di tale strumento ai punti spaziotemporali porta a riconoscere quella preminenza del campo metrico riguardo alla questione della natura dello spaziotempo, e di quale struttura matematica lo rappresenta, nocciolo della forma di sostanzialismo teorizzato da Hoefer (da lui denominata *metric field substantivalism*) e presupposto fondamentale della sua argomentazione. Giungo, da tale analisi, ad una riflessione di portata generale su tutta la questione dello *Hole argument* e molto critica rispetto ad un suo presupposto basilare: il senso dell’interpretazione attiva della covarianza generale.

Un breve commento, infine, sulle due citazioni in Epigrafe: vedo esse come rappresentative di due atteggiamenti di fondo diversi nello svolgere considerazioni ontologiche riguardo – nello specifico – allo spaziotempo introdotto con le teorie della relatività.

1 - LA PROBLEMATICA E I SUOI BACKGROUND

Lo *Hole argument* è presentato dai filosofi della scienza statunitensi John Earman e John Norton in un articolo apparso sul *British Journal for the Philosophy of Science* nel 1987 dal titolo “What Price Spacetime Substantivalism. The Hole Story”.

Se in questo articolo di Earman e Norton il riferimento a Leibniz e Newton ed al fondamentale contrasto fra le loro concezioni, note, rispettivamente, come relazionismo e sostanzialismo (o assolutismo), dello spazio – sulle quali dirò qualcosa fra poco – è esplicito e molto marcato, il contesto è quello delle moderne teorie spaziotemporali ¹, e, in particolare, quello della teoria della relatività generale, la nostra migliore teoria dello spazio e del tempo ², come osservano gli Autori.

La loro argomentazione elabora «un nuovo dilemma» ³ per i sostenitori della posizione sostanzialista (in "What Price Spacetime Substantivalism? The Hole Story", come anche generalmente nella letteratura ad esso susseguente, si trova il termine ‘sostanzialista’ e non ‘assolutista’⁴), non più dello spazio, ma, ora, dello spaziotempo, che da essi è presentata come riproponente, nel contesto delle moderne teorie spaziotemporali, la concezione newtoniana dello spazio e del tempo, caratterizzata dal vedere essi come entità dotate di esistenza autonoma, indipendente da corpi ed eventi, e non come “mere” relazioni fra questi.

¹ «the context of modern spacetime theories», Earman e Norton [1987], p. 516

² «our best theory of space and time, general relativity», id.

³ «leads substantivalists to a new dilemma», id.

⁴ Un esempio dell’uso di ‘assolutismo’, invece, lo troviamo in DiSalle (v. citazione in epigrafe).

Il precedente dilemma per i sostanzialisti (che Earman e Norton definiscono “The Verificationist Dilemma”⁵) era quello che riprendeva una delle obiezioni che Leibniz fece alla concezione newtoniana, cioè quella che criticava come assurda l’argomentazione che Dio potrebbe spostare tutti i corpi dell’universo di una stessa distanza ed in una stessa direzione nello spazio, mantenendo inalterate tutte le relazioni fra di essi, e in tal modo si sarebbe ottenuta una loro diversa collocazione rispetto allo spazio vuoto ed una situazione diversa, sebbene del tutto indistinguibile ad ogni osservazione. Tale idea, formulata dal sostenitore di Newton, Samuel Clarke (nella famosa Corrispondenza tra Leibniz e quest’ultimo, di cui parlerò fra poco) a sostegno della concezione dello spazio come entità reale esistente indipendentemente dai corpi in esso contenuti, che fu criticata da Leibniz (e che ha preso il nome di *Leibniz shift*), ha posto ai successivi sostanzialisti il seguente dilemma, particolarmente pressante in epoca di predominio neopositivistico: o accettare che vi siano stati di cose distinti, ma che nessuna osservazione può discernere, oppure abbandonare il sostanzialismo.

Il nuovo dilemma, invece, presentato, o meglio riproposto, da Earman e Norton (in quanto la problematica contenuta in esso fu, come richiamato dagli stessi autori, già individuata da Einstein con il suo *Lochbetrachtung* negli anni 1913-1914⁶) riguarda una particolare forma di indeterminismo, definita *radicale*⁷, sicuramente inaccettabile, che insorge all’interno della teoria della relatività generale, nella sua versione definitiva generalmente covariante del 1915-1916, per caratteristiche della teoria stessa, ma nella prospettiva di una concezione realista e sostanzialista dell’oggetto fondamentale di essa, lo spaziotempo.

⁵ V. Earman e Norton [1987], p. 522: “The Verificationist Dilemma” è il titolo del quarto paragrafo.

⁶ Più precisamente, seguendo Stachel, ““The Relations between Things” versus “The Things between Relations”: The Deeper Meaning of the Hole Argument”, dalla metà del 1913 alla metà del 1915 (cfr. Stachel, *cit.*, p. 231).

⁷ «a very radical form of indeterminism», Earman e Norton [1987], p. 516. Einstein parlava di violazione del principio di causalità.

Ma prima di entrare nel merito dell'esposizione del "nuovo dilemma", è sicuramente opportuna, data l'importanza, sul piano filosofico, del riferimento a Leibniz e Newton ed alle loro opposte concezioni dello spazio (così come, in maniera analoga, del tempo), una, seppur sintetica, descrizione di queste, che in qualche modo costituiscono rispettivamente – per così dire – i prototipi di tutte posizioni relazioniste e sostanzialiste che, riguardo allo spazio, al tempo, e poi allo spaziotempo, si sono in seguito succedute. Tale descrizione farà riferimento al famoso scambio epistolare intercorso fra Leibniz ed il sostenitore di Newton Samuel Clarke ⁸, cercando di cogliervi i punti salienti delle due opposte concezioni (senza entrare però nell'analisi delle rispettive argomentazioni, finalità che non rientra nell'ambito della presente ricerca) ed attingerà qualcosa anche dallo *Scholium* alle "Definizioni" dei *Philosophiae naturalis principia mathematica* di Newton.

Partendo proprio da qui, cominciando col descrivere la concezione dello spazio di Newton, criticata poi da Leibniz, in detto *Scholium* troviamo la ben nota caratterizzazione dell'inosservabile spazio "assoluto" newtoniano: «Lo spazio assoluto, per sua natura senza relazione ad alcunché di esterno, rimane sempre uguale e immobile; lo spazio relativo è una misura o dimensione mobile dello spazio assoluto, che i nostri sensi definiscono in relazione alla sua posizione rispetto ai corpi, [...]»⁹. A partire da questa nozione, Newton definisce poi, attraverso quella di luogo assoluto, definita sulla base di essa, la nozione di moto assoluto. Questi i suoi due passaggi in

⁸ *Leibniz-Clarke Correspondence*, Edited, with Introduction, by Roger Ariew, Hackett Publishing Company, Inc., Indianapolis/Cambridge, 2000

⁹ Newton [2008], p. 106. L'analoga definizione del tempo assoluto, al capoverso precedente dello *Scholium*, recita: «Il tempo assoluto, vero, matematico, in sé e per sua natura senza relazione ad alcunché di esterno, scorre uniformemente, e con altro nome è chiamato durata; [...]». Quanto all'aspetto dell'inosservabilità dello spazio assoluto, lo troviamo ribadito, qualche pagina dopo, al seguente passaggio: «E' difficilissimo in verità conoscere i veri moti dei singoli corpi e distinguerli di fatto dagli apparenti: e ciò perché le parti di quello spazio immobile, in cui i corpi veramente si muovono, non cadono sotto i sensi.».

merito: «Il luogo è la parte dello spazio occupata dal corpo, e, a seconda dello spazio, può essere assoluto o relativo.»¹⁰; «Il moto assoluto è la traslazione di un corpo da un luogo assoluto in un luogo assoluto, il relativo da un luogo relativo in un luogo relativo.»¹¹. Ulteriore caratterizzazione dello spazio assoluto, poi, sempre nello *Scholium* alle “Definizioni” dei *Principia*, viene significativamente fornita dal seguente passaggio, che riguarda l’ordine delle parti di esso: «Come è immutabile l’ordine delle parti del tempo, così lo è anche l’ordine delle parti dello spazio. Le si faccia uscire dai propri luoghi e sarà come se uscissero (se così posso dire) da se stesse. Infatti i tempi e gli spazi sono come i luoghi di se stessi e di tutte le cose. Tutte le cose sono collocate nel tempo quanto all’ordine della successione, nello spazio quanto all’ordine della posizione. È nella loro essenza essere luoghi: ma è assurdo che i luoghi primari siano mossi.»¹².

Né nelle parole di Newton dello *Scholium*, né nelle lettere del suo sostenitore Samuel Clarke che fanno parte della Corrispondenza citata sopra troviamo l’affermazione del cosiddetto “sostanzialismo” riguardo allo spazio – per così dire – “alla lettera”, cioè l’affermazione che lo spazio abbia natura di ‘sostanza’; anzi, in queste ultime, troviamo la negazione di ciò. Scorrendo tale Corrispondenza, infatti, si può, quale primo, indiretto, elemento in proposito, osservare il modo in cui si esprime Leibniz quando, nella sua Terza Lettera, attaccando la posizione newtoniana sostenuta da Clarke, scrive: «I have many demonstrations to confute the fancy of those who take space to be a substance *or at least an absolute being*.»¹³. La precisazione «or at least an absolute being» messa immediatamente dopo «space to be a substance» mi sembra infatti interpretabile come un indizio del fatto che Leibniz ritenesse che la posizione che egli

¹⁰ Newton [2008], p. 107.

¹¹ Newton [2008], p. 108.

¹² Newton [2008], p. 109-110.

¹³ Leibniz-Clarke Correspondence [2000], p. 14-15 (“Leibniz’s Third Letter”, sec. 5); corsivo mio.

stava contrastando non era nettamente caratterizzata dal concepire lo spazio appunto come sostanza. Ma, al di là di questo – forse discutibile – indiretto indizio, nella Terza Risposta di Clarke, anche se non vi compare ancora il termine ‘sostanza’, troviamo, esplicitamente, ed ora direttamente, l’affermazione che lo spazio è (anziché sostanza – si può aggiungere –) ‘proprietà’: «Space is not a being, an eternal and infinite being, but a property or a consequence of the existence of an infinite and eternal being.»¹⁴. In una lunga nota di Clarke alla sua Quinta Risposta (che conclude la Corrispondenza, interrottasi per la morte di Leibniz), infine, troviamo l’esplicita negazione che lo spazio sia sostanza, nel quadro di un’ampia e sistematica, seppur estremamente sintetica, disanima circa la natura dello spazio, che ritengo valga la pena di riportare qui per intero:

The principal occasion or reason of the confusion and inconsistencies, which appear in what most writers have advanced concerning the nature of space, seems to be that (unless they attend carefully) men are very apt to neglect that necessary distinction (without which there can be no clear reasoning) which ought always to be made between abstracts and concretes, such as are *immensitas* and *immensum*, and also between ideas and things, such as are the notion (which is within our own mind) of immensity and the real immensity actually existing outside us.

All the conceptions (I think) that ever have been or can be framed concerning space are these which follow: That it is either absolutely nothing or a mere idea or only a relation of one thing to another, or it is body or some other substance, or else a property of a substance

That it is not absolutely nothing is most evident. For of nothing there is no quantity no dimensions no properties. This principle is the first

¹⁴ Leibniz-Clarke Correspondence [2000], p. 19 (“Clarke’s Third Reply”, sec. 3)

foundation of all science whatsoever, expressing the only difference between what does and what does not exist.

That it is not a mere idea is likewise most manifest. For no idea of space can possibly be framed larger than finite, and yet reason demonstrates that it is a contradiction for space itself not to be actually infinite.

That it is not a bare relation of one thing to another, arising from their situation or order among themselves, is no less apparent, because space is a quantity, which relations (such as situation and order) are not, as I have largely shown below, in sec. 54. Also because, if the material universe is or can possibly be finite, there cannot but be actual or possible extramundane space; see in sec. 31, 52, and 73.

That space is not body is also most clear. For then body would be necessarily infinite and no space could be void of resistance to motion. This is contrary to experience.

That space is not any kind of substance is no less plain, because infinite space is *immensitas*, not *immensum*, whereas infinite substance is *immensum* not *immensitas* – just as duration is not a substance, because infinite duration is *aeternitas* not *aeternum*, but infinite substance is *aeternum* not *aeternitas*.

It remains therefore, by necessary consequence, that space is a property, in like manner as duration is. *Immensitas* is τὸν *immensi*, just as *aeternitas* is τὸν *aeterni*.¹⁵

Emerge però chiaramente nella Corrispondenza fra Leibniz e Clarke la concezione, espressa da quest'ultimo, che li sta difendendo la posizione newtoniana, della natura dello spazio come qualcosa di dotato di un'esistenza, una realtà, autonoma, indipendente dai corpi, che (forse al di là di ulteriori più sottili distinzioni metafisiche) appare l'elemento essenziale della posizione considerata generalmente "sostanzialista" riguardo a questo oggetto fin dall'antichità considerato come qualcosa la cui natura è

¹⁵ Leibniz-Clarke Correspondence [2000], p. 71-72 ("Clarke's Fifth Reply", sec. 36-48, n. 142).

molto particolare. Tale posizione, nella espressione che di essa si ha nello *Scholium* e nella Corrispondenza Leibniz-Newton, ai quali stiamo ora facendo riferimento, caratterizza lo spazio con i termini ‘assoluto’, ‘reale’. ‘quantità’, “posto, luogo delle cose”, ‘vuoto’, oltre che come “qualcosa la cui realtà è indipendente dall’esistenza dei corpi”. Ho già citato sopra passaggi dello *Scholium* in tal senso. Nella Corrispondenza riferimenti a questo insieme di termini abbondano, come mostrerò ora con una selezione di alcuni passi sia di Leibniz, nelle cui parole polemiche si ritrovano gli elementi che esprimono la posizione newtoniana, ma passi che, al tempo stesso, varranno anche ad illustrare la sua, opposta, posizione relazionista, sia di Clarke.

Dalla Seconda Lettera di Leibniz: «[...] The reason is because he admits *empty space* besides matter [...]»¹⁶.

Dalla Terza Lettera di Leibniz: «[...] And therefore he makes use of an instance, which exactly falls in with one of my demonstrations against *real absolute space*, the idol of some modern Englishmen.»¹⁷.

Dalla Terza Lettera di Leibniz: «These gentlemen maintain, therefore, that space is a *real absolute being*. But this involves them in great difficulties, [...]»¹⁸.

Dalla Terza Risposta di Clarke: «[...] Further, space and time are *quantities*, which situation and order are not.»¹⁹.

Dalla Quarta Lettera di Leibniz: «If space and time were *anything absolute*, that is, if they were anything else besides certain orders of things, then indeed my assertion would

¹⁶ Leibniz-Clarke Correspondence [2000], p. 8 (“Leibniz’s Second Letter”, sec. 2); corsivo mio. «he» si riferisce a Clarke e indirettamente alla posizione newtoniana.

¹⁷ Leibniz-Clarke Correspondence [2000], p. 14 (“Leibniz’s Third Letter”, sec. 2); corsivo mio.

¹⁸ Id., p. 14 (“Leibniz’s Third Letter”, sec. 3); corsivo mio.

¹⁹ Id., p. 19 (“Clarke’s Third Reply”, sec. 4); corsivo mio.

be a contradiction. But since it is not so, the hypothesis [that space and time are anything absolute] is contradictory, that is, it is an impossible fiction.»²⁰.

Ancora dalla Quarta Lettera di Leibniz: «But *if there were no creatures*, space and time would be only in the ideas of God.»²¹ e: «All those who maintain *a vacuum* are more influenced by imagination than by reason.»²².

Sempre dalla Quarta Lettera di Leibniz (si trova qui riferimento anche ad una delle due basi su cui egli argomenta contro la realtà dello spazio vuoto indipendente dai corpi, il Principio di ragion sufficiente (l'altra è il Principio di identità degli indiscernibili)): «[...] to admit a vacuum in nature is ascribing to God a very imperfect work; it is violating the great principle of the necessity of a sufficient reason, which many have talked of without understanding its true force; as I have lately shown in proving, by that principle, that space is only *an order of things*, as time also is, and not at all *an absolute being*.»²³.

Dalla Quarta Risposta di Clarke: «[...] space and time are not the mere order of things but *real quantities* (which order and situation are not) [...]»²⁴.

Ancora dalla Quarta Risposta di Clarke: «Space is the *place of all things* and of all ideas, just as duration is the duration of all things and of all ideas.»²⁵.

Dalla Quinta Lettera di Leibniz: «I have demonstrated that space is nothing else but an order of the existence of things observed as existing together, and therefore the fiction of a material finite universe moving forward in an *infinite empty space* cannot be admitted.»²⁶.

²⁰ Id., p. 24 (“Leibniz’s Fourth Letter”, sec. 16); corsivo mio.

²¹ Id., p. 27 (“Leibniz’s Fourth Letter”, sec. 41); corsivo mio.

²² Id., p. 27 (“Leibniz’s Fourth Letter”, sec. 46); corsivo mio.

²³ Id., p. 28 (“Leibniz’s Fourth Letter”, sec. 46); corsivo mio.

²⁴ Id., p. 32 (“Clarke’s Fourth Reply”, sec. 16, 17); corsivo mio.

²⁵ Id., p. 33 (“Clarke’s Fourth Reply”, sec. 29); corsivo mio.

²⁶ Id., p. 42 (“Leibniz’s Fifth Letter”, sec. 29); corsivo mio.

Ancora dalla Quinta Lettera di Leibniz: «[...] These are imaginations of philosophers who have incomplete notions, who make space an *absolute reality*.»²⁷.

Sempre dalla Quinta Lettera di Leibniz: «Since space in itself is an *ideal thing* like time, [...]. The case is the same with *empty space* within the world, [...].»²⁸.

Ed ancora dalla Quinta Lettera di Leibniz: «I do not say that matter and space are the same thing. I only say that there is *no space where there is no matter* and that space in itself is not an absolute reality. [...] However, these things, though different, are inseparable.»²⁹.

Dalla Quinta Risposta di Clarke: «My argument here for the notion of *space being really independent of body* is founded on the possibility of the material universe being finite and movable; [...].»³⁰.

Ritengo opportuno, anche se – come ho detto – non rientra nelle finalità del presente lavoro l’analisi della polemica epistolare tra Leibniz e Clarke, evidenziare la questione, che appare immediatamente come problematica, di come possa lo spazio vuoto essere concepito come proprietà, dal momento che essere proprietà implica essere proprietà *di qualcosa*, mentre esso è, appunto, *vuoto*, e la risposta di Clarke, il quale, in merito, scrive:

Space void of body is the property of an incorporeal substance. [...] Void space is not an attribute without a subject, because by void space we never mean space void of everything, but void of body only. In all void space God is certainly present, and possibly so are many other

²⁷ Id., p. 42 (“Leibniz’s Fifth Letter”, sec. 29); corsivo mio.

²⁸ Leibniz-Clarke Correspondence [2000], p. 42 (“Leibniz’s Fifth Letter”, sec. 33); corsivo mio.

²⁹ Id., p. 52 (“Leibniz’s Fifth Letter”, sec. 62); corsivo mio.

³⁰ Id., p. 72 (“Clarke’s Fifth Reply”, sec. 52, 53); corsivo mio.

substances which are not matter, being neither tangible nor objects of any of our senses.³¹

e

If no creatures existed, still the ubiquity of God and the continuance of his existence would make space and duration to be exactly the same as they are now.³²

La posizione di Leibniz riguardo a questo punto, invece, è – sempre nella Corrispondenza – espressa dai seguenti passaggi:

The immensity of God is independent of space as his eternity is independent of time. These attributes signify only <with regard to these two orders of things> that God would be present and coexistent with all the things that should exist. And therefore I do not admit what is here advanced, that if God existed alone, there would be time and space as there is now, whereas then, in my opinion, they would be only in the ideas of God as mere possibilities.³³

Tornando ora allo *Hole argument*, subito abbandonato, non appena introdotto, per il precedente richiamo su Leibniz e Newton, ciò che accade, o sembra accadere, nel “nuovo dilemma” di Earman e Norton, è che, secondo la teoria della relatività generale, vi siano *sempre*, per la sua stessa costituzione, nei suoi modelli, diverse situazioni fisiche compatibili con essa, cioè con le sue equazioni fondamentali, e dunque diverse situazioni da essa previste, situazioni fisiche diverse che rappresentano diverse

³¹ Id., p. 30 (“Clarke’s Fourth Reply”, sec. 8, 9).

³² Id., p. 34 (“Clarke’s Fourth Reply”, sec. 41).

³³ Leibniz-Clarke Correspondence [2000], p. 61 (“Leibniz’s Fifth Letter”, sec. 106).

evoluzioni di una *medesima* precedente determinata situazione fisica, e che quindi danno luogo ad un conflitto con il determinismo.

Ciò che Earman e Norton costruiscono nel loro *Hole argument* è la rappresentazione (a livello degli oggetti fisico-matematici della teoria) di una situazione (o più precisamente tutta una classe di situazioni) spaziotemporale in cui *un'operazione analoga al Leibniz shift* – di cui ho parlato sopra (che operava nello spazio, spostando in esso uniformemente tutti i corpi) – crei un conflitto con il determinismo, in una teoria per la quale le rappresentazioni così ottenute siano modelli della teoria stessa, cioè verificchino le sue equazioni. L'operazione da essi utilizzata è il diffeomorfismo, un'applicazione bigettiva, bicontinua e bidifferenziabile fra varietà, che associa punti della varietà ad altri punti (o eventualmente a se stessi). Le varietà su cui il diffeomorfismo agisce nello *Hole argument* sono varietà riemanniane (varietà con una metrica su di esse), che costituiscono il supporto dei modelli della teoria; contestualmente al diffeomorfismo, abbiamo un trascinamento (*drag along*) dei campi (campi tensoriali, nello specifico della teoria della relatività generale) e, in particolare, del campo metrico (g), il campo che stabilisce le relazioni metriche fra i punti della varietà. Questa operazione, definita punto per punto, porta il valore che g ha in un punto P nel punto ad esso associato dal diffeomorfismo, $d(P)$, e ciò si esprime attraverso la seguente uguaglianza:

$$d^*g(P) = g(d^{-1}(p))$$

Particolarmente, poi, nello *Hole argument* il diffeomorfismo agisce dalla varietà in se stessa (è quindi un automorfismo). Il *drag along* di g comporta, in modo analogo a quanto avveniva con il *Leibniz shift* (dove – si ricordi – era mantenuta inalterata ogni distanza fra tutti i corpi), il mantenimento delle stesse relazioni metriche (nello specifico della relatività generale, e quindi dello spaziotempo, le relazioni cronogeometriche) fra tutti i punti dello spaziotempo, e, in particolare, fra tutti i punti in cui vi è materia, vi

sono corpi (o corpuscoli, particelle). Earman e Norton ottengono quella situazione, che darà luogo all'indeterminismo della teoria, suddividendo la trasformazione (il diffeomorfismo) in due parti, corrispondenti a due regioni dello spaziotempo (diversamente, in ciò, da come agiva il *Leibniz shift*, il quale operava allo stesso modo su tutto lo spazio). Così, su una regione della varietà, corrispondente allo *hole*, il diffeomorfismo associa ad un punto un altro punto (della stessa varietà), mentre in tutto il resto della varietà (corrispondente a tutto il resto dello spaziotempo) il diffeomorfismo associa ad ogni punto se stesso, cioè è l'identità, la quale è sempre un diffeomorfismo essendo essa una funzione bigettiva, bicontinua e bidifferenziabile. Queste due parti vengono fuse in un'unica trasformazione, raccordandole con continuità sulla frontiera dello *hole*, e così, nel suo insieme, la trasformazione in tal modo definita è un unico diffeomorfismo. Ciò è importante in quanto garantisce, in relazione alla finalità della costruzione, che ogni rappresentazione trasformata di una linea di universo di un particolare corpo (quella che in relatività generale identifica il corpo nello spaziotempo) mantenga anch'essa quella caratteristica di continuità che consente di associarla all'*identità di uno specifico corpo*. Infatti, affinché sorga l'indeterminismo, occorre che a trovarsi in una situazione diversa, e contrastante, sia *lo stesso oggetto*. Per una rappresentazione visiva di queste operazioni che avvengono nello *Hole argument* si veda la figura che ho riportato in fondo, prima della Bibliografia.

Questo è differente dal darsi delle diverse note soluzioni della teoria della relatività generale quali quelle di Schwarzschild, Gödel, de Sitter, Kerr, ecc. – anch'esse situazioni fisiche diverse e pur tutte compatibili con le equazioni della teoria – in quanto quelle rappresentano situazioni fisiche diverse che, però, sussistono *in relazione a diverse condizioni iniziali*, o condizioni al contorno – come si dice – , ipotizzate (cioè in

relazione a diverse ipotesi circa la disposizione della materia nell'universo, o eventualmente in una sua regione).

Ed è diverso anche da una questione di sottodeterminazione empirica della teoria, pur venendo effettivamente ad essere i modelli in questione equivalenti sotto l'aspetto osservativo. È diverso, infatti, il livello a cui si situano i modelli nei due casi ed è diverso cosa si intende nei due casi per modello. Nel caso della problematica dello *Hole argument*, infatti, i modelli non stanno direttamente per elementi della realtà, diverse scelte e combinazioni dei quali risultino ugualmente compatibili con una data teoria ed il suo complesso di termini teorici, ma sono costituiti dagli oggetti geometrici della teoria fisica geometrizzata, quale è – primo esempio di tale nuovo modo di attuare la teoria fisica – la teoria della relatività generale, cioè espressa per mezzo di campi tensoriali su di una varietà (in relatività generale tali campi tensoriali sono il campo tensoriale del tensore metrico g e quello del tensore energia/impulso T). Si hanno cioè diversi modelli $\langle M, g, T \rangle$ e $\langle M, g', T' \rangle$, ecc., che sono compatibili con le equazioni tensoriali fondamentali³⁴ della teoria; essi sono anche correlati alle stesse esperienze osservative, ma il punto dello *Hole argument* non è questo (questo è il punto del *Verificationist Dilemma* visto sopra); il punto dello *Hole argument* non riguarda diverse, o meno, esperienze osservative, ma *diversi mondi possibili*, cioè diverse realtà o situazioni fisiche possibili.

La diversità, o presunta tale, delle situazioni fisiche (coinvolgono esse materia, o soltanto campo gravitazionale)³⁵ che nello *Hole argument* costituirebbero differenti

³⁴ Si tratta della famosa equazione $R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = (8\pi G/c^4) T_{\mu\nu}$, che stabilisce la relazione che deve intercorrere fra il tensore metrico ed il tensore energia/impulso, alla base della teoria della relatività generale. Si parla anche di equazioni fondamentali, al plurale, in quanto quell'equazione fra tensori si può scomporre in un sistema di dieci equazioni relative alle loro componenti. Nel seguito farò riferimento ad esse, indifferentemente, sia al plurale che al singolare.

³⁵ Mentre nella formulazione einsteiniana del *Lochbetrachtung* la regione di spaziotempo interessata dal diffeomorfismo è supposta priva di materia, nella formulazione dello *Hole argument* di Earman e

evoluzioni di uno stesso stato fisico (sotto il punto di vista sostanzialista) riguarda *i loro connotati spaziali e temporali*, o spaziotemporali, cioè la loro collocazione nello spazio e nel tempo, o nello spaziotempo (le «unobservable spatial and temporal properties of matter (e.g. ‘is at position x’) [...] not reducible to observable relational properties of matter (e.g. coincidence, betweenness)»³⁶), connotati connessi, nella teoria, alla collocazione, sul *manifold* usato nel modello della realtà spaziotemporale, dei punti di esso che rappresentano i singoli elementi dello spaziotempo, e alle coordinate di tali punti.

E la problematica dello *Hole argument* coinvolge e riguarda, all’interno di una interpretazione realistica, sul piano filosofico, della teoria scientifica, la natura e le proprietà dello spaziotempo e, in particolare, dei suoi elementi, i punti (o punti-evento).

Nelle equazioni fondamentali della teoria (equazioni tensoriali), il cui pari soddisfacimento da parte di diversi modelli tra loro diffeomorfi è il punto centrale dello *Hole argument*, entrano in gioco le differenti coordinate associate, nei diversi modelli diffeomorfi, ad eventi spaziotemporali. Il problema, cioè l’indeterminismo radicale, sorge se le soluzioni diffeomorfe che si ottengono costituiscono realmente la rappresentazione di situazioni fisiche diverse. Il conflitto con il determinismo sorge, nella presentazione della problematica in coordinate, se tali diverse coordinate hanno il significato di rappresentare realmente diverse collocazioni nello spaziotempo di eventi, ma l’essenza del problema non sta puramente in una questione di coordinate (anche se negli anni in cui Einstein affrontò il *Lochbetrachtung* ciò poteva non essere immediatamente chiaro). La problematica di tensori uguali o diversi in punti uguali o

Norton, non essendo specificato, può essere considerata sia priva di materia che no (da colloquio con Tim Maudlin).

³⁶ Cfr. Earman e Norton [1987], p. 515: «Substantialists were led to this dilemma [il *verificationist dilemma*] through their insistence that unobservable spatial and temporal properties of matter (e.g. ‘is at position x’) are not reducible to observable relational properties of matter (e.g. coincidence, betweenness).».

diversi della varietà è infatti esprimibile a prescindere da ogni coordinatizzazione della stessa.

C'è un senso ovvio in cui le coordinate non hanno un valore reale, non vanno, da quel punto di vista, – per così dire – “prese troppo sul serio”, nel senso di pensare che rappresentino proprietà reali del mondo. È il senso che riguarda l'ovvia arbitrarietà di ogni sistema di coordinate, che appare nell'irrelevanza della scelta di uno di essi piuttosto che di un altro per la descrizione dei fenomeni naturali; ma non è questo senso ovvio che entra in gioco nello *Hole argument*, nei rapporti fra spaziotempo e struttura matematica che lo rappresenta, perché nello *Hole argument*, come nel *Lochbetrachtung*, la questione è posta *entro lo stesso sistema di coordinate*. Ma, a confronto con quel senso ovvio, è sicuramente più complesso, e niente affatto ovvio, arrivare a concepire come le coordinate possano non avere, altrettanto, alcun valore reale, nel senso seguente, che, cioè, due coordinate diverse, della stessa varietà e nella stessa coordinatizzazione, possano in realtà riferirsi allo stesso punto dello spaziotempo, presupponendo nel contempo una corrispondenza biunivoca fra punti dello spaziotempo e punti della varietà.

Due condizioni che devono necessariamente darsi affinché possa sorgere il conflitto rappresentato nello *Hole argument* fra covarianza generale e determinismo sono le seguenti.

La prima è che si adotti una concezione non relazionista dello spaziotempo – e l'argomentazione di Earman e Norton infatti è rivolta appunto contro lo *spacetime substantivalism* – perché entro la concezione relazionista il concetto di diversa *collocazione degli eventi nello spaziotempo* (senza una diversa collocazione relativa di alcuni di essi rispetto ad altri) non acquista senso, ma si ha “soltanto” la nozione di insieme di relazioni spaziotemporali, di *distanza* tra corpi, o tra eventi, e non come

relazione derivante da una indipendente preesistente relazione tra punti dello spazio (o dello spaziotempo) vuoto, da quei corpi (o quegli eventi) poi eventualmente occupati.

La seconda è che la covarianza generale, caratteristica fondamentale della teoria della relatività generale, sia interpretata – come si dice – *in senso attivo* e che la trasformazione che genera i diversi modelli diffeomorfi possa rappresentare non solo un “mero” cambio di coordinate, ma una diversa situazione fisica. È di per sé evidente, infatti, che un cambio di coordinate, eventualmente associato ad un cambio di sistema di riferimento, non costituisca la rappresentazione di una realtà fisica differente. Questa seconda condizione è ciò che viene considerato l'*aspetto attivo*, o – forse meglio – l'*interpretazione attiva* del diffeomorfismo, o, più precisamente e con maggiore completezza, dell'operazione matematica sulla varietà costituita da diffeomorfismo + *drag along* (ad esso associato) dei campi tensoriali. (La terminologia che spesso, nella letteratura sullo *Hole argument*, richiama il solo diffeomorfismo (e denomina i diversi modelli ottenuti ‘diffeomorfi’, anziché ‘isometrici’, come in effetti sono), può essere, per il non esperto di geometria differenziale, sviante).

Lo *Hole argument* verte sullo spaziotempo della relatività generale: Earman e Norton si chiedono «What structure in spacetime theories represents spacetime?» e la questione di fondo del loro articolo è l'inadeguatezza di una determinata concezione dello spaziotempo, quella sostanzialista: esso riguarda quindi, in un quadro di visione realistica delle teorie scientifiche, la natura dello spaziotempo della relatività generale. Lo spaziotempo è, con una certa diversità in ciò dalle nozioni di spazio e di tempo, che sono anche nozioni comuni, una nozione prettamente scientifica, creata nello sviluppo della fisica; riflettendo su queste problematiche riguardanti esso, sorge quindi spontanea

la necessità di guardare alla precisa nozione scientifica di esso, ricorrere ad una definizione precisa.

Le moderne, assiomatiche, teorie relativistiche assumono ‘spaziotempo’ come termine primitivo, e quindi indefinito, o, se lo definiscono, come insieme di eventi, assumono come primitivo il termine ‘evento’.

Nella consapevolezza di ciò, che sottolineo anche per evitare l’impressione di un approccio inconsapevolmente ingenuo, intendo ora evidenziare alcune ambiguità presenti intorno alla nozione di spaziotempo, circa il riferimento del termine ‘spaziotempo’.

Una – direi – è un’ambiguità fra spaziotempo quale insieme di *eventi* e quale insieme di *event location*,³⁷ dove l’espressione evento denota l’accadere di qualcosa in un tempo “piccolissimo” idealizzato quale istantaneo in uno spazio “piccolissimo” idealizzato quale puntiforme, mentre l’espressione *event location* denota collocazioni spaziotemporali definite a prescindere dall’accadere o dall’esservi qualcosa in esse, ciò a cui Earman e Norton si riferiscono quali «unoccupied spacetime events»³⁸, esprimendo rispetto ad essi una visione alquanto critica³⁹.

Mi pare collegata a questa problematica distinzione la caratterizzazione che Einstein stesso dà dello spaziotempo proprio nella sua soluzione al *Lochbetrachtung*. Ed è ovviamente naturale, affrontando il problema di cosa sia lo spaziotempo della relatività generale, rivolgere la propria attenzione al principale teorizzatore di esso ed al creatore della teoria della relatività generale, il quale in effetti, appunto in quella sua soluzione al

³⁷ Tim Maudlin – come vedremo – usa l’espressione ‘event location’.

³⁸ V. Earman e Norton [1987], p. 521

³⁹ V. Earman e Norton [1987], p. 521: «They [every spacetime theory] all postulate that there are always fields at every point in spacetime. That is, they agree that there cannot be unoccupied spacetime events, contrary to the standard position taken by substantivalists against relationist.». Earman e Norton traggono dalla presenza di campi postulata dalle teorie dello spaziotempo in ogni punto di esso la conclusione dell’insostenibilità della posizione sostanzialista, caratterizzata dalla tesi che lo spaziotempo può esistere indipendentemente da ogni cosa in esso.

Lochbetrachtung, che è nota come *point-coincidence argument*, sembra aver stabilito cosa debba intendersi con il termine 'spaziotempo', anche se forse non è però da sopravvalutare l'effettivo ruolo e l'effettiva portata del contenuto di quella soluzione nella teoria della relatività generale e nel suo sviluppo.

Ora, comunque, tale soluzione mi sembra decisamente propendere per una definizione dello spaziotempo quale insieme degli eventi, in contrapposizione alla sua definizione quale insieme di *event location*. Così scrive Einstein in proposito:

Einstein to Michele Besso, 3 January 1916 ⁴⁰

In the *Lochbetrachtung*, everything was correct up to the final conclusion. There is no physical content in the existence of two different solutions $G(x)$ and $G'(x)$ with reference to the *same* coordinate system K . Attributing two different solutions to the same manifold is senseless, and the system K has, indeed, no physical reality. The following consideration takes the place of the *Lochbetrachtung*. From a physical point of view, nothing is *real* except the totality of spatiotemporal point coincidences. If, e.g., physical processes [das physikalische Geschehen] were to be built up solely out of the movements of material points, then the meetings of the points, i.e., the points of intersection of their world lines, would be the only reality, i.e., observable in principle. These points of intersection are naturally preserved under all transformations (and no new ones are added), if only certain uniqueness conditions [Eindeutigkeitsbedingungen] are maintained. Thus, it is most natural to demand of the laws that they do not determine *more* than the totality of the spatiotemporal coincidences. According to what has been said, this is already achieved by generally-covariant equations.

⁴⁰ Utilizzo per queste citazioni da Einstein, su gentile concessione dell'Autore, le slide della lezione "Einstein and Relativity" tenuta da Don Howard ad Urbino nel settembre 2015, alla quale ero presente.

Einstein to Paul Ehrenfest, 26 December 1915

The physically real in the world of events [Weltgeschehen] (in contrast to that which is dependent upon the choice of a reference system) consists *in spatio-temporal coincidences*.^{*} Real are, e.g., the intersections of two different world lines, or the statement that they *do not* intersect.

^{*}) and in nothing else!

Un'altra, direi ancor più fondamentale ambiguità, che illustro attraverso il sito della *Spacetime Society*, è espressa dalla seguente affermazione di Vesselin Petkov, che si trova alla pagina "*Open Questions*" di tale sito:

A century after Hermann Minkowski united space and time into an inseparabile four-dimensional entity the question "What is the nature of spacetime?" remains open. As the union of space and time is, according to Minkowski, a 4D world (or what we now call *Minkowski spacetime*) the question of its ontological status appears to be: "Is Minkowski spacetime nothing more than a 4D mathematical space which represents an evolving in time 3D world or a mathematical model of a 4D world with time entirely given as a forth dimension?"

E' forse collegato a quest'ultima distinzione – o meglio ad una possibile confusione fra quei due aspetti – il fatto che si possa talvolta trovare, in particolare, nello sviluppo delle argomentazioni intorno alla problematica dello *Hole argument*, un'ambiguità di

riferimento fra l'elemento di un modello dello spaziotempo e l'elemento spaziotemporale stesso o un attributo di esso.

Tim Maudlin, ad esempio, lamenta, all'inizio di "The Essence of Space-Time", una non sempre chiara e netta distinzione fra ciò che rappresenta la realtà fisica e ciò che è rappresentato. Egli osserva, infatti: «In contemporary physics, the nature of the relationship between mathematical entities and the physical realities they represent is easily overlooked due to a systematic ambiguity of usage.»⁴¹.

E, a questo riguardo, mi sembra che la deduzione, vista sopra in nota, dell'inaccettabilità della concezione sostanzialista dello spaziotempo, caratterizzata dalla tesi della possibilità della sua esistenza indipendentemente da ogni cosa in esso, che Earman e Norton traggono dalla postulazione di campi in ogni punto di esso da parte di ogni teoria dello spaziotempo, sia imperniata proprio sull'ambiguità di uso di cui parla Tim Maudlin. Mi sembra, infatti, che non si distingua lì fra il livello dell'oggetto matematico varietà, su cui (o nei cui spazi tangenti) "vivono" (come si usa dire) altri oggetti matematici che sono vettori, tensori, campi vettoriali e campi tensoriali, dal livello reale e che non si debba confondere l'esistenza di un oggetto matematico con l'esistenza di una realtà fisica, e *da tale ambiguità* dedurre (perché è da essa – mi sembra – che *si deduce*) l'impossibilità che lo spaziotempo reale abbia «unoccupied spacetime events»: se ci sono dei punti della varietà, elemento dei modelli della teoria, in cui il campo del tensore energia/impulso, ad esempio, vale 0, mi sembra che al livello dello spaziotempo reale nei punti corrispondenti dobbiamo ritenere non esserci niente anziché asserire che *ci sono* dei vettori o dei tensori con la proprietà di valere 0, e poi sostenere che, poiché ci sono *comunque* tali oggetti (se non altri), non

⁴¹ T.Maudlin, "The Essence of Space-Time", p. 82

esiste spaziotempo vuoto e non può esserci uno spaziotempo la cui esistenza sia indipendente da ogni cosa in esso.

Oltre alle due ambiguità sopra evidenziate, mi pare si possa notare come il contesto della relatività generale sia, per quanto riguarda lo spaziotempo e l'indagine sulla sua ontologia, difficile da comprendere per almeno un'altra ragione, cioè la difficoltà della comprensione intorno all'oggetto che governa lo spaziotempo della relatività generale, il tensore metrico «che – scrive Vincenzo Fano⁴² – ragionevolmente dovrebbe essere un aspetto geometrico, mentre di fatto è ormai portatore anche di una componente fisica». Il fisico teorico italiano Massimo Pauri parla di «parte ontica del campo metrico»⁴³. Riguardo a tale questione, Dennis Lehmkuhl, in suo articolo del 2014 dal titolo “Why Einstein did not believe that general relativity geometrizes gravity”, scrive: «However, we have to clearly distinguish between *using* geometrical language in physics on one hand and ontologically *reducing* physics to spacetime geometry (i.e., showing that gravity is “just an aspect of spacetime structure”) on the other.» e: «However, *describing* something in geometrical terms should be not misunderstood as *reducing* something (ontologically) to geometry.»⁴⁴. Si può aggiungere a questo quadro anche un'osservazione di Norton, dal suo lavoro pubblicato nello stesso anno di "What Price Spacetime Substantivalism? The Hole Story", “Einstein, the Hole Argument and the Reality of Space”. Egli, tirando, nelle pagine finali di esso, le somme riguardo alla concezione einsteiniana dello spaziotempo, osserva: «What complicates the whole discussion and lends an aura of contradiction to it is the fact that the term “spacetime” (or else “space” or “time”) refer to different

⁴² Vincenzo Fano, Voce “Spazio”, *Enciclopedia Filosofica Bompiani*

⁴³ Pauri [2006], p. 123

⁴⁴ Lehmkuhl [2014], p. 319 e p. 320

theoretical structures in different contexts. [...] But it is harder to determine precisely what theoretical structure stands for “spacetime” in various of Einstein’s writings.»⁴⁵.

Ma anche il punto di partenza dello *Hole argument*, cioè l’esistenza di *modelli* diversi rimanda, come il riferimento allo spaziotempo, ad un quadro dall’aspetto tutt’altro che – per così dire – “rigido”, sul piano matematico questa volta, con identità chiaramente stabilite, stabilmente fissate.

Il requisito, affinché si dia il *vulnus* dell’indeterminismo radicale, di diverse realtà fisiche possibili, espresse da modelli diversi della teoria (ugualmente compatibili con le sue equazioni fondamentali) si concretizza, nello specifico dello *Hole argument*, nel darsi, al livello dei modelli, al livello degli oggetti matematici quindi, tensori uguali o diversi, nel senso dello stesso tensore o un altro tensore, in punti della varietà uguali o diversi, nel senso dello stesso punto o altro punto, facendosi dunque così riferimento ad *una nozione di identità del tensore* e ad *una nozione di identità del punto di una varietà riemanniana*, nonché ad *una nozione di identità della varietà riemanniana stessa*.

Appare immediatamente evidente a chi si accosti alle varietà, sia topologiche o differenziali che riemanniane, come esse siano un oggetto matematico che va colto e compreso ad un adeguato (molto elevato) livello di astrazione.

Ebbene, tali nozioni di varietà, di suo punto e di tensore sono definite matematicamente *a diversi livelli* (che sono appunto diversi livelli *di astrazione*), con differenze che vengono a determinarsi circa l’identità o meno degli oggetti matematici in questione a seconda del livello preso in considerazione.

La varietà differenziale, infatti, può essere identificata a livello di singola realizzazione, e in questo caso i suoi punti sono identificati con gli elementi di un insieme (l’insieme, privo di struttura, dei suoi punti), oppure, ad un maggiore livello di astrazione, come

⁴⁵ Norton [1987], p. 182

varietà differenziale astratta, cioè come classe di equivalenza di varietà (nel senso precedente) *a meno di diffeomorfismo*⁴⁶, e in questo caso i punti sono identificati, attraverso le singole realizzazioni concrete, tramite la scelta di un diffeomorfismo tra queste (e non dalla funzione identità).

Il tensore può essere identificato a livello delle sue componenti (i numeri che sono nella matrice associata al tensore espresso in coordinate), o a livello di funzione dalle coppie (per quanto riguarda i tensori della teoria della relatività generale, cioè i tensori, di tipo $(0,2)$, g e T) di vettori dello spazio tangente in un punto della varietà a \mathbb{R} , o ancora, a livello ancor più astratto (e più recente per quanto riguarda lo sviluppo della formulazione della geometria differenziale e del calcolo tensoriale), con riferimento alle varietà astratte, sopra descritte, come classe di equivalenza di coppie $\langle M, g \rangle$, con M singola realizzazione di varietà differenziale e con g tensore (inteso come applicazione da coppie di vettori dello spazio tangente in un punto della varietà a \mathbb{R}) su M , dove $\langle M, g \rangle$ è equivalente a $\langle M', g' \rangle$ quando esiste un diffeomorfismo d da M a M' t.c. g' è uguale al *drag along* di g secondo d .

La varietà riemanniana, cioè la varietà differenziale con un campo metrico, e cioè la coppia $\langle M, g \rangle$, poi, può anch'essa essere identificata a quei due livelli a cui può venire identificata la varietà differenziale. Al livello della singola realizzazione avremo una coppia formata da una singola realizzazione di una varietà differenziale e da un campo tensoriale (di un tensore metrico) su di essa, mentre a livello astratto avremo una classe di equivalenza di coppie del tipo descritto sopra in cui la relazione di equivalenza è data dall'essere varietà riemanniane isometriche, cioè tali che deve esistere fra le varietà un diffeomorfismo t.c. il *drag along* del tensore metrico della prima coppia $\langle M, g \rangle$ coincide con il tensore metrico della seconda.

⁴⁶ Cfr., ad es., John M. Lee, *Introduction to smooth manifolds*, Springer, 2012, Cap. 2

Ma c'è ancor di più – direi – , con riferimento all'identificazione dei tensori nelle varietà diffeomorfe, riguardo alla nozione di stesso tensore, cioè riguardo all'identità del tensore; ciò in relazione a come effettivamente avviene il *drag along* dei tensori secondo un diffeomorfismo, operazione che riproduce nella varietà diffeomorfe la stessa rete di relazioni. C'è, nella nozione di stesso tensore, qualcosa di analogo alla nozione di stessa direzione di un vettore applicato in due punti dello spazio costituito da una varietà (del tutto a prescindere dalla relativizzazione di tale nozione al percorso seguito dal vettore sulla varietà), e cioè il fatto che l'identità che si può pervenire a stabilire la si viene a ritenere tale sulla base, in ultima analisi, dell'*identificazione di due strutture* che sono, in realtà, *isomorfe*.

In un certo senso, ciò che accade è che cambia un po' il *concetto stesso di identità*, o l'uso del termine 'identità': del tutto a rigore, infatti, non si potrebbe parlare affatto di identità di due tensori in due punti diversi della varietà. Questo perché, essendo il tensore una funzione da coppie (considerando ora i tensori usati in relatività generale) di vettori dello spazio tangente in un punto a \mathbb{R} , la nozione di identità per esso è la nozione di identità che vale in generale per le funzioni in matematica, e cioè: identità di dominio, di codominio e di grafico. *Ma in una varietà non c'è una nozione di identità dello spazio tangente in due punti diversi di essa* e quindi viene a mancare il requisito di identità di dominio, essendo il dominio di ogni tensore costituito dall'insieme di tutte le coppie di vettori dello spazio tangente in ogni punto della varietà. Ciò che si ha, e che è proprio determinato dal diffeomorfismo lungo cui si effettua il *drag along*, è un *isomorfismo fra gli spazi tangenti*, indotto appunto dal diffeomorfismo. Non si può andare, verso l'identificazione dei domini dei due tensori, e quindi di essi stessi, oltre a ciò.

Si capisce allora come la nozione lewisiana di controparte possa adeguatamente essere applicata, come lo è ampiamente da Jeremy Butterfield, in questo contesto. Una controparte è, infatti, qualcosa che non ha una relazione di assoluta identità con ciò di cui è controparte, così come tale nozione di assoluta identità non la si può ritrovare nell'ambito delle varietà come relazione fra tensori in due punti di due modelli diffeomorfi e fra vettori degli spazi tangenti in quei due punti; ma una controparte è qualcosa che sensatamente si avvicina (quanto più possibile) alla nozione di identità; così come la nozione di stessa direzione, o, più specificamente ora nel nostro contesto, la nozione di stesso tensore (nel senso della relazione fra tensori aventi codominio e grafico identico e dominio isomorfo) si avvicina alla nozione di stesso tensore nel senso di assoluta identità matematica fra essi. Butterfield, infatti, immediatamente dopo aver detto «So I want to define counterparthood for points and regions in terms of isomorphism of regions.», scrive: «Recall first that although we can directly compare the values of scalar fields at two points in two manifolds ^[47], we cannot do so for vectors and tensors. Such a comparison has to be made relative to a diffeomorphism of the manifolds, or a class of them: each diffeomorphism d drags geometric objects at p to geometric objects at $d(p)$. If the dragged objects at $d(p)$ coincide with the originals, we can say that p and $d(p)$ are counterparts relative to the diffeomorphism d .».⁴⁸

⁴⁷ Qui Butterfield si riferisce al confronto in punti di due diverse varietà, ma la situazione è la stessa nel confronto in punti diversi della stessa varietà collegati da un diffeomorfismo, come è il caso dello *Hole argument*. Qui, inoltre, egli ha l'obiettivo di arrivare a definire la relazione di controparte rispetto a un dato diffeomorfismo tra due punti, anziché fra tensori, come qui ipotizzato, ma la situazione mi sembra analoga; l'essere controparti i punti si basa sull'essere, a rigore, controparte (e non identici) i tensori, ed il tutto si basa sull'isomorfismo degli spazi tangenti in punti collegati da un diffeomorfismo, o fra punti di due varietà diverse, o fra punti diversi della stessa varietà. D'altronde considerare i due (in realtà gli infiniti) modelli diffeomorfi (o meglio isometrici) su varietà riemanniana che si trovano nello *Hole argument* come la stessa varietà piuttosto che due varietà diverse è in realtà soltanto una questione del livello di astrazione a cui si considera la varietà: quello di realizzazione concreta o quello di varietà astratta.

⁴⁸ Da J. Butterfield, "The Hole Truth", p. 25

L'articolo di Earman e Norton del 1987 ha provocato un intenso dibattito, con la pubblicazione di numerosi lavori sulla questione, ed una reazione ampiamente volta, in epoca – come spesso sottolineato nella letteratura sull'argomento – di venuta meno della precedentemente dominante posizione neopositivista (verificazionista e strumentalista) in filosofia della scienza e di predilezione per l'interpretazione realistica delle teorie scientifiche e dei suoi oggetti, a conciliare lo *Hole argument* con una posizione realista nei confronti dello spaziotempo, la nozione fondamentale della nostra migliore teoria della gravitazione universale, la teoria della relatività generale.

I termini filosofici in gioco in tale dibattito, e nel fondamentale parallelismo stabilito da Earman e Norton in "What Price Spacetime Substantivalism? The Hole Story" fra esso e la disputa tra Newton e Leibniz, sono realismo, sostanzialismo e relazionismo.

Ma i rapporti che intercorrono fra quelle tre posizioni filosofiche, nel senso di come – per così dire – esse giocano sul terreno dello scontro tra Newton e Leibniz e su quello della più recente partita fra la minaccia di Earman e Norton allo *spacetime substantivalism* e le risposte ad essa, appaiono differenti.

L'avere, infatti, nel contesto della problematica sulla natura dello spazio dibattuta fra Newton e Leibniz, una posizione realista nei confronti dello spazio e l'avere una concezione sostanzialista (o "assolutista") dello spazio erano due cose equivalenti, opposte allo stesso modo alla posizione relazionista; entrambe significavano esistenza autonoma dello spazio rispetto alla materia, o – in altre parole – esistenza indipendente da essa; autonomia o indipendenza, negata dalla posizione leibniziana. Ma la situazione rispetto allo spaziotempo non corre parallela, e non è detto che qui la difesa del realismo sia difesa del sostanzialismo ed opposizione al relazionismo; la situazione si diversifica, proprio – direi – rispetto alla questione, cui ho fatto riferimento nella parte precedente,

di che cos'è, com'è definito, lo spaziotempo. L'averne una posizione realista nei confronti dello spaziotempo della relatività generale, rispetto ad uno spaziotempo definito come insieme di eventi, nel senso di ciò che materialmente accade e c'è (Einstein fa riferimento a punti materiali), infatti, non è più equivalente a, o non ha molto a che vedere con, il sostanzialismo sullo spazio (e/o sul tempo). L'insieme degli eventi, utilizzato da Einstein nel suo *point-coincidence argument* quale soluzione al *Lochbetrachtung*, la cui esistenza si asserisce come posizione realista nei confronti dello spaziotempo, se non è di per sé qualcosa di relazionale e di natura relazionalista in quanto tale, è però qualcosa che, nel momento in cui è proposto come *definiens* del termine 'spaziotempo', dà a quest'ultimo dei connotati relazionali, facendone un oggetto di stampo e di natura relazionalista, per costituzione e definizione stessa. Cosicché il realismo, diversamente da quanto avveniva nel vecchio contesto concernente lo spazio, sembra potersi venire a trovare affiancato al relazionismo altrettanto che al sostanzialismo.

Sostanzialismo e relazionismo, poi – mi pare si possa notare – , subiscono, nel passaggio dall'ambito della problematica filosofica classica sulla natura dello spazio ai tempi di Newton e Leibniz all'ambito dell'attuale problematica sulla natura dello spaziotempo, una sorta di “tensione” nel loro significato, che si carica di nuovi aspetti, nuove possibilità, nuove scelte, determinata dai rapporti con le nozioni di vuoto, materia e campo. Tralasciando l'aspetto (che abbiamo visto nella parte con cui ho concluso il richiamo allo scontro tra la posizione di Newton e quella di Leibniz attraverso l'esame della Corrispondenza fra quest'ultimo e Samuel Clarke) della presenza di Dio in uno spazio altrimenti vuoto come una peculiarità del legame che, in entrambi, la loro argomentazione aveva con la materia teologica, sostanzialismo e relazionismo, nel dibattito classico fra Newton e Leibniz, si distinguevano, concependo lo spazio come

sostanza piuttosto che come relazione, rispetto alla materia ed al vuoto (vuoto = assenza di materia). Lo spazio era, per Leibniz ed i relazionisti, relazione in quanto relazione tra i corpi, tra elementi di materia; per essi senza materia non si dava spazio (così come – diceva Leibniz – senza individui umani non si dà albero genealogico). E lo spazio, per Newton ed i sostanzialisti (o, più alla lettera – come abbiamo visto –, “assolutisti”), invece, era una realtà autonoma in quanto aveva una esistenza indipendente dalla materia; per loro ci poteva essere lo spazio vuoto, dove vuoto significava assenza di materia. Una domanda che mi pare emerga ora, nell’attuale contesto, è cosa sia adesso il sostanzialismo: se esso si definisca soltanto in riferimento alla materia, o anche in riferimento al campo (gravitazionale e metrico). Questo anche perché si può avere, con la teoria della relatività generale, il caso di uno spazio vuoto, nel senso di privo di materia, che non sia privo, invece, di campo (gravitazionale e metrico). Infatti, contrariamente a quanto può supporre, sapendo della dipendenza in relatività generale della curvatura dello spaziotempo dalla massa/energia, il non molto esperto di fisica che però conosca la dipendenza che la teoria della relatività generale stabilisce fra gravitazione, e quindi curvatura dello spaziotempo, ed energia/impulso, uno spazio totalmente vuoto, come quello delle *soluzioni di vuoto* delle equazioni della teoria della relatività generale, non è necessariamente privo di campo gravitazionale e non ha necessariamente curvatura nulla, non è necessariamente piatto.

Ora, qual è il rapporto fra spazio e campo? Il campo è qualcosa che “si posiziona”, “si colloca” in uno spazio, o spaziotempo, che ha una propria esistenza indipendente ed autonoma rispetto ad esso? La posizione sostanzialista ha maggiormente senso che “rivendichi” – per così dire – l’esistenza autonoma e indipendente dello spaziotempo anche rispetto al campo, ad ogni campo, ritenendo che questo sia qualcosa che si

colloca su un sostrato spaziotemporale i cui connotati (spaziotemporali, appunto) sono autonomi ed indipendenti da tale campo, oppure che non “rivendichi” ciò?

E questa domanda potrebbe essere sottoposta ad un’ulteriore distinzione, che la vedrebbe sdoppiarsi in due uguali domande, una però volta nei confronti del campo gravitazionale e l’altra nei confronti di quello metrico – anche se avviene che un campo (quello gravitazionale) è sempre rappresentato, nella teoria della relatività generale, dall’altro (quello metrico) – nel modo seguente? Il sostanzialismo deve, e può, “rivendicare” l’esistenza autonoma e indipendente dello spaziotempo anche rispetto al campo gravitazionale, con riferimento allo spazio delle soluzioni di vuoto? Il sostanzialismo deve, e può, “rivendicare” l’esistenza autonoma e indipendente dello spaziotempo anche rispetto al campo metrico, sempre pensando, in particolare, allo spazio delle soluzioni di vuoto?

Einstein, in un suo scritto del 1952, “La relatività e il problema dello spazio”⁴⁹, rifiuta nettamente la nozione di spazio senza campo, e analogamente per lo spaziotempo:

On the basis of the general theory of relativity ... space as opposed to ‘what fills space’ ... has no separate existence ... If we imagine the gravitational field, i.e. the functions g_{ik} to be removed, there does not remain a space of the type (of special relativity – JS), but absolutely *nothing*, and also not ‘topological space’. For the functions g_{ik} describe not only the field, but at the same time the topological and metrical structural properties of the manifold ... There is no such thing as an empty space, i.e. a space without field. Space-time does not claim existence on its own, but only as a structural quality of the field.

⁴⁹ In: Albert Einstein, *Relatività: esposizione divulgativa e scritti su spazio, geometria, fisica*, Bollati Boringhieri Editore, Torino 1967. Ma traggo qui la citazione da: John Stachel, “What a Physicist Can Learn from the Discovery of General Relativity”, in *Marcel Grossmann Meeting on General Relativity*, R. Ruffini (ed.), Elsevier Science Publisher B.V., 1986, p. 1860

E – mi pare si possa affermare –, rifiutando tale nozione, egli perviene ad una concezione dello spaziotempo come «soltanto una qualità strutturale del campo».

Tale concezione mi sembra che si collochi sul versante relazionista.

Se è così, sembrerebbe che allora la concezione sostanzialista debba definire la sua posizione nei termini di indipendenza e autonomia dello spaziotempo anche rispetto al campo, oltre che rispetto alla materia.

Questa sarebbe forse anche la più “piena” interpretazione della definizione della concezione sostanzialista come si trova espressa nell’articolo di Earman e Norton al capitolo “What is Spacetime Substantivalism? [...]”, e cioè: «the spacetime substantivalist holds that spacetime can exist independently of *any of the things* in it»⁵⁰.

Mi pare poi che si possa notare che vi sono elementi e idee diversi compresi sotto la nozione di sostanzialismo dello spaziotempo.

Una è l’idea che lo spaziotempo può esistere indipendentemente da ogni cosa in esso.

Un’altra è l’idea di esso (tutto lo spaziotempo nel suo complesso) come oggetto dotato di sua particolare individualità, in quanto dotato di una sua particolare forma (leggasi curvatura) e quindi assimilabile alla categoria della sostanza individuale,

Un’altra ancora è l’idea dello spaziotempo come conforme al fatto che se immaginiamo in esso il *Leibniz shift*, o meglio ciò che è in esso l’equivalente di ciò che è il *Leibniz shift* nello spazio, ci troviamo di fronte una realtà diversa per quanto riguarda le proprietà (inosservabili) di collocazione della materia nello spaziotempo. Ciò equivale a credere a diverse collocazioni spaziotemporali (Earman e Norton, dove affrontano la questione di definire cos’è il sostanzialismo spaziotemporale, trasportando la questione

⁵⁰ Earman e Norton [1987], p. 521, corsivo mio. (E’ da intendersi che, quando non segnalo che il corsivo all’interno delle citazioni è mio, esso è dell’autore.)

però nello spazio, anziché nello spaziotempo, parlano di «*spatial locations*» [corsivo mio]; Tim Maudlin parla, frequentissimamente in “The Essence of Space-Time”, di «*event locations*» [corsivo mio]) che non consistono in diverse collocazioni relative, e che sono pertanto diverse collocazioni assolute. Lo spaziotempo è, così concepito, qualcosa, sotto questo aspetto, di perfettamente analogo allo spazio assoluto di Newton.

Cosa significhi, d'altra parte, una posizione relazionalista sembra allargarsi, svincolandosi dal riferimento alla materia, a: preminenza del campo; il campo metrico, in relatività generale, cioè preminenza della *rete di relazioni* metriche, o struttura relazionale; preminenza rispetto ad una *identità* individuale *primitiva* o ad una *haecceitas* degli elementi dello spaziotempo indipendente ed autonoma nei confronti di tale campo e rispetto a *proprietà* (metriche) *intrinseche* degli elementi che stanno nella rete delle relazioni spaziotemporal. Sembrano in quest'ottica, ad esempio, John Stachel, che parla di “Things between Relations”⁵¹, Carl Hoefer, che nega l'identità primitiva per i punti dello spaziotempo, o le posizioni dello strutturalismo ontico dello spaziotempo, nella sua forma radicale e in quella moderata di Michael Esfeld e Vincent Lam, i quali negano proprietà intrinseche.

Poiché, affinché lo *Hole argument* colga nel segno, implicando l'indeterminismo, è necessario che si abbiano *diverse* realtà fisiche *possibili*, che sono espresse da *modelli diversi* della teoria (ugualmente compatibili con le sue equazioni fondamentali), costituiscono soluzioni del problema da esso posto le argomentazioni che portino alla conclusione o che non si tratta di realtà fisiche *diverse*, oppure che non

⁵¹ ““The Relations between Things” versus “The Things between Relations”: The Deeper Meaning of the Hole Argument”, in D.B. Malament (Ed.), *Reading Natural Philosophy – Essays in the History and Philosophy of Science and Mathematics*, Open Court, Chicago and La Salle, Illinois

si tratta di realtà fisiche *possibili*, oppure ancora che addirittura *non si tratta di modelli in realtà diversi*.

Quest'ultima posizione ritiene che i modelli ottenuti con lo *hole diffeomorphism* siano in realtà lo *stesso oggetto matematico*, in quanto ritiene che un oggetto matematico sia sempre dato a meno di isomorfismi e che oggetti matematici isomorfi siano in realtà lo stesso oggetto matematico. Ogni classe di oggetti matematici ha una sua specifica realizzazione del concetto di isomorfismo. Ora, gli oggetti in questione in relatività generale e nello *Hole argument* sono le varietà riemanniane e le varietà riemanniane isomorfe sono quelle isometriche: lo *hole diffeomorphism* (con connesso *drag along*) è un'isometria. Quindi i vari modelli diffeomorfi (come si trova detto spesso in letteratura), ma più esattamente isometrici, sono quindi in realtà, secondo questa posizione, *lo stesso oggetto matematico* e dunque viene meno il presupposto stesso a partire dal quale poter ritenere che rappresentino, nella teoria fisica geometrizzata, realtà fisiche diverse. Questa posizione, che – per così dire – si situa a livello matematico, è sostenuta da James O. Weatherall in “Regarding the ‘Hole Argument’” (2015) e direi che si fonda su una posizione strutturalista in filosofia della matematica.

L'altro modo di risolvere lo *Hole argument* è negare che *le situazioni fisiche* rappresentate dai diversi modelli siano in realtà *diverse*, cioè ritenere che i diversi modelli siano (“soltanto”) diversi modi di rappresentare la stessa realtà fisica. È questo ciò che viene chiamato principio della *Leibniz equivalence* ed è la posizione diffusa tra i fisici e che si trova nei manuali di fisica⁵². Oltre che della generalità dei fisici, questa è la posizione di John Norton, in “Einstein, the Hole Argument and the Reality of Space”

⁵² Da Earman e Norton, “What Price Spacetime Substantivalism? The Hole Story”, p. 522: «This denial [della *Leibniz equivalence*] already places substantivalists ‘at odds with’ *standard modern texts in general relativity, in which this equivalence is accepted unquestioningly* in the specific case of manifolds with metrics.» [corsivo mio].

(«We shall see that the really important conclusion Einstein drew from this episode [the hole and point-coincidence arguments] was a result which I label “Leibniz equivalence”»⁵³), per il quale la conseguenza dell’indeterminismo radicale ottenuta nello *Hole argument* sembra avere il ruolo della contraddizione nello schema argomentativo della *reductio ad absurdum* («It is clear from retrospective appraisal of the hole argument, that *unless we accept* Leibniz equivalence, *we will commit ourselves to* an altogether unacceptable variety of indeterminism when we come to formulate generally covariant field theories such as general relativity.»). Definirei questa soluzione situata “al livello fisico” e direi che essa è basata su un atteggiamento verificazionista, secondo cui ciò che ha la stessa portata osservativa è equivalente (nella fattispecie, modelli che hanno la stessa valenza osservativa hanno lo stesso significato).

L’altro modo ancora di risolvere lo *Hole argument*, evitando l’indeterminismo, è negare che le situazioni fisiche diverse rappresentate dai diversi modelli diffeomorfi siano (tutte, o meglio, più esattamente, tutte meno una) *possibili*.

Non si mette in discussione che i diversi modelli $\langle M, g, T \rangle$ *siano effettivamente* diversi fra loro sul piano matematico. Né si ritiene che essi rappresentino in realtà la stessa situazione fisica, la stessa realtà fisica. Ma si esclude – in ultima analisi – direi questo: che, fra tutte le situazioni fisiche diverse rappresentate, più di una sia *possibile, come situazione diversa riguardante lo stesso spaziotempo, i medesimi punti-evento che lo costituiscono*. E si esclude che, fra tutti i modelli diffeomorfi che rappresentano situazioni diverse dello spaziotempo, più di uno di essi possa fornire una rappresentazione adeguata di esso; ‘di esso’ nel senso di ‘dello stesso spaziotempo’. L’estensione del termine ‘diverse’ va naturalmente inteso nel senso pertinente al contesto dell’argomentazione ed essa pertanto “ammonta” – per così dire – al contesto

⁵³ Norton [1987], p. 156

dei diffeomorfismi. Diverse non va inteso – per chiarire – nel senso in cui sono diverse fra loro le situazioni fisiche espresse dalle diverse soluzioni delle equazioni della relatività generale – cui ho già fatto accenno – quali quella Schwarzschild, Gödel, de Sitter, Kerr, ecc.

Affinché si dia l'indeterminismo prospettato nello *Hole argument* occorre che le situazioni fisiche diverse, che lo determinano, si realizzino, all'interno dello *hole*, nell'ambito degli *stessi punti* dello spaziotempo, che ne determina connotati spaziali e temporali, o spaziotemporali. (Oltre ovviamente al dover essere tutte le situazioni fisiche all'interno dello *hole* collegate a (proseguimento spaziotemporale di) una stessa situazione fisica al di fuori di esso). Perché se si pensasse a quegli stati di cose possibili, o mondi possibili, come non riguardanti le stesse cose, non si avrebbe una situazione di indeterminismo, ma una serie di situazioni che non c'entrano niente l'una con l'altra. E i rispettivi punti nei modelli devono essere identificati come gli stessi punti, sui quali si ricolloca, nei vari diffeomorfismi, diversamente il campo tensoriale metrico ed il campo tensoriale energia/impulso.

E, corrispondentemente a quanto ho evidenziato sopra, anche proprio nello sforzo di elaborare un'analisi che potesse essere premessa comune all'introduzione delle soluzioni di Tim Maudlin e Jeremy Butterfield, è proprio su quel fulcro di 'riguardare *gli stessi punti-evento*', essenziale per lo stabilirsi dell'indeterminismo, che essi incentrano la loro critica dello *Hole argument*. Entrambi, con argomentazioni diverse, anzi, sotto un certo aspetto opposte, negano che le situazioni fisiche diverse rappresentate dai diversi modelli diffeomorfi possano essere costituite dagli stessi punti spaziotemporali; come tali, esse non sono possibili. Tim Maudlin perviene a questa conclusione nella considerazione delle proprietà metriche dei punti spaziotemporali come *proprietà essenziali* degli stessi, richiamandosi alla posizione metafisica di Saul

Kripke, mentre Jeremy Butterfield vi perviene nella considerazione delle diverse situazioni fisiche rappresentate dai diversi modelli diffeomorfi quali *controparti*, quindi non legate tra loro dalla relazione di identità, richiamandosi alla posizione metafisica di David Lewis. La collocazione di tali posizioni è a livello metafisico ed esse si basano, come già accennato, rispettivamente, sull'essenzialismo e sulla teoria delle controparti.

Su un terreno metafisico sono anche le argomentazioni di Carl Hoefer (“The Metaphysics of Space-Time Substantivalism”) e Michael Esfeld & Vincent Lam (“Moderate structural realism about space-time”), cui ho già accennato sopra. Esse più che posizioni che in qualche modo contrastano lo *Hole argument*, come sicuramente le ultime viste di Maudlin e Butterfield, ma come anche quella di Weatherall, sono piuttosto elaborazioni di una metafisica che parte da esso.

Nessuno – da quanto ho potuto trovare nella letteratura da me consultata – ha sostenuto una posizione di accettazione dell'*indeterminismo radicale*, come esito della questione dello *Hole argument*. Né alcuno ha proposto, come via d'uscita a quella problematica, di abbandonare la covarianza generale della teoria della relatività generale. Nessuno eccetto Einstein stesso (rispetto al *Lochbetrachtung*) dalla metà del 1913 alla metà del 1915.

2 - LO HOLE ARGUMENT DI EARMAN E NORTON

Illustrando l'articolo di Earman e Norton la prima cosa che mi pare significativo evidenziare è che *essi stessi delineano i contorni del loro obiettivo polemico*, il sostanzialismo spaziotemporale («spacetime substantivalism»), e, poi, i termini in cui lo fanno. Ciò, sia avendo presente il fatto che nel dibattito conseguente al loro articolo non vengono sempre accettati in modo indiscusso quei punti di partenza nella loro argomentazione, come pure per precisare l'oggetto principale del loro articolo, a cui il loro attacco è rivolto.

Tale delineazione dei contorni del sostanzialismo spaziotemporale viene effettuata da parte loro rispetto – per così dire – a due “dimensioni”: la *definizione di sostanzialismo spaziotemporale* e *l'identificazione della struttura matematica che nella concezione sostanzialista rappresenta lo spaziotempo*, all'interno della teoria in cui è collocata la loro argomentazione (e poi tutta la problematica che ruota intorno ad essa), cioè la teoria della relatività generale.

Essi procedono prima alla trattazione della seconda questione qui indicata e successivamente, nel terzo capitolo del loro lavoro, all'altra.

Ma, prima di entrare nel merito di quanto sopra, un piccolissimo accenno al contesto storico nel quale è apparso l'articolo di Earman e Norton⁵⁴. E esso, come ho già ricordato nel capitolo precedente, pone una questione che era stata già trattata in precedenza dallo stesso Einstein al momento dell'elaborazione della sua teoria della

⁵⁴ Devo questo inquadramento storico, il cui approfondimento non è però tra i fini della presente ricerca, ad un colloquio con il Prof. Vincenzo Fano in occasione di una summer school organizzata dal Centro Interuniversitario di Ricerca in Filosofia e Fondamenti della Fisica.

relatività generale. Ci si può quindi chiedere come mai Earman e Norton ripresentino nel 1987 tale questione.

Ebbene, "What Price Spacetime Substantivalism? The Hole Story" rappresenta, dal punto di vista della sua collocazione storica, una reazione all'emergere di una concezione sostanzialista oltre che realista dello spaziotempo, che era stata portata avanti, nel contesto della prevalenza in epoca post-neopositivistica di un atteggiamento realistico nei confronti dei termini teorici delle teorie scientifiche (cui ho già accennato nell'Introduzione), intorno agli anni Settanta, da studiosi quali Howard Stein⁵⁵, Lawrence Sklar, Graham Nerlich e, in una prima fase del suo pensiero, anche lo stesso John Earman⁵⁶.

Leggendo, ad esempio, i due articoli di Stein e di Earman qui citati in nota, si trovano, infatti, difese di Newton nei confronti delle critiche a lui rivolte da relazionisti quali Leibniz, Huygens e Mach, anche se non vi si trova proprio un'esplicita formulazione del sostanzialismo spaziotemporale, quale quella delineata, almeno in parte, da Earman e Norton in "What Price Spacetime Substantivalism? The Hole Story".

Tornando alla delineazione dei contorni del sostanzialismo spaziotemporale effettuata da Earman e Norton, si può notare come l'espressione della necessità che si proceda da parte loro ad una definizione dei contorni del sostanzialismo spaziotemporale sia implicita nell'osservazione che essi fanno riguardo alla mancanza di una precisazione da parte dei sostanzialisti stessi di quale struttura matematica rappresenti lo spaziotempo, come pure nelle loro osservazioni circa le criticità che vi sono intorno alla definizione della posizione sostanzialista. Essi, infatti, così lamentano la mancanza di una chiara specificazione di quale sia la struttura matematica che

⁵⁵ V. Howard Stein, "Newtonian space-time", *Texas Quarterly*, vol. 10, 1967

⁵⁶ V. John Earman, "Who's afraid of absolute space?", *Australasian Journal of Philosophy*, vol. 48, 1970

rappresenta lo spaziotempo come i sostanzialisti lo concepiscono: «A repeated problem in the literature on spacetime substantivalism is a failure to specify clearly the structure to which substantival properties are ascribed.»⁵⁷. (È nel contempo però da essi indicata un'eccezione: «A welcome exception is Friedman [1983], chapter VI, where the manifold is identified as spacetime [...]»⁵⁸, con la quale peraltro concordano. (Concordano, naturalmente, nel senso non che condividono tale concezione, ma nel senso che ritengono che essa sia quella che il sostanzialista spaziotemporale è tenuto ad assumere al riguardo)).

Alla domanda «What structure in spacetime theories represents spacetime? That is, of what does the spacetime substantivalist hold a substantivalist view?» essi rispondono: «We view the manifolds M of the models as representing spacetime.», precisando, poco sotto: «Thus we look upon the *bare manifold* – the ‘container’ of these fields – as space-time.»⁵⁹. Un motivo che a loro parere giustifica questa identificazione con la *nuda varietà*, cioè la varietà topologica o differenziale (ancora) priva della struttura metrica che essa assume, con il campo tensoriale g (e unitamente al campo tensoriale T), quando viene costituita come modello delle equazioni di Einstein, è il seguente: «The advent of general relativity has made most compelling the identification of the bare manifold with spacetime. For in that theory geometric structures, such as the metric tensor, are clearly physical fields in space-time.»⁶⁰.

E questa – mi pare – può proprio sembrare in effetti la più piena, e fors'anche la più coerente, espressione del sostanzialismo, poiché in essa l'idea dell'autonomia ed indipendenza (dello spazio e/o dello spaziotempo, in riferimento ai diversi contesti) è

⁵⁷ Earman e Norton [1987], p. 519

⁵⁸ Earman e Norton [1987], p. 519; Friedman [1983] è: Michael Friedman, *Foundations of Space-Time Theories*, Princeton University Press

⁵⁹ Earman e Norton [1987], p. 518, corsivo mio.

⁶⁰ Earman e Norton [1987], p. 519

autonomia e indipendenza veramente rispetto a tutto: materia ed ogni campo, compreso il campo metrico, dal quale il sostanzialista spaziotemporale, che intende rivendicare l'esistenza indipendente dello spaziotempo, può volersi svincolare per il fatto che esso, nella relatività generale, è un campo che risente del fattore gravitazione, il quale dipende dalla massa/energia e quindi dalla materia, dai corpi; ma forse anche sulla base del fatto stesso che esso è, qualunque sia la sua natura, un campo *nello* spazio(tempo).

Mi pare però anche che, se in tale scelta si realizza pienamente lo svincolamento da ogni campo che sia nello spaziotempo, ben poco, in tale identificazione, si realizzi (si possa rispecchiare) della realtà dello spaziotempo assunta dal sostanzialista spaziotemporale. Quest'ultimo, per il quale, facendo riferimento alla coppia di alternative che ho posto nell'Introduzione, lo spaziotempo non è soltanto uno spazio matematico che rappresenta un mondo tridimensionale che evolve nel tempo, ma una vera e propria realtà quadridimensionale ed un insieme di *event location* (anziché un insieme di *event*), dovrà avere – ritengo – un'idea dello spaziotempo che comporta l'idea di una ben determinata collocazione degli elementi, o delle parti, dello spaziotempo e l'idea di una vicinanza fra essi. Ma nella nuda varietà (topologica, ed eventualmente differenziale) non vi è una nozione di collocazione dei propri elementi, né *quella* nozione di vicinanza (c'è soltanto una nozione più tecnica di vicinanza, che è quella che emerge dalla topologia e che, a differenza della vicinanza nel senso detto sopra, non ha alcun rapporto con la nozione di distanza), né una metrica (non essendovi, evidentemente, in tale spazio matematico alcuna idea (intrinseca) di essa), ma neanche di alcuna particolare (che rispecchi una particolare distribuzione della curvatura) forma (se non nel senso astratto topologico). Quindi direi che la nuda varietà può rispecchiare troppo poco della realtà dello spaziotempo del sostanzialista e così mi pare si possa

dubitare del fatto che egli possa realmente essere soddisfatto di tale identificazione compiuta da Earman e Norton.

Mi pare poi, comunque, che si possa osservare, d'altra parte, anche che, se quella (dell'indipendenza da ogni cosa in esso) è l'idea essenziale che Earman e Norton, nella loro risposta alla domanda di quale sia la struttura matematica che rappresenta lo spaziotempo (per il sostanzialista), colgono nel sostanzialismo, allora essi dovrebbero, conseguentemente, ritenere che il sostanzialismo è definibile, quando si voglia rispondere alla domanda di cosa esso sia, in termini di autonomia ed indipendenza dello spaziotempo rispetto ad ogni cosa in esso, mentre essi non accettano di assumere nelle loro argomentazioni tale definizione.

Si pone qui, secondo me, anche una questione, che mi pare fondamentale: che significato ha, nella definizione di sostanzialismo in termini di 'indipendenza da ogni cosa in esso', il termine 'indipendenza'? Si vuole intendere che, indipendentemente da ogni cosa in esso, si ha (soltanto) *la "pura e semplice" esistenza*, o si vuole intendere che anche *le caratteristiche* di ciò che vogliamo asserire essere indipendente siano tali, cioè indipendenti da ogni cosa in esso? Ora, mi sembra però che, se per molti degli oggetti che possiamo considerare sono effettivamente sensate le due possibilità distinte, per spazio, tempo e spaziotempo (come insieme di *event location*), che – direi – sono "oggetti" molto particolari, la questione si ponga diversamente, in quanto, se riguardo ad essi, che – per così dire – non sono nulla se non la distanza tra le proprie parti (o elementi), nel senso che – per così dire – quest'unica caratteristica è tutto ciò che hanno, o che sono, che consistono in questo ed in questo soltanto, si nega l'indipendenza di tale caratteristica da ogni cosa in essi, mi sembra che non resti neanche alcuna ("pura e semplice") esistenza indipendente da ogni cosa in essi. Mi pare che se le loro caratteristiche metriche sono *generate dal* campo, allora essi non hanno neanche alcuna

(“pura e semplice”) esistenza autonoma; come afferma Einstein, essi *sono* una *qualità* strutturale *del* campo.

Questa – mi sembra – è esattamente la natura dello spazio matematico costituito dal *manifold*, e la natura della coordinatizzazione di esso, cioè dei sistemi di coordinate in esso; dove una coordinatizzazione di esso, una carta locale, è costituita da un diffeomorfismo da esso a \mathbb{R}^n .

Venendo all'altra delle due questioni poste all'inizio, a cui ho però già fatto un po' riferimento qua sopra, Earman e Norton, poi, al capitolo 3 – “What is spacetime substantivalism?: Denial of Leibniz equivalence”, passano al problema di definire cosa sia il sostanzialismo spaziotemporale.

Essi delineano una prima risposta, nei termini seguenti: «In broad outline, the spacetime substantivalist holds that spacetime can exist independently of any of the things in it.»⁶¹

Rispetto a tale definizione però essi notano che: «In this form, the thesis is disastrous, because it is automatically denied by every spacetime theory with which we deal. [...]».

Essi prendono quindi in considerazione alcune riformulazioni della definizione di sostanzialismo spaziotemporale, presentate come meno problematiche, ma esaminate molto brevemente e pare con scarsa considerazione, per approdare poi immediatamente alla conclusione che comunque, fortunatamente, non è necessario arrivare a risolvere tale «reformulation problem», a stabilire, cioè quale sia la definizione corretta. Earman e Norton, infatti, scelgono, in luogo di assumere una definizione di cosa il loro obiettivo polemico sia, di assumere che il sostanzialismo spaziotemporale debba necessariamente implicare la negazione della *Leibniz equivalence*, che per essi costituisce un “test di sostanzialismo”:

⁶¹ Earman e Norton [1987], p. 521

Whatever reformulation a substantialist may adopt, they must all agree concerning an acid test of substantialism, drawn from Leibniz. If everything in the world were reflected East to West (or better, translated 3 feet East) retaining all the relations between bodies, would we have a different world? The substantialist must answer yes since all the bodies of the world are now in different spatial *locations*, even though the relations between them are unchanged.⁶²

Essi considerano ciò sufficiente ai loro fini: «The necessary agreement of substantialists on this test is *all* we shall need to arrive at the dilemma below.»⁶³.

È però evidente che il *Leibniz shift* riguarda lo spazio anziché lo spaziotempo e quindi costituisce un test per il sostanzialismo dello spazio e non per il sostanzialismo dello spaziotempo. Ma Earman e Norton ritengono che si possa convertire quel test in un test per il sostanzialismo spaziotemporale, nel contesto delle teorie dello spaziotempo. Essi attuano ciò prendendo, come corrispettivo nello spaziotempo della ricollocazione di tutti i corpi nello spazio con le loro relazioni metriche inalterate, il diffeomorfismo; affermano infatti: «The diffeomorphism is the counterpart of Leibniz' replacement of all bodies in space in such a way that their relative relations are preserved.». Essi definiscono poi lo *hole diffeomorphism*, che, in virtù della covarianza generale della teoria, genera nuovi modelli di essa, i quali, visti sotto l'aspetto attivo, non rappresentano meri cambi di sistemi di coordinate.

Dopodiché asseriscono:

It now follows immediately that the substantialist' denial of Leibniz equivalence leads to a very radical form of indeterminism in all local spacetime theories, since *for a substantialist the diffeomorphic*

⁶² Earman e Norton [1987], p. 521; corsivo mio

⁶³ Earman e Norton [1987], p. 521; corsivo mio

*models of the hole corollary must represent different physical situations.*⁶⁴

Questo è il punto cruciale del loro argomento.

Mi pare che si possa qui osservare, considerato anche che Earman e Norton non fanno riferimento ad una ben precisa posizione storicamente determinata di sostanzialismo spaziotemporale, ma assumono qualcosa come “un atteggiamento sostanzialista”, il quale, riferito prima a Newton, per lo spazio e il tempo, viene poi esteso allo spaziotempo, che essi sembrano forse presupporre troppo “pacificamente” che l’atteggiamento sostanzialista nei confronti dello spazio si debba trasformare automaticamente, necessariamente, in atteggiamento sostanzialista nei confronti dello spaziotempo. Ma questo – mi chiedo – potrebbe forse anche non avvenire? Tenendo presente la dicotomia esposta da Petkov, che ho evidenziato nel primo capitolo, infatti, un sostanzialista riguardo allo spazio il quale ritenesse che lo spaziotempo non è più che uno spazio matematico che rappresenta un mondo tridimensionale che evolve nel tempo non sarebbe certo un sostanzialista nei confronti dello spaziotempo.

Ma c'è, secondo me, un'altra questione riguardo al passaggio che Earman e Norton fanno dal *Leibniz shift* allo *hole diffeomorphism*. Essi passano ... – o meglio – fanno passare il sostanzialista dall'accettazione – effettivamente propria della sua concezione – del fatto che sia sensato concepire una collocazione diversa dei corpi nello spazio (rispetto allo spazio assoluto) all'accettazione del fatto che *egli deve interpretare, in ragione del suo sostanzialismo* (spaziotemporale), i modelli diffeomorfi della relatività generale come raffiguranti collocazioni diverse l'una dall'altra della materia o del campo gravitazionale nello spaziotempo, tutte ugualmente compatibili con

⁶⁴ Earman e Norton [1987], p. 523; corsivo mio

le leggi della teoria – naturalmente. La trasformazione da un modello all'altro, però, mi sembra non sia esattamente il corrispettivo del *Leibniz shift*: quest'ultimo è presentato come qualcosa che opera (si suppone per mano di Dio) direttamente sulla realtà, nella realtà, ed è un ragionamento di ambito metafisico, che il sostanzialista non può non accettare; lo *hole diffeomorphism*, invece, è qualcosa che opera su modelli, è un'operazione matematica che da un modello di una teoria generalmente covariante costituisce un altro modello di essa, operando su oggetti matematici quali varietà e tensori, e cosa quei modelli rappresentino mi sembra una questione alla quale non si possa dare una risposta sulla base di una posizione metafisica. Ma se la risposta a tale domanda non può essere data sulla base di una posizione metafisica, allora una posizione metafisica – il sostanzialismo spaziotemporale, in particolare – non può neanche essere ritenuto impegnato necessariamente a favore dell'idea che i modelli diffeomorfi costituiscano soluzioni delle equazioni di Einstein che asseriscono una diversa dislocazione della massa/energia o del campo gravitazionale in una parte dell'universo, dando luogo al problema dell'indeterminismo radicale.

Un'illustrazione di "What Price Spacetime Substantivalism? The Hole Story" deve sicuramente menzionare l'*aspetto attivo* della covarianza generale, in quanto, come ho già evidenziato nel primo capitolo, esso è assolutamente essenziale per la loro argomentazione, cioè per l'insorgere dell'indeterminismo radicale.

Earman e Norton fanno presente ciò nel primo capitolo del loro lavoro ("INTRODUCTION"), dove scrivono infatti: «General covariance can be understood in the usual passive sense as the form invariance of these equations under arbitrary spacetime coordinate transformation. Viewed passively, the choice of a gauge is merely a restriction on the spacetime coordinate systems which can be used. This obscures the connection between determinism and the gauge freedom. However the dual active

interpretation of general covariance makes the connection much clearer. It is expressed as a gauge freedom in the theory's models.».

Con una nota al termine degli enunciati riportati qui sopra (nota 1), essi rimandano per una trattazione della covarianza generale in tale senso attivo ad un lavoro di John Stachel, "What a Physicist Can Learn from the Discovery of General Relativity", citato come Stachel [1985]. Sicuramente in quel lavoro di Stachel non si trova però una spiegazione dell'aspetto attivo della covarianza generale, che non si trova neanche in Stachel [1980], "Einstein's Search for General Covariance". Un'ampia (e dettagliata, rispetto non solo a covarianza generale, ma anche rispetto a trasformazioni, *Hole argument* e *Point-Coincidence Argument*) trattazione di lettura attiva e passiva si trova, invece, in un lavoro di Norton stesso, "Einstein, the Hole Argument and the Reality of Space", del medesimo anno di "What Price Spacetime Substantivalism? The Hole Story"; un lavoro di poco precedente a quest'ultimo, e che – a mio avviso – rappresenta una vera e propria introduzione ad esso, non solo per quanto riguarda la spiegazione dell'aspetto attivo, ma anche per l'inquadramento che di quel lavoro immediatamente successivo (lì già citato, come *forthcoming*) viene fornito, nel suo significato di risposta alla domanda di quale sia la lezione ultima da trarre dalla problematica che attanagliò Einstein fra il 1913 e il 1916 nella sua ricerca della covarianza generale e che si espresse nel suo *Lochbetrachtung* e nel suo *point-coincidence argument*, risposta costituita per Norton (e per Earman) dal *rifiuto del sostanzialismo spaziotemporale*, e risposta lì raffrontata da Norton con le altre emerse, costituite dall'*anti-realismo spaziotemporale* ⁶⁵ (attribuibile allo stesso Einstein nel 1915 e 1916 prendendo alla

⁶⁵ V. Norton [1987], p. 177: «*Non-Realism About Spacetime*»

lettera certe sue affermazioni di quegli anni) e dalla *perdita di individuazione da parte degli eventi spaziotemporali*⁶⁶ (teorizzata da parte di John Stachel).

Earman e Norton, nella parte finale del paragrafo (“The Gauge Theorem”) in cui presentano il teorema secondo cui se $\langle M, O_1, \dots, O_n \rangle$ è un modello di teoria spaziotemporale locale e h è un diffeomorfismo da M a M , allora la $(n+1)$ -pla $\langle M, h^*O_1, \dots, h^*O_k \rangle$ (dove h^* indica l’operazione di *drag along* degli oggetti geometrici lungo il diffeomorfismo h) è anch’essa un modello della teoria, enunciano la connessione che vi è tra il senso attivo della covarianza generale e l’usuale interpretazione passiva di essa: «To see the connection between this gauge theorem and general covariance in its usual passive reading, recall that there is a natural one-one correspondence between diffeomorphism on M and coordinate transformations of a particular coordinate system $\{x^m\}$ of M . Let the diffeomorphism h map the point p of M to hp . Then the corresponding coordinate transformation assigns the new coordinates $\{x^{m'}\}$ to p , where the values of $\{x^{m'}\}$ at p are equal to the coordinates of hp in the original coordinate system $\{x^m\}$. Using this correspondence one can translate theorems from the active to the passive language – that is from theorems dealing with diffeomorphisms to theorems dealing with coordinate transformations – and *vice versa*.»⁶⁷.

Ricorrendo a “Einstein, the Hole Argument and the Reality of Space” si coglie molto chiaramente il significato della lettura attiva della trasformazione sulla varietà usata nello *hole diffeomorphism*. Vi è lì spiegato infatti come, data una varietà (quadrimensionale) ed un sistema di coordinate in essa e data una funzione da \mathbb{R}^4 a \mathbb{R}^4 ...: Norton dice lì soltanto «smooth», ma in realtà: bigettiva, bicontinua e

⁶⁶ Ibid., p. 177: «*Spacetime Events Lose Individuation*»

⁶⁷ Earman e Norton [1987], p.520

bidifferenziabile (cioè, in pratica, un diffeomorfismo), con essa si possano fare due cose sulla varietà. La prima è usare tale funzione per definire un nuovo sistema di coordinate su questa, facendo corrispondere, tramite essa, ad ogni 4-pla x^n di numeri reali, che costituisce la coordinata di un punto, la 4-pla x^m ed ottenendo così un nuovo sistema di coordinate. L'altra è usare quella funzione per definire una trasformazione, h , che si dimostra essere un diffeomorfismo (in quanto composizione di tre diffeomorfismi⁶⁸), la quale (senza “spostare” alcun punto della varietà sulla stessa!) *associa* punti di essa a punti di essa, associando al punto di coordinate x^n il punto che *sempre nello stesso sistema di coordinate* ha coordinate x^m . A questo punto si possono “trascinare” (è quello che viene chiamato *drag along*, o *push forward*, o *pull back*) gli oggetti geometrici (questi sì si spostano)⁶⁹ e così, con tale applicazione indicata con h^* , ogni tensore in un punto p viene mandato nel punto $h(p)$ (e così si sposta tutto il campo tensoriale), secondo la condizione – volendo trarre dal lavoro di Norton qui sopra richiamato, a pag. 166 – per cui: «The components of the carried along metric h^*g_{ab} at hp in the carried along coordinate system at hp are numerically equal to the components of the original metric g_{ab} at p in the original coordinate system.».

Norton definisce il tensore in hp nei termini di un terzo sistema di coordinate (diverso da quello originario sulla varietà ed anche da quello definito sopra usando la funzione da \mathbb{R}^4 a \mathbb{R}^4) che preventivamente definisce come composizione dell'inversa di h con il vecchio sistema di coordinate e che chiama, con riferimento ad h^* , h^*x^n .

⁶⁸ quello costituito dal sistema di coordinate (ogni sistema di coordinate su una varietà è, per definizione, un diffeomorfismo dalla varietà a \mathbb{R}^n), seguito dalla funzione da \mathbb{R}^4 a \mathbb{R}^4 che abbiamo introdotto ed infine dall'inversa del sistema di coordinate, che ci riporta su M .

⁶⁹ (... per lo meno considerando gli oggetti matematici di cui stiamo trattando *ad un certo livello di astrazione*; se questa operazione la si fa su una varietà riemanniana e si considera come oggetto geometrico che si sposta il tensore metrico, ad un certo livello di astrazione, trovandosi alla fine del processo con la *stessa* varietà riemanniana, il punto associato risulta in realtà essere lo stesso, e il tensore, quindi, non si è spostato)

Il punto essenziale, il fine, del drag along è quello di definire, nei punti immagine secondo il diffeomorfismo, un tensore il cui comportamento sia uguale a quello che il tensore di partenza aveva nei punti sorgente, nel senso che i valori, che, come applicazione da elementi dello spazio tangente della varietà ad \mathbb{R} , assume, sono gli stessi che assume il tensore di partenza, nei confronti di n-ple di vettori tangenti che si corrispondono sulla base dell'isomorfismo indotto fra spazi tangenti dal diffeomorfismo h . Ciò comporta, nel caso del tensore metrico, che viene riprodotto lo stesso comportamento anche nel senso della (stessa) rete delle relazioni metriche tra punti che si corrispondono tramite h .

Ciò si può ottenere a prescindere dal sistema di coordinate che si voglia usare per definire il nuovo tensore. Norton sceglie qui di usare quel terzo sistema di coordinate. Prima di commentare la sua definizione di pag. 166 sopra riportata, è opportuno fare una precisazione. Parlando di *identità numerica delle componenti* (nei cui termini considero ora la definizione di un nuovo tensore, sia avendo scelto di seguire in ciò Norton, sia volendo restare vicini al contesto di Einstein, sia perché sottolineerei che, anche considerando il livello più astratto in cui si considerano i tensori come applicazioni da elementi dello spazio tangente ad \mathbb{R} , ogni concreta definizione su una particolare varietà non può che attuarsi per mezzo delle componenti del tensore, e quindi necessariamente con riferimento a un particolare sistema di coordinate) bisogna precisare che vogliamo *non che le componenti siano identiche come funzioni, ma come valori che le funzioni assumono per le coordinate dei punti in considerazione, in corrispondenza a diversi sistema di coordinate*, cosa che, in generale, non sarà data dalle stesse funzioni.

Tale aspetto attivo della covarianza generale viene da Earman e Norton messo in pratica nel *Gauge Theorem* di cui forniscono una dimostrazione, a pagina 520 del loro articolo.

Un'illustrazione dell'articolo di Earman e Norton, infine, non può non fare riferimento alla precisazione che essi fanno riguardo al fatto che la loro argomentazione è situata all'interno del contesto delle «local spacetime theories», circostanza a cui essi danno forte rilievo, affermando: «*We consider only local spacetime theories.*»⁷⁰ ed ancor più sostenendo: «The dilemmas developed below *arise* in local spacetime theories.»⁷¹ e: «This view [che lo spaziotempo sia rappresentato dalla nuda varietà] *follows* naturally from the local formulation of spacetime theories.»⁷².

Innanzitutto è opportuno precisare in cosa consiste, nel contesto che stiamo trattando, la caratteristica della località, o formulazione locale, delle teorie spaziotemporali. Essa consiste nel fatto che, nel formulare la teoria, in termini di uguaglianze fra tensori su una varietà, *non vengono imposte condizioni, o fatte assunzioni, sulle proprietà globali topologiche o metriche della varietà.* (La metrica – il campo metrico g – è infatti nella teoria della relatività generale una incognita delle equazioni fondamentali della stessa). La teoria così localmente formulata avrà sempre, come illustrato da Earman e Norton all'inizio del capitolo 2 – «LOCAL SPACETIME THEORIES», modelli costituiti da una $(n+1)$ -pla costituita, da una parte, dalla nuda varietà (differenziale) e, dall'altra, da n oggetti geometrici definiti ovunque su di essa (fra cui il tensore metrico).

Earman e Norton, poco oltre quanto qui sopra citato, danno una definizione di teoria locale dello spaziotempo in termini di una 'condizione di completezza' («*Completeness*

⁷⁰ Earman e Norton [1987], p. 517

⁷¹ Earman e Norton [1987], p. 517; corsivo mio

⁷² Earman e Norton [1987], p. 518; corsivo mio

condition)⁷³, ma in essa la proprietà della località della teoria è in realtà tutta contenuta nella forma (sopra specificata) della teoria, e dunque nella prima parte del condizionale usato in quella definizione, mentre la seconda parte di tale condizionale ha nella definizione unicamente il significato di esprimere l'aspetto della completezza della teoria in esame, anziché la località della sua formulazione.

Ora, mi pare si possa però osservare che, se l'asserzione di Earman e Norton secondo cui l'identificazione, che essi attribuiscono al sostanzialista spaziotemporale, dello spaziotempo con la nuda varietà segue in modo naturale dalla formulazione locale della teoria spaziotemporale («This view follows naturally from the local formulation of spacetime theories.») possa trovare effettivamente un riscontro ed una ragione nella distinzione che, nella formulazione locale, la struttura dei modelli $\langle M, O_1, \dots, O_k \rangle$ ha, con la nuda varietà da una parte e gli oggetti geometrici su di essa dall'altra, l'*elemento fondamentale che fa sorgere* («arise») lo *Hole argument*, invece, stia essenzialmente, anziché nella località della formulazione della teoria, come Earman e Norton sostengono («The dilemmas developed below arise in local spacetime theories.»), nel diffeomorfismo; nei diffeomorfismi che costituiscono, in conseguenza della covarianza generale, il gruppo di invarianza della teoria. È il diffeomorfismo – questa applicazione bigettiva, bicontinua e bidifferenziabile –, e solo esso, infatti, che, matematicamente, consente di dar luogo ad una trasformazione da un modello all'altro che, quale quella attuata nello *hole diffeomorphism*, cuore dello *Hole argument*, può essere significativamente diversa in una determinata limitata regione (*hole*) e l'identità in tutto

⁷³ «We shall call a spacetime theory a 'local spacetime theory' if it has the above form and satisfies the completeness condition: [...] If a spacetime theory has models of the form $\langle M, O_1, \dots, O_n \rangle$ which satisfy field equations $O_k=0, O_{k+1}=0, \dots, O_n=0$, then every $n+1$ tuple of this form which satisfies the field equations is a model of the theory.».

In questa condizione, $O_k=0, O_{k+1}=0, \dots, O_n=0$ sono una serie di equazioni tensoriali alle quali le equazioni tensoriali della teoria sono ridotte matematicamente; sono cioè equivalenti alle equazioni fondamentali della teoria, ma espresse in altra forma.

il resto dello spaziotempo che sta intorno a tale regione, creando così la condizione che fa sorgere il problema al centro dello *Hole argument*, cioè l'indeterminismo della teoria. È ora sicuramente necessario mettere in luce il rapporto fra covarianza generale, che è un ingrediente essenziale dello *Hole argument*, e formulazione locale delle teorie dello spaziotempo. Il punto lì è che *la covarianza generale si può attuare soltanto in formulazioni locali* di teorie spaziotemporali. Questo perché la covarianza generale, intesa come invarianza per diffeomorfismi della teoria, richiede una teoria formulata in termini di varietà differenziabili e oggetti geometrici definiti su di essa. Formulazione locale di una teoria dello spaziotempo significa che le equazioni fondamentali di essa sono espresse in termini di uguaglianze tra campi tensoriali. Ora, un'uguaglianza fra tensori è di per sé, anche a livello puramente matematico, qualcosa di locale, nel senso che non dipende da come il campo è in punti lontani e *dalle caratteristiche globali della varietà*.

Un altro rapporto da chiarire in questo contesto, infine, è quello fra formulazione locale e dinamicità dello spaziotempo. A questo proposito, è opportuno notare come la formulazione locale non implichi che la teoria preveda uno spaziotempo dinamico, come Earman e Norton stessi fanno presente con gli esempi della relatività speciale e dell'elettromagnetismo.

3 - LA POSIZIONE DI TIM MAUDLIN SULLA PROBLEMATICHE DELLO *HOLE ARGUMENT*

Come ho detto nel primo capitolo, affinché lo *Hole argument* colga nel segno, comportando l'indeterminismo, è necessario che si abbiano *diverse* realtà fisiche *possibili*, espresse da *modelli diversi* della teoria, ugualmente compatibili con le sue equazioni fondamentali, cosicché costituiscono soluzioni al problema da esso posto le argomentazioni che portino alla conclusione o che non si tratta di realtà fisiche *diverse*, oppure che non si tratta di realtà fisiche *possibili*, oppure ancora che, addirittura, *non si tratta di modelli in realtà diversi*. La soluzione proposta da Tim Maudlin si basa sull'asserzione che le situazioni fisiche diverse rappresentate dai diversi modelli ottenuti per diffeomorfismi (a partire – preciserei – dal modello che si ritiene rappresenti lo spaziotempo attuale) non sono possibili. La sua assunzione fondamentale, alla base dell'argomentazione con cui egli contrasta, in "The Essence of Space-Time" (1988) ed in "Substances and Space-Time: What Aristotle Would Have Said to Einstein" (1990), l'argomento di Earman e Norton, è che *è assurdo concepire che i punti dello spaziotempo abbiano proprietà metriche diverse da quelle che essi effettivamente hanno. Le costruzioni fisico-matematiche che rappresentano ciò, assurdamente, esprimono, dunque – secondo lui – , una situazione fisica che non è possibile*. Ciò evidentemente blocca lo *Hole argument* in quanto il diffeomorfismo alla base di esso comporta sempre, con il contestuale *drag along*, che vengano attribuite ai punti spaziotemporali, nel nuovo modello, proprietà metriche diverse da quelle che essi

hanno, – aggiungerei – secondo una soluzione che, dal momento che la si ritiene corretta, si ritiene descriva fedelmente la realtà.

Ma iniziamo verificando, innanzitutto, seguendo i testi richiamati, come per Maudlin i modelli diffeomorfi di Earman e Norton costituiscano oggetti matematici realmente diversi e come da lui siano condivisi altri “requisiti di diversità” – per così dire – , fondamentali per lo *Hole argument*. Troviamo, nelle pagine iniziali di "The Essence of Space-Time":

[...] if we fail to distinguish the representation from the object represented we might simply accept without further examination that the diffeomorphs, *which are distinct mathematical objects*, [...] ⁷⁴

ed ancora:

Although *the diffeomorphs are separate mathematical objects*, assigning different tensors to individual mathematical points, [...] ⁷⁵.

Penso che si possa affermare che la differenza fra quei modelli in quanto oggetti matematici sia data per scontata tanto da parte di Maudlin, quanto da parte dagli autori dello *Hole argument*, come pure da parte della generalità dei filosofi della scienza che hanno dibattuto su di esso per parecchio tempo dopo la sua uscita nel 1987, ma penso anche che si possa affermare che, dopo l'articolo di Weatherall “Regarding the ‘Hole Argument’” (2015) ⁷⁶, nel quale, come ho delineato nell'Introduzione, questi argomenta

⁷⁴ Maudlin [1988], p. 83, corsivo mio

⁷⁵ Ibid., corsivo mio

⁷⁶ vivamente consigliatomi da Fred Muller, con cui ho parlato in occasione di una summer school a Cesena

a sostegno dell'idea che si tratti in realtà dello stesso oggetto matematico, l'assunzione di quel presupposto, generalmente implicito, meriti un esplicito passaggio.

Poi, così come per Maudlin i modelli matematici diffeomorfi sono oggetti matematici realmente distinti, per lui vi sono realmente situazioni fisiche diverse, *che si distinguono unicamente per la diversa collocazione spaziotemporale*, in senso assoluto – chiaramente –, cioè *non* in quanto collocazione relativa dei corpi materiali l'uno rispetto all'altro, e cioè, quindi, per la *diversa collocazione nello spaziotempo (assoluto – direi, quindi), a parità di tutte le relazioni metriche fra essi sussistenti*. Ciò (così espresso), con riferimento (sebbene *in negativo*, in un certo senso) a corpi, a materia. Ma – direi anche – altrettanto, e analogamente, dovrebbe potersi dire facendo riferimento al (*solo*) campo gravitazionale all'interno di uno spaziotempo, o di una regione di esso, *vuoti di materia*⁷⁷, e cioè quindi: situazioni fisiche diverse che si distinguono, dunque, (soltanto) per la diversa collocazione del campo gravitazionale nello spazio.

Tim Maudlin è, infatti, sostanzialista riguardo allo spaziotempo; e mi sembra *chiarissimo cosa egli intenda per spaziotempo*: con riferimento alla distinzione, esposta nella mia Introduzione, fra spaziotempo quale insieme di eventi e quale insieme di *event location*, lo spaziotempo per lui è chiaramente l'insieme delle *event location*. (Mentre, con riferimento all'altra dicotomia lì esposta, fra spaziotempo quale spazio matematico che rappresenta una realtà tridimensionale che evolve nel tempo e quale modello di una

⁷⁷ Da colloquio personale con Tim Maudlin alcuni anni orsono, in occasione di una summer school a Sesto, ricordo che egli attribuiva importanza al fatto che, fra il *Lochbetrachtung* di Einstein e lo *Hole argument* di Earman e Norton, vi è la diversità che, mentre per Einstein il *loch* era supposto per ipotesi vuoto di materia, Earman e Norton non specificano tale condizione e lo *hole*, nella loro argomentazione, può essere considerato quindi sia privo di materia che, come spesso si trova poi negli esempi della letteratura sullo *Hole argument*, contenente materia (contenente, ad esempio, una galassia che un modello prevede passare per un dato punto e un altro modello per uno diverso e magari entrare in collisione con un'altra galassia). Non ricordo però precisamente quali conseguenze Maudlin attribuisse a quella differenza, comunque collegate al fatto che per Maudlin è assurdo concepire che ciò che viene considerato spostato (da un modello all'altro) sia la metrica.

realtà quadridimensionale con il tempo interamente dato come una quarta dimensione⁷⁸, per lui lo spaziotempo – direi, evidentemente – è la seconda cosa). L'uso di tale locuzione *event location*, che connota la sua posizione, si può contare ricorrere almeno una ventina di volte nelle nove pagine del suo articolo "The Essence of Space-Time", sostituita talvolta da *physical location*⁷⁹, o da *space-time location*⁸⁰, ma talvolta anche da *space-time points*, nel senso, però, subito dopo precisato, di «*physical* [corsivo mio] *space-time points*»⁸¹. In Hofer⁸², o Stachel⁸³, o Esfeld & Lam⁸⁴, o Butterfield⁸⁵, invece, non si trova mai l'espressione *event location*.⁸⁶

Non è detto, però, che il riconoscimento di entrambi i due tipi di diversità (a livello di entità matematiche e a livello di realtà fisica) trattati nei due precedenti capoversi sia, a ben vedere, sufficiente a sostenere un'argomentazione che conduca dalla covarianza generale della teoria (nel suo aspetto attivo) all'indeterminismo di essa, come emerge dalla descrizione che Tim Maudlin fa, in "The Essence of Space-Time", dell'atteggiamento di un ipotetico «Ramsifying substantialist»⁸⁷. Da tale descrizione si evince, infatti, che vi è – per così dire – un *terzo livello* in gioco e che l'argomentazione dello *Hole argument*, per arrivare alla sua conclusione, deve anche supporre che il

⁷⁸ (Un tempo interamente assimilato alle altre dimensioni – direi quindi).

⁷⁹ Maudlin [1988], p. 84

⁸⁰ Maudlin [1988], p. 86

⁸¹ «Imagine someone who is a substantialist about space-time [...]. First, she asserts that there are *physical space-time points* [...]. According to Quine's dictum, this puts the points into her ontology. Further, she explicitly states that *the event locations (space-time points)* are substances, [...], Maudlin [1988], p. 83, corsivo mio.

⁸² "The Metaphysics of Space-Time Substantivalism"

⁸³ "The Meaning of General Covariance" e "The Relations between Things" versus "The Things between Relations": The Deeper Meaning of the Hole Argument"

⁸⁴ "Moderate structural realism about space-time"

⁸⁵ "The Hole Truth"

⁸⁶ E' sicuramente significativo notare come vi siano alcune locuzioni altamente ricorrenti che caratterizzano alcune posizioni. In Hofer ("The Metaphysics of Space-Time Substantivalism"), ad esempio, tale espressione, in posizione di bersaglio polemico, è costituita da *primitive identity*. In Esfeld & Lam ("Moderate structural realism about space-time") troviamo, in analoga posizione, *intrinsic property*. In Joseph Melia ("Holes, Haecceitism and Two Conceptions of Determinism"), invece, tale locuzione molto ricorrente è costituita da 'which objects play which role(s)'.

⁸⁷ Posizione che fa un uso *alla Ramsey* di variabili vincolate in luogo di termini individuali, di nomi.

funzionamento di questo terzo livello avvenga in un determinato modo, anziché in un altro possibile. Il raggiungimento della conclusione dell'indeterminismo dipende, infatti, – come il «Ramsifying substantialist» di Maudlin ci fa capire – anche *dal modo di riferirsi* (tramite i suoi modelli) della teoria alla realtà fisica, giacché se avviene che i modelli della teoria, sebbene visti come matematicamente diversi e come modelli di una realtà fisica che effettivamente ammette le distinzioni spaziotemporali ritenute reali dal sostanzialista, non esprimono mai *quelle specifiche* diversità individuali (quel tipo di diversità nel riferimento), perché i loro elementi (i punti della varietà) sono visti *funzionare come variabili nel loro riferimento* all'universo di discorso che rappresentano, e quindi non sono mai visti riferirsi a particolari *event location*, avviene allora anche che l'indeterminismo che lo *Hole argument* attribuisce alla teoria *non sia in realtà in essa esprimibile*. I diversi modelli non rappresentano, allora, questa diversità; *non sono modelli diversi* – si potrebbe dire – *sotto questo aspetto*. Questa posizione non nega – evidentemente – che vi siano situazioni fisiche diverse – altrimenti non sarebbe una posizione sostanzialista – , ma nega che il modello diffeomorfo, prodotto dallo *hole diffeomorphism*, costituisca la rappresentazione di una situazione fisica diversa quanto a collocazioni spaziotemporali, cioè asserisca una diversa collocazione spaziotemporale, e ciò in virtù del fatto che nella interpretazione dei modelli nessun punto particolare di esso è associato ad alcun punto particolare dello spaziotempo. Così scrive Maudlin:

«So our substantialist [il «Ramsifying substantialist»] escapes the implication that the differomorphs represent distinct, possible physical situation by *evading the requirement of distinctness*»⁸⁸

⁸⁸ Maudlin [1988], p. 83; corsivo mio

A tale livello, dunque, può avvenire l'*elusione di un riferimento distinto* («evading the requirement of distinctness») da parte degli elementi della teoria (selezionati dalle sue equazioni) che si riferiscono agli elementi dello spaziotempo fisico; ed avviene in quanto *elusione di un preciso riferimento* (nel senso – naturalmente – di un *particolare, specifico* riferimento (ad un particolare, specifico, ben preciso punto dello spaziotempo fisico piuttosto che ad un altro)), quale avviene da parte di quegli elementi linguistici che appartengono alla categoria linguistica delle variabili. In tal modo il «Ramsifying substantialist» intende il senso degli oggetti matematici che si riferiscono agli elementi dello spaziotempo. E così viene descritto da Maudlin come su quella strada si eviti il requisito della distinzione:

However, she [il «Ramsifying substantialist»] also maintains that mathematical points in solutions to the field equations *represent* these physical event locations by functioning as existentially quantified bound variables.⁸⁹

Ho parlato di un terzo livello, oltre al livello della rappresentazione matematica (il livello degli oggetti matematici) e quello della realtà fisica. Voglio adesso illustrare un attimo, ma sottolineandola, data l'importanza da lui ad essa attribuita, come la netta distinzione fra quei due livelli venga teorizzata, con particolare rilievo, da Maudlin, il quale sostiene come tale distinzione sia spesso erroneamente trascurata in fisica e come l'adeguato riconoscimento di essa divenga di importanza risolutiva proprio nella questione dello *Hole argument*. (Non vi è, invece, in "The Essence of Space-Time" un'analogica esplicita teorizzazione di quel terzo livello che io ho enucleato al capoverso

⁸⁹ Ibid.

precedente; ma mi sembra che essa si possa legittimamente desumere). Scrive infatti

Maudlin:

In contemporary physics, the nature of the relationship between mathematical entities and the physical realities they represents is easily overlooked due to a systematic ambiguity of usage.⁹⁰

As an illustration, consider this example of the blurring between physical objects and mathematical representation which can be found in Robert Geroch's *General Relativity from A to B*. [...] Having first insisted that the points of *M* are events, Geroch immediately speaks of them as *representing* events, eliding the link that connects the mathematical order to the physical.⁹¹

E poi, immediatamente dopo, con riferimento diretto alla problematica dello *Hole argument*:

That link becomes critical for the problem at hand. For if we fail to distinguish the representation from the objects represented we might simply accept without further examination that the diffeomorphs, which are distinct *mathematical* objects, must each correspond to a different state of affairs. Or at least we might infer that the substantialist, being committed to the existence of physical space-time points, must regard the two models as presenting distinct possibilities.⁹²

⁹⁰ Maudlin [1988], p. 82

⁹¹ Maudlin [1988], p. 83

⁹² Ibid.

La strada del «Ramsifying substantialist» vista sopra non è, però, la strada seguita da Tim Maudlin, perché essa – come egli afferma – non è adeguata per un pieno e coerente sviluppo del *programma sostanzialista* da lui sostenuto. Egli scrive infatti:

A little reflection shows, however, that this brand of substantialism buys its solution to the hole dilemma at too high price.⁹³

The restriction to bound variables simply has no reasonable justification within the substantialist program.⁹⁴

Ed anche:

If one really believes in event locations believes that there is a deep ontological fact about at which space-time point a particular event occurred, then one ought to be able to discuss the possibility of that event (or one qualitatively identical) occurring somewhere else.⁹⁵

We want to say that in the shifted situation objects that are *here* [...] would be *there*.⁹⁶

Dove, nell'ultima citazione, *here* and *there* non sono né il 'qui' e il 'là' intesi ad indicare due punti qualunque purché distinti, nel senso dunque, riprendendo le parole di Maudlin, di (soltanto) 'in «some event location or other»'⁹⁷ (senso in cui, come talvolta

⁹³ Maudlin [1988], p. 84

⁹⁴ Ibid.

⁹⁵ Maudlin [1988], p. 84

⁹⁶ Maudlin [1988], p. 84

⁹⁷ V. Maudlin [1988], a p. 83, dove egli critica la posizione del «Ramsifying substantialist»: «She [il «Ramsifying substantialist»] interprets the mathematical objects by Ramsifying out reference to specific event locations. So the metric tensor being flat at some point in the mathematical model *only* [corsivo mio] asserts of the physical world that *some event locations or other* [corsivo dell'Autore] has

avviene nel linguaggio comune, ‘qui’ e ‘là’ sebbene indicali, funzionano in realtà come variabili), né sono il ‘qui’ e il ‘là’ riferiti al(la posizione del) parlante, o riferiti ad un sistema di riferimento (sempre associabile, peraltro, al parlante in quanto oggetto fisico), ma a collocazioni (*event location* – appunto) dello spaziotempo assoluto, indicate – per così dire – sul “mappamondo dello spaziotempo assoluto”.

Tornando ora, dopo aver visto la posizione del «Ramsifying substantialist», la presa di distanza di Maudlin da essa e dopo aver evidenziato l’importanza per lui della distinzione fra livello della rappresentazione matematica e livello della realtà fisica, ad elencare le varie distinzioni rilevanti ai fini dello *Hole argument* che egli ritiene valide, e volendo ricollocare così adesso “la questione del «Ramsifying substantialist»” all’interno di tale elenco, possiamo dunque affermare come per Maudlin vi sia (oltre alla distinzione matematica dei modelli diffeomorfi ed alla distinzione delle realtà fisiche da quei modelli descritte) anche – volendola descrivere, caratterizzare in questo modo – *la distinzione nel riferimento di ogni punto matematico della varietà ad una event location*, nel senso che ogni particolare (distinto) punto matematico si riferisce ad una particolare (distinta) *event location*. Questo vi deve essere, secondo lui, come già accennato sopra, per un pieno e coerente sviluppo del programma sostanzialista da lui sostenuto; e ciò secondo lui comporta che *nel linguaggio della teoria fisica* vi debba essere la facoltà di fornire, nell’ambito delle teorie dello spaziotempo, rappresentazioni che esprimano il riferimento a diverse collocazioni di qualcosa in una *location* spaziotemporale (*assoluta*, cioè non come collocazione relativa a corpi, a *sistemi di riferimento*) piuttosto che in un’altra, e ciò equivale al fatto che gli elementi matematici che si riferiscono a tali elementi dello spaziotempo siano *nomi di quelle event location*

no gravitational field. If a neighborhood of points in the model has a constant curvature tensor, that implies only that *some* [corsivo mio] neighborhood of physical points is constantly curved.».

dello spaziotempo assoluto. I punti matematici della varietà riemanniana sono, cioè, nomi («So we should allow the mathematical points in our solutions of the field equations to act as *names* of physical space-time points.»⁹⁸) di particolari individui («After all, if event locations are fully in the ontology, why should we not be able to refer to them as *specific individuals?*»⁹⁹) costituiti dalle particolari *event location*.

E Maudlin scrive anche:

For the *representational capacity of the physics* so construed is too impoverished to accommodate the central case in the substantialist-relationist debate, viz. the Leibniz shift.¹⁰⁰

Quindi – e sottolineerei questo – Maudlin sostiene che *la fisica ha la capacità di rappresentare fatti dello (fatti di collocazione nello) spaziotempo assoluto*, e ciò per mezzo di termini del suo linguaggio che si riferiscono ad elementi di tale spaziotempo assoluto, i nomi delle particolari *event location*, dei particolari punti di tale spaziotempo assoluto.

E quando noi consideriamo una certa espressione linguistica il *nome* di un oggetto individuale, con essa noi intendiamo riferirci ad un particolare oggetto individuale e riteniamo di avere un qualche modo di cogliere il riferimento di esso. Dire che qualcosa è un nome significa che esso si riferisce proprio a quel'individuo e, nel caso specifico, a quel punto dello spaziotempo assoluto.

E la problematica del *Leibniz shift* è dunque, secondo Maudlin, rappresentabile nell'ambito della fisica ed essa diverrebbe, quindi, da problematica rappresentata in ambito metafisico, in quanto concernente fatti per loro natura non osservabili, nonché

⁹⁸ Ibid.

⁹⁹ Ibid., corsivo mio

¹⁰⁰ Maudlin [1988], p. 84, corsivo mio

privi di qualsiasi conseguenza osservativa, problematica rappresentata, espressa, nell'ambito della fisica.

Ora, mi pare che, almeno a prima vista, l'idea che una questione metafisica possa diventare una questione fisica sembri impossibile e lasci perplessi. Sembra impossibile che una questione che riguarda ciò che è inosservabile per sua natura, come lo spazio(tempo) assoluto, (preda, in quanto tale, come notano Earman e Norton, di quello da loro definito il «Verificationist Dilemma»¹⁰¹) possa essere espressa e trattata all'interno della fisica, una disciplina scientifica che è basata sempre, almeno in ultima istanza ed indirettamente, sul significato e la verifica empirici dei suoi concetti e delle sue asserzioni.

Intorno a ciò, individuerei due questioni ed una precisazione da fare.

La precisazione riguarda *cosa* siano, per Maudlin, i *nomi* delle *event location*, espressi per lui, come abbiamo visto, nel linguaggio della teoria fisica. Quando si parla di nomi di collocazioni spaziali (o spaziotemporali) all'interno della fisica, o di analoghe collocazioni in spazi matematici, il pensiero va immediatamente alle coordinate di esse. Ma mi pare che non sia questo ciò che è da intendersi nel testo di Maudlin. Come nomi egli non parla, infatti, di *coordinate*, ma di punti matematici, *punti della varietà*. Maudlin scrive infatti:

So we should allow *the mathematical points in our solutions of the field equations* [corsivo mio] to act as *names* [corsivo dell'Autore] of physical space-time points.¹⁰²

¹⁰¹ V. Earman e Norton [1987], p. 522

¹⁰² Maudlin [1988], *Ibid.*

If *the mathematical point* [corsivo mio] names a physical location, then the original model and the Leibniz-shifted one make different claims.¹⁰³

I nomi delle *physical location* sono dunque i punti della varietà, ai quali, naturalmente, possono essere attribuite diverse coordinate in diversi sistemi di coordinate. Le coordinate (i sistemi di coordinate assumibili per trasformazioni determinate da diffeomorfismi utilizzati in senso passivo) sono le più diverse, mentre il punto matematico del manifold, che, nel modello matematico, rappresenta una *space-time location*, è uno, è sempre lo stesso; passibile di essere coordinatizzato in differenti modi, in tutte le diverse (infinite) coordinatizzazioni (in diverse carte locali), tutti i diffeomorfismi dall'aperto della varietà considerato a \mathbb{R}^4 . E Maudlin mi sembra attribuisca la proprietà di essere nome di uno specifico individuo della realtà spaziotemporale al punto matematico, al punto della varietà riemanniana. E se, quando si parla di coordinate, il pensiero va immediatamente alla loro arbitrarietà (all'arbitrarietà della scelta dell'uso di un sistema di coordinate piuttosto che un altro), se è corretta la mia interpretazione che per Maudlin i nomi delle *event location* non sono le coordinate ma i punti della varietà riemanniana, quei nomi (nomi in quanto elementi di un nostro manufatto che rappresenta una realtà fisica e che rappresentano dunque elementi di quella realtà fisica) non sembrano neanche avere poi tanta arbitrarietà.

Verrebbe poi da dire che le varie coordinate che ogni punto della varietà può assumere poi nelle differenti coordinatizzazioni siano – proseguendo la metafora, se così si può definire, del nome – le diverse forme che il nome assume in diverse lingue. Ma il parallelo direi che non quadra adeguatamente, perché, mentre nel contesto matematico (quanto meno – direi – nel contesto matematico di una varietà con curvatura non

¹⁰³ Maudlin [1988], *Ibid.*

costante come quella considerata) ha effettivamente senso parlare di *una entità matematica al di là delle coordinate che essa ha nelle diverse coordinatizzazioni*, parlare di una entità linguistica al di là di particolari nomi in specifiche lingue non trova corrispondenza in alcunché di reale, oltre ad avere anche difficoltà in linea di principio, date le differenze che lingue diverse possono avere sia nel ritagliare i riferimenti che nell'assimilare i significati.

Ora, fatta la precisazione che avevo annunciato, la *prima questione* delle due che ho sopra anticipato la individuerei in quanto segue: considerando il fulcro dell'affermazione di Maudlin circa la capacità della fisica di rappresentare al suo interno fatti dello (nello) spaziotempo assoluto (fra cui il *Leibniz shift*) il fatto che essa posseda nel proprio linguaggio nomi per i punti dello spaziotempo assoluto, inosservabile, la questione è *se, e come, sia possibile questo fatto*, che mi pare desti un certa perplessità (o, quanto meno, stupore), come ho già detto sopra (lì, per la verità, in riferimento al divenire questione fisica di una questione metafisica; ma, come dico qui, il fulcro di ciò è appunto pensare, come fa Maudlin, di avere dei nomi dei punti dello spaziotempo fisico assoluto). La risposta mi pare che sia che, se si pensa allo spaziotempo della relatività generale come uno spazio privo di simmetrie, quel fatto, almeno in linea di principio, appare del tutto possibile. La varietà riemanniana M,g , elemento del modello $\langle M,g,T \rangle$ che soddisfa le equazioni di Einstein, avrà una sua particolare curvatura (quella che rappresenta la curvatura dello spaziotempo), in base alla quale i punti sono distinti, e distinguibili, l'uno dall'altro. Quando, nel caso ideale della conoscenza dettagliata, completa, della distribuzione della materia nell'intero universo, risolveremo, su tale base, le equazioni della teoria della relatività generale, troveremo soluzione per l'intero campo metrico di tutto lo spaziotempo ed avremo, come modello, una varietà (riemanniana) ogni punto della quale, con il suo valore del

campo metrico, del tensore metrico, rappresenterebbe una *physical location*, e sarebbe così, dunque, il nome matematico di questa. D'altra parte, su un piano meno ideale, meno astratto, dobbiamo considerare che siamo davvero infinitamente lontani da tale situazione e che ci troviamo in realtà, invece, nella situazione di poter calcolare tale curvatura, soltanto, o ad un livello che definirei “puramente di struttura”, cioè riguardante – per così dire – caratteristiche della distribuzione di essa (anziché calcolare *dove* una certa curvatura è – intendo), oppure all'interno di regioni di universo piccolissime (sistema solare), il cui limitato ambito preclude completamente una significativa nozione di collocazione globale rispetto allo spaziotempo, all'universo nel suo complesso.

La seconda questione riguarda il fatto che mi sembra che, se, sulla base di quanto al punto precedente, può essere sensata l'idea che la «representational capacity of the physics» sia in grado, nel contesto della relatività generale, in linea di principio, di esprimere, nel linguaggio fisico-matematico delle varietà riemanniane, fatti di collocazione nello spaziotempo assoluto, e quindi un eventuale adeguato corrispettivo nello spaziotempo relativistico del classico *Leibniz shift*, non altrettanto si possa però affermare – diversamente da quello che fa Maudlin – rispetto al *Leibniz shift* originario stesso, ideato nel contesto della *fisica newtoniana* e trasposto, nel contesto quadridimensionale, in uno *spaziotempo newtoniano*. Mi pare infatti che questo spaziotempo, a causa della presenza in esso, diversamente dallo spaziotempo della relatività generale, di simmetrie ¹⁰⁴ renda impossibile, *non sensato, parlare di particolari punti della varietà riemanniana che compone il modello come di nomi di particolari punti dello spaziotempo fisico*.

¹⁰⁴ Mi riferisco qui alle simmetrie dello spazio e non alle simmetrie delle leggi.

Desidero ora fare una digressione, che prende spunto da come, per Maudlin, la possibilità di riferirsi alle *event location* faccia parte della capacità espressiva della teoria fisica (del suo linguaggio, nel senso che i punti matematici della varietà riemanniana sono nomi delle *event location* dello spaziotempo assoluto). Ho detto sopra come, sotto questo punto di vista, appaia che la problematica metafisica circa (l'esistenza del)lo spazio(tempo) assoluto (disputa assolutismo-relazionismo) entri *all'interno* della teoria fisica, nel senso che porta conseguenze per la teoria fisica (l'indeterminismo radicale; la mancanza di univocità ¹⁰⁵). Naturalmente, affermare questo, significa dire che quella problematica ne stava fuori. E direi che così era, in effetti, ai tempi di Newton e di Leibniz, in quanto la teoria fisica newtoniana (mi riferisco alla teoria, non alla fondazione metafisica di essa), per quanto Newton nello *Scholium* abbia sostenuto lo spazio assoluto, da questo non era toccata, dal momento che in essa le nozioni legate allo spazio assoluto (posizione assoluta, velocità assoluta) non giocavano alcun ruolo e non potevano quindi comportare alcuna conseguenza, in particolare non potevano portare ad alcuna molteplicità di previsioni osservative fra loro discordanti. La posizione spaziotemporale assoluta, o qualcosa che almeno a prima vista appare essere tale, gioca invece un ruolo nel contesto dell'elaborazione della teoria della relatività generale da parte di Einstein, un ruolo estremamente problematico *per la teoria stessa*, tant'è che Einstein se ne occupa in quanto fisico nell'elaborazione di una teoria fisica ed egli è indotto, in un primo momento, ad un cambio della teoria stessa. Nella formulazione del 1913 della teoria della relatività generale, scritta con Marcel

¹⁰⁵ e forse si può anche dire la contraddittorietà della teoria, dal momento che avviene che essa fa la previsione, attraverso un modello, che un certo evento avvenga in una data collocazione spaziotemporale e al tempo stesso, con un qualsiasi modello diffeomorfo, fa la previsione che quell'evento avvenga in una diversa collocazione spaziotemporale e quindi non avvenga lì. Per quanto riguarda l'univocità (*Eindeutigkeit*), cfr. Don Howard, "Einstein e l'*Eindeutigkeit*: un tema negletto dello sfondo filosofico della relatività generale". Sempre Don Howard scrive che Einstein parlava anche di violazione del principio di causalità.

Grossmann, egli limitò la classe dei sistemi di coordinate ammessi; così Don Howard e John Norton descrivono la questione in “Out of the Labyrinth? Einstein, Hertz, and the Göttingen Answer to the Hole Argument”¹⁰⁶:

[...] two years earlier [del 1915], he [Einstein] and Marcel Grossmann had published the first outline of the theory, complete in all essential details excepting the gravitational field equations offered, which were not generally covariant. [...] His principal argument for this surprising conclusion was the “hole argument” [...] The hole argument forced Einstein to limit the range of coordinate systems used in his theory in such a way that, for any arbitrarily selected region of space-time, he could not use two coordinate systems that agreed outside but came smoothly to disagree within the region. To see how close the covariance of his 1913 theory came to this limit, Einstein defined the notion of the “adapted coordinate system” [...]

Ora, il punto di questa mia digressione è che mi sembra che *sia il nuovo contesto spaziotemporale quadridimensionale stesso* della fisica (certamente via i diffeomorfismi, conseguenza della covarianza generale della teoria) a generare al suo interno quella problematica che ha a che fare con lo spazio(tempo) assoluto, o ad offrire all'interno di essa il terreno su cui possa essere impiantata tale problematica, che era situata in un ambito distinto da quello della fisica, l'ambito metafisico. Il motivo di ciò lo spiegherei come segue. La fisica effettuata nell'ambito dei sistemi di riferimento (precedentemente alla fisica effettuata nel contesto quadridimensionale dello spaziotempo) considera uno spazio, che chiamerei lo spazio-di-un-sistema-di-riferimento, in cui essa rappresenta i dati osservativi e le sue previsioni sperimentali, che è lo spazio determinato, costituito, costruito dal sistema di riferimento, e che, in

¹⁰⁶ alle pagg. 31-32

quanto tale, non è certamente lo spazio assoluto (sia che uno creda nell'esistenza dello spazio assoluto, come no). Questo spazio, che sebbene sia, oltre allo spazio della fisica nel contesto tridimensionale dei sistemi di riferimento, lo spazio su cui proiettiamo la percezione quotidiana di tutti i moti che osserviamo, cioè lo spazio sensibile (contrapposto, eventualmente (per chi creda in esso), a quello assoluto che è inosservabile) con riferimento a noi stessi (al sistema di riferimento costituito dall'oggetto fisico che siamo), è uno spazio costruito, artificiale (un nostro artefatto). Direi che questo è ciò che possiamo ritenere sapendo che non siamo immobili al centro dell'universo, ma ci muoviamo in esso. Possiamo pensare, così, che abbiamo a che fare con due spazi, come sosteneva Newton, anche se egli è associato soltanto ad uno di essi anziché a quella dicotomia scritta nello *Scholium*. Lo spaziotempo della fisica effettuata nel contesto quadridimensionale, tornando al filo principale del discorso qui, non è, invece, lo spazio determinato da un sistema di riferimento ¹⁰⁷: qui sta il punto; all'interno di esso vi è ogni sistema di riferimento, nessuno dei quali privilegiato; allora tale spazio è, o perlomeno sembra essere, lo spazio(tempo) assoluto ¹⁰⁸, dando luogo, via i diffeomorfismi conseguenza della covarianza generale della teoria, alla problematica del *Lochbetrachtung* che impegna Einstein non in quanto filosofo interessato alla disputa sostanzialismo-relazionismo, ma in quanto fisico interessato a formulare una teoria della gravitazione universale, e che lo induce, in un primo momento, a cambiare la teoria rispetto a come egli voleva farla. Se uno, ai tempi di Newton e Leibniz, credeva nello spazio assoluto, lo spazio assoluto per lui “stava (metafisicamente) dietro” ogni “spazio-di-un-sistema-di-riferimento”, in cui la “fisica

¹⁰⁷ Così, almeno, ho compreso lo spaziotempo dalle lezioni (in Filosofia della scienza) che ho seguito e sono state per me l'introduzione ad esso.

¹⁰⁸ E (ricollegandomi alla nota precedente) questo è lo spaziotempo che vedo nelle figure che illustrano la problematica dello *Hole argument*, quali, ad esempio, quella fornita da Tim Maudlin nel suo *Philosophy of Physics – Volume 1 – The Arena: Space and Time*, che riporto, alla fine, immediatamente prima della Bibliografia.

sviluppata nell'ambito dei sistema di riferimento" lavorava, ma lo spazio(tempo) assoluto non "sta dietro" lo spaziotempo: se uno crede in esso, esso – per così dire – sta lì. (In tale spazio(tempo) fisico – direi, riflettendo sulla distinzione, fatta ad esempio da G. Nerlich, fra sistema di coordinate e sistema di riferimento – si dà un sistema di coordinate che non è il sistema di coordinate associato ad un sistema di riferimento. E – sempre riflettendo sulla/e differenza/e tra sistema di coordinate e sistema di riferimento – se, considerando lo spazio (anziché lo spaziotempo), fossimo immobili al centro dell'universo, e da lì conducessimo le nostre osservazioni, oltre alle nostre previsioni sulla base della nostra teoria fisica, non avremmo bisogno di sistemi di riferimento – direi – ; utilizzeremmo sistemi di misura associati a sistema di coordinate, ma – direi – sarebbero un'altra cosa, avrebbero un'altra funzione, un altro senso rispetto ad un sistema di riferimento.). In un caso il sistema di riferimento costituisce, crea, determina lo spazio, nell'altro, nel caso dello spaziotempo, invece, il sistema di riferimento, che si usa come strumento di misura, è in uno spazio(tempo) il quale è costituito indipendentemente da esso.

Tornando ora al filo del discorso su Maudlin, la sua scelta di non adottare la visuale del «Ramsifying substantialist», ma di voler considerare i punti matematici dei modelli nomi di particolari *event location* (insieme alle altre due diversità, di cui ho parlato, da lui accettate) lo vincola al dilemma dello *Hole argument*, che egli però intende contrastare, disinnescare, volendo sia – ovviamente – evitare l'indeterminismo radicale, sia, nel contempo, salvare la concezione sostanzialista da lui sostenuta. Così egli scrive:

But in recovering the Leibniz-shift case we have also impaled ourselves again on the horns of the hole dilemma.¹⁰⁹

E il modo in cui Maudlin contrasta lo *Hole argument* di Earman e Norton, consistente, come già accennato all'inizio di questo capitolo, nella negazione della possibilità delle situazioni rappresentate dai modelli diffeomorfi, si basa su una *particolare concezione delle relazioni metriche che gli elementi dello spaziotempo hanno tra loro*, che Maudlin riprende dalla concezione newtoniana dello spazio. A ciò rivolgerò ora la mia attenzione.

Così come Earman e Norton, richiamandosi fortemente al contenuto della polemica fra Newton e Leibniz, definiscono il sostanzialismo spaziotemporale, loro obiettivo polemico, essenzialmente attraverso il *Leibniz shift*, con un adeguamento di quell'operazione ideata nell'ambito dello spazio al contesto delle teorie dello spaziotempo, Maudlin, per esprimere la sua concezione sostanzialista dello spaziotempo, si richiama alla concezione newtoniana dello spazio, dalla quale si può, secondo lui, ottenere, tramite un aggiornamento al contesto quadridimensionale, un analogo che sia valevole per lo spaziotempo. Egli scrive infatti:

Newton's doctrine on absolute space and time must be updated once we adopt the 4-dimensional picture, but the translation is not difficult.¹¹⁰

Su quali elementi della concezione newtoniana dello spazio, riproposti poi da Maudlin nella sua concezione dello spaziotempo, sia incentrato il richiamo a Newton che avviene in "The Essence of Space-Time", lo si può vedere analizzando i passi newtoniani che

¹⁰⁹ Maudlin [1988], p. 84

¹¹⁰ Maudlin [1988], p. 86

egli cita, che riporto qui di seguito e che sono tratti, rispettivamente, dallo “Scholium” e dal *De gravitazione et aequipondio fluidorum*¹¹¹.

As the order of the parts of time is immutable, so also is the order of the parts of space. Suppose these parts to be moved out of their places, and they will be moved (if the expression may be allowed) out of themselves. For times and places are, as it were, the places of themselves as of all other things. It is from their essence or nature that they are places; and that the primary places of things should be movable, is absurd.

For just as the parts of duration derive their individuality from their order, so that (for example) if yesterday could change places with today and become the later of the two, it would lose its individuality and would no longer be yesterday, but today; so the parts of space derive their character from their positions, so that if any two could change their positions, they would change their character at the same time and each would be converted numerically into the other. The parts of duration and space are only understood to be the same as they really are because of their mutual order and position, nor do they have any hint of individuality apart from that order and position which consequently cannot be altered.

Ebbene, in questi passi emerge che la posizione (o collocazione, o luogo) e l'ordine delle parti dello spazio («their places», «their order») sono da Newton considerate loro *proprietà inalterabili* e che per lui supporre che possano essere spostate le posizioni stesse è un'assurdità: «that order and position which consequently cannot be altered», «that the primary places of things should be movable, is absurd». Al tempo stesso, è

¹¹¹ che cito qui direttamente dal testo stesso di Maudlin [1988], p. 86

chiara in questa concezione la *distinzione fra spazio e ciò che occupa lo spazio*, o la parte di spazio: mentre le parti dello spazio non possono essere alterate nella loro collocazione e nel loro ordine, i corpi possono occupare in modi diversi tali posizioni spaziali. E Maudlin così riprende questa concezione, che distingue il caso di un cambiamento di relazioni fra particelle materiali e campi (possibile) dal caso (impossibile) di cambiamento di relazioni (metriche) fra i punti stessi, nel quale verrebbe mossa la metrica stessa:

We might imagine a point of space-time supporting different material field or containing different particles than it actually does, just as Newton would affirm that absolute space might have been differently populated than it is. But to suppose that a pair of space-like separated events might have instead been time-like separated, or that a region in the absolute past of an event might have been instead in its future, is to posit the absurd.

Tali posizioni spaziali inamovibili sono ciò a cui, una volta compiuto l'aggiornamento al contesto quadridimensionale («[...] updated once we adopt the 4-dimensional picture [...]»), Maudlin si riferisce con il termine *event location*, che, come già detto, ricorre frequentissimamente in “The Essence of Space-Time”. Nei passi di Maudlin in questa parte si vede appunto, cosa che ho già anticipato all'inizio di questo capitolo, come, con riferimento a una delle questioni che ho posto nell'Introduzione riguardo a cosa si debba intendere come riferimento del termine ‘spaziotempo’ (se l'insieme degli eventi (pensando alla definizione data da Einstein nell'argomentazione nota come *point-coincidence argument*), oppure l'insieme delle *event location*), per Maudlin lo spaziotempo sia chiaramente l'insieme delle *event location*.

Ora, nello spaziotempo – sottolinea Maudlin, e questo è un punto fondamentale nella sua argomentazione – l’ordine e la posizione inalterabili di tali *event location* sono *determinati dalla metrica e le proprietà metriche* dei punti spaziotemporali, le quali determinano quelle relazioni metriche, *sono* proprietà inalterabili, proprietà che quei punti non possono non avere, sono, cioè, loro *proprietà essenziali*.

The order and position of space-time locations one to another are determined by the metric. Hence the general relativistic version of Newton’s doctrine would hold that space-time is an essentially metrical object and that *the points of space-time bear their metrical relations essentially*.¹¹²

Così, per Maudlin lo spostamento analogo a quello di cui parla Newton (quello dei luoghi, o parti dello spazio, dal loro posto), e ugualmente assurdo, è quello della metrica («[...] the metric itself is “moved” altering the metrical relations between points»), delle proprietà e relazioni metriche. Secondo lui la metrica non può essere sensatamente spostata, attribuendo ad un punto dello spaziotempo le proprietà metriche di un altro ed alterando le relazioni metriche fra essi. Ed ogni rappresentazione di ciò, per quanto possibile a livello fisico-matematico, è rappresentazione di una situazione fisicamente impossibile, di un’assurdità («[...] the hole diffeomorphism generates [...] a description of a distinct but *impossible* state of affairs.»¹¹³). È questo il punto su cui “tecnicamente” Maudlin contrasta l’argomento di Earman e Norton, in quanto in esso, con il *drag along* del tensore metrico, operazione che, necessariamente, accompagna sempre il diffeomorfismo che sta al centro dello *Hole argument*, si compie proprio quell’assurdo – secondo Maudlin – spostamento della metrica (sì che viene riprodotta, con il

¹¹² Maudlin [1988], p. 86; corsivo mio

¹¹³ Maudlin [1988], p. 86

meccanismo del diffeomorfismo + *dragalong*, la stessa rete di relazioni metriche, ma fra *altri* punti). Il campo metrico, infatti, nell'interpretazione attiva del diffeomorfismo assunta nello *Hole argument*, viene spostato su altri punti, assegnando dunque agli stessi punti diverso tensore metrico. L'apparato fisico-matematico genererebbe dunque oggetti matematici che sembrano legittimamente la rappresentazione di una (diversa) situazione fisica (ed essendo soluzione delle equazioni della teoria fisica sembrerebbero esserlo a pieno diritto), ma che rappresentano "soltanto" una situazione in realtà impossibile e assurda, così come il linguaggio naturale può rappresentare situazioni impossibili ed assurde:

Just as we can say "If Nixon were a ham sandwich ..." even though Nixon could not have been one, so we can generate hole diffeomorphisms that don't represent metaphysically possible situations.¹¹⁴

Quello, infatti, è ciò che l'operazione matematica del diffeomorfismo con *drag along* dei campi tensoriali, fra cui, in particolare, del campo metrico, compie: assegnare tensori metrici diversi ai punti della varietà, cioè cambiare le proprietà metriche dei punti della varietà. E, nell'interpretazione di quell'operazione sullo spaziotempo, rappresentare un cambiamento delle proprietà metriche dei punti dello spaziotempo. Ciò a meno di identificare, come sostenuto in Weatherall [2015], i punti dei due modelli matematici che si ottengono con quel procedimento (che sono varietà riemanniane) con il diffeomorfismo stesso, il che equivale a considerare le due varietà riemanniane diffeomorfe come la stessa varietà, cioè come due realizzazioni diverse della stessa varietà riemanniana astratta. Nel qual caso, allora, ogni punto ha sempre le stesse

¹¹⁴ Maudlin [1988], p. 89

proprietà metriche e non c'è in realtà alcuno spostamento della metrica. Ma questo non è il caso di Maudlin, il quale considera, come già osservato, i modelli diffeomorfi costruiti nello *Hole argument* oggetti matematici diversi («[...] the diffeomorphs, which are distinct *mathematical* objects, [...]») ¹¹⁵.

Ora, mi pare che qui sorgano almeno due questioni.

Una è che tutti i membri della classe delle soluzioni delle equazioni della relatività generale ottenibili l'una dall'altra per diffeomorfismo (con *drag along* del tensore metrico) hanno, appunto in quanto soluzioni di tali equazioni, – per così dire – identica legittimità. Può, quindi, sembrare inaccettabile escluderne una (gran) parte, e cioè “tutte meno una”, come comporta la posizione di Maudlin, tanto più che non sembra possibile alcun criterio per selezionare la soluzione giusta, essendo, oltre che, da una parte, tutte matematicamente corrette, dall'altra, tutte osservativamente equivalenti. A mio avviso, però, bisogna qui considerare due cose, che mi pare rendano questa accusa di inaccettabilità non ineluttabile. Una è che è normale che talvolta accada che la matematica ci fornisca più soluzioni ad un problema non matematico (ma fisico, oppure pratico) alcune delle quali vanno però scartate per la particolare natura del contenuto del problema che viene tradotto in termini matematici ¹¹⁶. Senza dubbio, nei casi indicati nella nota qui inserita c'è un criterio per selezionare quella che, fra le soluzioni fornite dalla matematica, a differenza dell'altra (un'altra soltanto in quel caso), possiamo prendere effettivamente come valida, mentre tale criterio nel nostro caso, essendo tutte le diverse soluzioni diffeomorfe equivalenti ai fini osservativi (unico criterio nell'ambito dell'elaborazione della teoria fisica), non c'è. Non è detto, però – mi sembra (e questa è l'altra mia considerazione indicata sopra) – che l'esclusione, in base alla

¹¹⁵ Maudlin [1988], p. 83; sottolineo qui che il corsivo è dell'Autore

¹¹⁶ Un esempio – sicuramente molto banale – mi sembra sia costituito da un problema che venga risolto con un'equazione di secondo grado che ha fra le sue soluzioni un numero negativo, che però non può avere significato con riferimento ad una certa quantità rispetto alla quale il problema è posto.

natura del contenuto del problema, di alcune soluzioni fornite dalla matematica possa essere giustificata soltanto sulla capacità di indicare quali di esse effettivamente siano inadeguate. Mi sembra altrettanto ragionevole la considerazione che *solo una* soluzione, *solo un* modello, sono adeguati, se riteniamo che lo spaziotempo abbia *una* curvatura (e se riteniamo che *un* modello, e *solo* esso, esprima *quella* curvatura). Se si crede che esiste realmente lo spaziotempo, insieme di *event location*, punti-istanti aventi ognuno una propria curvatura e un proprio valore della metrica, arena quadridimensionale dei fenomeni fisici del nostro universo, qualcosa che è dall'inizio del tempo alla fine del tempo, o dall'eternità all'eternità, immutabile, sebbene dato (molto parzialmente) “dinamicamente”¹¹⁷ alla nostra conoscenza tramite le equazioni della relatività generale, in quanto in nessuna sua parte, cioè in nessun punto-istante, può avvenire, per la sua natura istantanea, appunto, alcun cambiamento, in particolare di curvatura e di valore della metrica, allora *esiste solo un modello corretto di esso, nel senso di una sola varietà riemanniana $\langle M, g \rangle$ che lo rappresenta*, che, punto per punto, ne rispecchia la curvatura punto-istante per punto-istante, ed ogni modello che attribuisca ad un punto-istante una metrica e una curvatura diverse non è un modello corretto di questo nostro universo quadridimensionale; ed allora, il “meccanismo” che produce tale altro modello deve avere in sé qualcosa di sbagliato. Così scrive Maudlin, riguardo alla natura istantanea degli elementi dello spaziotempo:

But in the 4-dimensional scheme the ultimate subjects are perfectly evanescent, each event unenduring and hence unchanging. Nothing

¹¹⁷ All'interno della teoria della relatività generale la metrica dello spaziotempo è dinamica, nel senso che essa è l'incognita dell'equazione fondamentale della teoria, la quale stabilisce una relazione fra presenza di massa/energia, o meglio energia/impulso, nello spaziotempo (espressa dal tensore T) e curvatura di esso (espressa dal tensore g). La metrica dello spaziotempo è dinamica (soltanto) in questo senso; non può avvenire che la metrica di un punto spaziotemporale cambi, in quanto ogni punto spaziotemporale è istantaneo e nell'istante non vi è alcun cambiamento.

prevents these punctuate entities from bearing their metrical features essentially.¹¹⁸

... e immediatamente dopo precisa:

The sense in which the metric is dynamic is not that event locations ever change their metrics.¹¹⁹

L'altra questione, poi, è che – mi pare – sorge spontaneo chiedersi: ma se i punti dello spaziotempo hanno le loro proprietà metriche come proprietà essenziali, inalterabili, invariabili, allora lo spaziotempo non potrebbe/avrebbe potuto essere diverso da com'è? Ciò in quanto, per essere diverso da com'è, cioè per avere una diversa curvatura, sarebbe necessario che le sue parti, i suoi elementi, i vari punti-istante, avessero proprietà metriche diverse, ma, se tali proprietà sono loro proprietà essenziali, ciò non è possibile, ed allora sembra che sia conseguenza della concezione di Maudlin il fatto che lo spaziotempo non possa essere diverso da com'è. Ma questo fatto sembra essere in contrasto con la relatività generale, secondo le cui equazioni lo spaziotempo può avere tutta una gamma di possibili caratteristiche metriche, cioè forme di curvatura, anche, ma non soltanto¹²⁰, in relazione alle caratteristiche della presenza della materia in esso. Sembrando possibile che la materia sia distribuita diversamente nell'universo, nello spaziotempo, pare che, data la relazione che la teoria della relatività generale pone fra tale distribuzione e la curvatura e metrica dello spaziotempo, debba anche essere possibile che la metrica di quest'ultimo possa essere differente, *e quindi anche che i*

¹¹⁸ Maudlin [1988], p. 88

¹¹⁹ Maudlin [1988], p. 88

¹²⁰ Per la teoria della relatività generale, ad esempio, ci potrebbe essere (nel senso che questo sarebbe soluzione delle sue equazioni) in un modello del nostro universo quadridimensionale un'onda gravitazionale, che arriva da una certa direzione, che esiste "da sempre", cioè che non è generata dal moto di alcuna massa.

*singoli punti spaziotemporal*i possano avere differenti proprietà metriche. Ebbene, Maudlin fa una distinzione, che mi pare risulti fondamentale rispetto a questa problematica, fra *diversi possibili spaziotempi* e *diversi possibili stati dello stesso spaziotempo*, come si può rilevare dal suo testo:

[...] But we can still consider non-isometric possibilities: they are just *different possible space-times*, not *different possible states of this space-time*.¹²¹

Direi che quella vista ora sopra non è però veramente un'obiezione consistente alla concezione di Maudlin, ma soltanto un'obiezione apparente, che mi pare debba la sua apparente efficacia ad un fattore puramente linguistico. Lo spaziotempo realisticamente concepito, e sostanzialisticamente concepito, come da parte di Maudlin, quale l'insieme delle *event location* spaziotemporal, è un oggetto individuale, che nella sua particolare curvatura ha la sua specifica individualità. Questo (il nostro universo quale effettivamente è) spaziotempo ha la sua particolare curvatura e i punti *di questo* spaziotempo hanno per Maudlin le loro proprietà metriche come loro proprietà essenziali. Ma ciò non vuol dire che non avrebbe potuto esserci un *altro* spaziotempo, con *altri* punti, aventi altre proprietà metriche, sempre come proprietà ad essi essenziali. Riflettendo sull'ontologia dello spaziotempo, direi che, però, non è corretto pensare che esista, se non come elemento puramente linguistico – appunto (come dicevo sopra) –, alcunché come *lo* spaziotempo, con propri elementi, che possa prendere questa o quell'altra delle forme che la relatività generale asserisce tramite le sue equazioni uno spaziotempo (un effettivo particolare spaziotempo) possa avere ed i cui elementi possano assumere questa o quell'altra proprietà metrica; non c'è un corrispettivo

¹²¹ Maudlin [1988], p. 90; corsivo mio

ontologico di quello; né è quello il significato – come già detto sopra – dell’asserzione che lo spaziotempo in relatività generale è dinamico. Non vi è, cioè – direi – , alcuna sorta di “sostrato spazial-temporale” – per così dire – sul quale, o dal quale, poi prende forma uno spaziotempo piuttosto che un altro con la sua specifica metrica e curvatura piuttosto che un’altra. E direi che non c’è posto per chiedersi qualcosa come: ma quell’altro spaziotempo come sarebbe collocato spazialmente e temporalmente rispetto al primo? Tale “sostrato spazial-temporale” rispetto al quale poter formulare tale domanda direi che, per l’appunto, non esiste; e appare qui forse una prospettiva in cui si possa cogliere il senso di quanto disse Einstein, che lo spazio (non) è (più che) una proprietà strutturale del campo. E, ancora, direi che, nel contesto della relatività, non bisogna essere indotti a pensare all’esistenza di tale “sostrato” dal parlare di tempi e spazi che si dilatano e contraggono, perché ciò avviene su ipersuperfici spaziali o temporali e non nello spaziotempo. Né si deve pensare che la materia “plasmata” questa sorta di “sostrato informe spazial-temporale”, immateriale, che, all’avvicinarsi di essa, modificherebbe le proprie caratteristiche spaziali e temporali; né così – direi – si deve immaginare “agiscano” le onde gravitazionali.

Se, così, mi sembra che il *metrical essentialism* di Maudlin possa essere messo al riparo dalle critiche qui sopra considerate, mi sembra però anche, d’altra parte, alquanto problematica la sua affermazione che «the general relativistic version of Newton’s doctrine would hold that space-time is an essentially metrical object» (v. citazione riportata sopra), derivata da lui come conseguenza (egli scrive infatti «Hence») del fatto che «The order and position of space-time locations one to another are determined by the metric.». Il punto della questione che vi vedo riguarda cosa significa essere «an essentially metrical object». E sotto questa domanda mi sembra vi sia una questione di senso, o ruolo, della metrica, trasformato con la rivoluzione

compiuta, fra l'epoca di Newton e quella di Einstein, da Riemann, e vi sia, in particolare, una problematica riguardo al *rapporto fra spazio(tempo) e campo (metrico, gravitazionale)*, centrale in tutta la problematica riguardante la realtà e la natura dello spazio(tempo) nel contesto della relatività. Ora, mi sembra che qui l'espressione *essentially metrical object* possa avere due significati, entrambi usati da Maudlin nella sua argomentazione. Uno, usato da lui più direttamente, sta a significare – direi – che *le proprietà metriche* (degli elementi dello spazio e dello spaziotempo) *sono loro proprietà essenziali*, nel preciso senso metafisico del termine da Maudlin sottolineato. L'altro significato che vi vedo è quello di *oggetto* (*dico 'oggetto', ma tale oggetto non può che essere 'spazio', o 'spaziotempo' determinato dalla metrica (dal campo metrico)*), nel senso, ideato da Riemann e ripreso ed utilizzato da Einstein, secondo cui la metrica (il campo metrico) *determina, o crea, lo spazio(tempo)*, per cui non è che il campo sia nello spazio(tempo), ma, al contrario, avviene che lo spazio(tempo) è (/non è altro che) una proprietà strutturale del campo (Einstein dice che senza il campo, tolto il campo (gravitazionale, metrico), non ci sarebbe lo spazio vuoto, ma non ci sarebbe proprio nulla ¹²²). Attraverso questo secondo senso Maudlin “cattura” lo spaziotempo della relatività generale, che, in qualche modo, è tale, e lo ricomprende in un'argomentazione che intende avvalersi di una continuità tra le proprietà dello spazio newtoniano e quelle dello spaziotempo einsteiniano, così da stabilire una corrispondenza fra la dottrina newtoniana dello spazio assoluto e la sua concezione sostanzialista dello spaziotempo relativistico, in modo da poter presentare questa come un semplice aggiornamento di quella.

Ora però, mi sembra che (a) , nel secondo dei sensi che ho evidenziato sopra, spazio newtoniano e spaziotempo einsteiniano siano tutt'altro che, similmente, due “essential

¹²² e – continua Einstein – non avremmo neanche alcuna caratteristica topologica.

metrical objects”, ma, al contrario, stiano agli antipodi da quel punto di vista, e che (b), rispetto al primo dei sensi che ho evidenziato sopra, se è vero che sia spazio newtoniano che spaziotempo einsteiniano sono entrambi, in quel senso, “essential metrical objects”, essi lo siano per ragioni che comunque non li accomunano.

Infatti, per quanto riguarda il punto (a), mentre lo spaziotempo einsteiniano, come ho già espresso sopra, in quel senso, è un “oggetto essenzialmente metrico”, lo spazio newtoniano, in tal senso, *non* è un “oggetto essenzialmente metrico”, ma qualcosa che, all’opposto, sta essenzialmente in autonomia da qualsiasi campo, sussistendo indipendentemente da esso. La metrica lì – direi, parafrasando quello che ho sentito dal Prof. Massa di Genova, mentre spiegava, in una conferenza, il diverso ruolo, in meccanica, della cinematica rispetto alla dinamica – ha “un ruolo puramente notarile”; lì il campo metrico – per così dire – non ha gioco (ovviamente, al tempo di Newton non c’era neanche il concetto di ‘campo metrico’). Se per lo spaziotempo della relatività generale vale che «The order and position of space-time locations one to another are *determined* [corsivo mio] by the metric.», per i punti dello spazio assoluto di Newton direi di no: loro ordine, posizione (e distanza) non sono determinati da una metrica (fra le tante metriche possibili), ma sono quello che sono – per così dire – “prima dell’intervento di un campo metrico”; il campo metrico “giusto” – potremmo dire, ma, come ho già espresso sopra, non c’era al tempo di Newton il concetto di campo metrico, bensì *la* (unica) metrica dello spazio – descrive ciò che, dal punto di vista metrico, della posizione e dell’ordine, è *per natura dello spazio*. Quindi mi pare che non si possano accomunare, come invece mi sembra in qualche modo faccia Maudlin, le due concezioni, di spazio e spaziotempo, newtoniana e relativistica, sotto questo punto di vista, dal quale risultano veramente opposte.

Per quanto riguarda il punto (b), poi, le proprietà ¹²³ degli elementi, o parti, dello spazio assoluto di Newton sono loro proprietà essenziali (non possono che essere quelle che sono) per natura dello spazio. Per essere diverse, infatti, bisognerebbe che tali elementi, o parti, fossero – come dice Newton – spostati fuori da se stessi, ma per lui questo non è concepibile, è assurdo. Le proprietà metriche degli elementi dello spaziotempo (nel senso di questo particolare spaziotempo reale del nostro universo, con questa particolare metrica e curvatura (così “forgiata” da massa/energia ed onde gravitazionali) e quindi nel senso di *questi particolari* elementi), invece, sono loro proprietà essenziali (non possono che essere quelle che sono) per la natura istantanea di tali elementi. Quindi, pur avendo entrambi, spazio newtoniano e spaziotempo einsteiniano, le loro proprietà metriche come proprietà essenziali, essi le hanno per motivi affatto diversi e che non riflettono una caratteristica comune (che non c'è) di rapporto con la metrica, con il campo metrico, ma che riflettono, piuttosto, le loro, differenti, nature.

La locuzione ‘non possono che essere quelle che sono’, che uso come esplicazione del concetto di proprietà essenziale, non va però fraintesa. ‘Non possono che essere quelle che sono’ non va preso come sinonimo di (o inteso implicare) ‘non avrebbero potuto essere diverse’. Si tratta – direi – della differenza precisata da Maudlin fra la dicotomia necessario/contingente e quella essenziale/accidentale, che – mi sembra - , in questo contesto, corre parallela alla distinzione, che ho evidenziato poco sopra, tra «different

¹²³ Newton parla di (proprietà di) ordine e posizione degli elementi (o parti) dello spazio (e del tempo) e non di proprietà metriche, ma direi che sicuramente è da intendere anche, e allo stesso modo, proprietà metriche. Direi che nel suo concetto stesso di posizione vi è anche incorporata anche la metrica, che, come ho già detto, era una ed una soltanto. E' forse opportuno precisare anche che, naturalmente, non si può intendere che la locuzione ‘proprietà metriche’ sia usata del tutto analogamente nel contesto della concezione dello spazio di Newton e nel contesto relativistico post-riemanniano e che, a rigore – mi sembra – non si possa parlare di *proprietà* metriche degli elementi dello spazio newtoniano, ma in quel contesto soltanto di relazioni metriche (fra tali elementi). A rigore, infatti mi sembra che la locuzione ‘proprietà metrica’ (di un punto di uno spazio) acquisisca significato soltanto nel contesto dei concetti riemanniani di tensore metrico e campo metrico.

possible states of this space-time» e «different possible space-times». Così scrive Maudlin:

If space-time points have their metrical features essentially, then we must also say that space-time points are contingent entities: particular points may be represented in one model but not in another. But there is no reason why contingent, dynamically produced entities cannot have essential properties. Essentiality implies a sort of necessity but not such as to make items which have essences into necessary existents. My humanity is essential to me although I am a contingent being. It is necessary only in that wherever I appear or could appear, there too humanity must follow. The suggestive equation of absolute with necessary and hence with essential and of dynamical with contingent and hence with accidental pivots on an equivocation. The metrical properties of space-time points may be essential to them although neither they, nor the points themselves, are absolutely necessary entities. The necessary/contingent or absolute/dynamical distinction cuts at different joints than the essential/accidental does.¹²⁴

Direi che, usando il termine ‘spaziotempo’, dobbiamo sempre tener presente la distinzione fra l’oggetto individuale, quindi – per così dire – un elemento di una specie, sebbene – direi – avente la caratteristica, considerando lo spaziotempo effettivamente esistente, che della sua specie esiste solo lui, e la specie – appunto – , comprendente tutti i possibili spaziotempi (compatibili con le equazioni di Einstein (non-isometrici ed anche non-diffeomorfi)), sebbene sia una specie della quale può esistere effettivamente un elemento soltanto.

Se fosse adeguato ritenere che esista qualcosa come quel “sostrato informale spazial-temporale” che ho detto sopra, quella realtà, immateriale (insieme delle *event*

¹²⁴ Maudlin [1988], p., 88

location spaziotemporali), che si immaginerebbe prender forma (cioè curvatura) per “plasmatura” da parte della materia e – per così dire – esser lì, sussistere, prima di tale intervento della materia, e se, così, esistessero elementi di tale “sostrato informale spaziale-temporale”, tali elementi, dovendo poter assumere, per dar luogo alle diverse curvature realizzate, diverse proprietà metriche, direi non potrebbero avere le loro proprietà metriche come loro proprietà essenziali, o proprietà intrinseche, oppure non potrebbero avere identità primitiva.

L’assunzione fondamentale di Tim Maudlin che *non è possibile* che i punti dello spaziotempo abbiano proprietà metriche diverse da quelle che in effetti hanno, espressa nel linguaggio metafisico, equivale a dire, come già espresso sopra, che i punti dello spaziotempo hanno quelle loro proprietà metriche come *proprietà essenziali* ad essi, da cui la denominazione della sua posizione come *metrical essentialism*.

Questo punto di vista dell’indagine metafisica, pur presente anche in “The Essence of Space-Time”, è sviluppato particolarmente in “Substances and Space-Time: What Aristotle Would Have Said to Einstein”. I seguenti passi, tratti da quest’ultimo articolo, sono significativi al riguardo:

Subjects must not always be metaphysically separable from their predicates. Some properties must be essential properties if absurdities are to be avoided.¹²⁵

In the next section we shall see how denying this fundamental principle has led to surprising conclusions about the compatibility of determinism and substantivalism about space-time.¹²⁶

¹²⁵ Maudlin [1990], p. 539

¹²⁶ Maudlin [1990], p. 539

I shall argue that the moral found in Aristotle has application here, since an Aristotelian account of the relationship between space-time points and their properties may provide the substantialist an escape from Earman and Norton's dilemma.¹²⁷

This moral will be employed in the analysis of the ontological status of space-time in the later section of the paper.¹²⁸

E' da notare, poi, come per Maudlin, che osserva che «Essentialism is not a popular metaphysical doctrine.»¹²⁹, la problematica dello *Hole argument* mostri, invece, la validità della posizione essenzialistica. Egli scrive, infatti:

[...] the hole argument has provided us with one of the strongest arguments for essentialism ever produced. For if this diagnosis has been correct, the hole argument and its analogs reveal that any ontology which contains namable substances must either ascribe essential properties to those substances or else fall prey to radical indeterminism. If you want to have substances at all, you better have essences as well.¹³⁰

Maudlin sostiene che la problematica dello *Hole argument*, con la sua conseguenza inaccettabile dell'indeterminismo radicale, non deriva da caratteristiche peculiari della teoria della relatività generale, ma è *insita in qualsiasi teoria che consenta quello che lui definisce il «permutation argument»*, condizione questa che, a sua volta, secondo lui, deriva alla teoria dal suo porre nella propria ontologia entità individuali (o sostanze individuali), avendo nomi per esse nel proprio linguaggio

¹²⁷ Maudlin [1990], p. 532

¹²⁸ Maudlin [1990], p. 532

¹²⁹ Maudlin [1988], p. 88

¹³⁰ Ibid.

(Maudlin parla di «*namable substances*»), e dal permettere, al tempo stesso, che, nell'accettare come propri determinati modelli, – direi – non siano poste preclusioni che limitino tale accettazione a quei modelli soltanto nei quali le entità individuali in questione non perdono quelle proprietà (*proprietà essenziali*) che – direi così – esse hanno in quanto elementi della specie a cui appartengono o in quanto parti dell'oggetto che esse costituiscono, secondo l'ontologia adottata. Scrive infatti Maudlin:

But now we are in a position also to recognize that the hole argument has little to do with the GTR *per se*. Rather, it is an instance of a problem that arises for *any* theory that posits namable substances. On the surface, it appears that *any* such theory will have problems with determinism.¹³¹

Roughly, the problem arises as soon as one introduces names for substances and further assumes that the substances have all of their properties only accidentally.¹³²

Tim Maudlin sostiene dunque che lo Hole argument è essenzialmente, e – in un certo senso – semplicemente, una particolare applicazione di un più generale «permutation argument», che potenzialmente “affligge” ogni teoria scientifica avente le caratteristiche specificate sopra.

Tale «*permutation argument*» – mi pare si possa affermare, cercando ora di dare una caratterizzazione in termini generali di quello che egli presenta soltanto con un esempio – è secondo Maudlin un'argomentazione la quale mostra che una teoria i cui modelli siano costituiti da descrizioni massimali dell'universo di discorso di essa, espresse nel

¹³¹ Maudlin [1988], p. 84

¹³² Maudlin [1988], p. 85

suo linguaggio, diviene “vittima” dell’indeterminismo radicale come effetto delle trasformazioni che operano su tali descrizioni massimali (trasformazioni costituite da permutazioni dei termini individuali di esse all’interno degli enunciati ¹³³ in cui tali termini sono contenuti), a meno che si rigetti l’uso di quelle, fra tali trasformazioni, che a detti termini associano proprietà in contrasto con le proprietà ritenute essenziali degli individui ai quali quei termini si riferiscono.

Proprietà essenziali, quali proprietà che ogni elemento individuale, appartenente ad una specie, o – come nel caso dello spaziotempo – costituente un determinato altro oggetto, non si può considerare non abbia, direi che per Maudlin sono, ad esempio, la proprietà di essere un essere umano per ogni data persona considerata o, per un elemento dello spaziotempo (fisico), la particolare proprietà metrica che esso ha, nel senso della sua particolare metrica (tensore metrico) e della particolare curvatura che esso ha nello spaziotempo (fisico) a cui appartiene.

Maudlin illustra, in "The Essence of Space-Time", cosa sia tale *permutation argument*, come ho detto, attraverso un esempio. Poiché mi pare che in tale esempio alcuni aspetti non siano di immediata comprensione, ritengo opportuno riportare qui per intero i tre capoversi e le successive tre righe in cui esso, in modo piuttosto condensato – direi – è presentato, cosicché risulti chiaramente distinto (anche in quanto ho già scritto sopra) ciò che è mia interpretazione.

To take a very general exemple, consider any theory according to which both I and the Eiffel Tower are named substances. There will be some maximal description of the universe as it is, a description given in the vocabulary of the theory. If the theory is true, this

¹³³ Gli enunciati sono gli elementi delle descrizioni massimali del mondo e quindi gli elementi dei modelli. Penso che ci si possa limitare, nella considerazione di tali modelli, alla considerazione dei soli enunciati atomici.

description will constitute a model of the theory. Now consider the description that results from this one if we exchange the name “Tim Maudlin” and “Eiffel Tower” wherever they occur. The new description contains such sentences as “T.M. is constructed in 1889”, scandalizing Parisians, and “Eiffel Tower addresses a group of philosophers in Evanston on October 28, 1988”. There is a “passive interpretation” of this new description which construes it as a case of merely *renaming* the Eiffel Tower and me, applying different conventional linguistic tags to those objects. Under the passive interpretation the two models have the same content. But we are interested instead in the active interpretation, according to which the new description is just plain false. In the active interpretation “Eiffel Tower” refers to the very same object in both descriptions. And since the Eiffel Tower is not 5' 8", does not wear glasses, & c., the description we get by interchanging names is not equivalent to the original, and is not true.

So under the active interpretation, our new description depicts a distinct ontological state of affairs from the old. Further, unless the laws of our theory make explicit reference to the Tower or me by name, the new description will also be a model of the theory. For the theory will be blind to the referents of the linguistic tags, the names that we apply to substances. Without information about every named substance directly built in, how is the theory to judge one description to be an acceptable state of affairs and the other not?

But we now seem to be able to demonstrate that the theory must exhibit radical indeterminism. For under the active interpretation the two description present situations that are a) ontologically distinct b) consistent with the theory and c) in exact agreement on all the facts about the universe up to the construction of the Eiffel Tower. Apparently our theory cannot predict on the basis of the history of the

world up until 1889 whether it is I or the Eiffel Tower which is to be built for the Paris exposition. Perhaps all models that agree on the facts up to 1889 also agree that some substance made of girders appears on the banks of the Seine in that year, but just *which* substance so appears is left open. Evidently one must either renounce determinism or abandon substantivalism about anything at all.¹³⁴

[...] if the permutation effects no substances that existed before time t_0 , then the permuted model will represent a world that agrees with the original in *all* facts (both observable and unobservable) until t_0 yet diverges after.¹³⁵

Analizziamo, ora, i vari elementi del *permutation argument*, evidenziando il parallelismo con i corrispondenti elementi dello *Hole argument*, che, come visto, secondo Maudlin, di quello sarebbe un caso particolare. Per ognuna di tali coppie, tratterò prima l'elemento dello *Hole argument*, già noto; esso potrà essere di guida nella comprensione del corrispondente elemento del *permutation argument*.

Partiamo con l'elemento del *modello*. Nel caso dello *Hole argument*, un modello della teoria della relatività generale, come già visto nell'Introduzione, è una tripla $\langle M, g, T \rangle$ costituita da un *manifold* quadridimensionale ed un campo tensoriale g e un campo tensoriale T su di esso, tali che detti tensori soddisfano le equazioni (tensoriali) di Einstein. Ogni elemento dell'insieme di punti matematici della varietà (riemanniana, in quanto dotata di una metrica) ha un certo valore del tensore g (cioè una certa proprietà metrica; e, derivandosi il tensore di Riemann dal tensore metrico, ha la proprietà di avere una certa curvatura) ed un certo valore del tensore T (che denota la presenza di una certa quantità di massa/energia ed impulso nel corrispondente punto dello

¹³⁴ Maudlin [1988], p. 84-85

¹³⁵ Maudlin [1988], p. 85

spaziotempo). Il corrispettivo di tale modello, nell'esempio con cui Maudlin illustra il *permutation argument*, è una *descrizione (massimale) del mondo* («There will be some maximal description of the universe as it is, a description given in the vocabulary of the theory. If the theory is true, this description will constitute *a model of the theory* [corsivo mio].»), un insieme di enunciati, quindi. Un modello della teoria – si può notare – non è dunque costituito, in entrambi i casi, da (una certa configurazione de)lla realtà descritta dalla teoria, ma sta ad un livello diverso, un livello – per così dire – intermedio fra le leggi della teoria e la realtà descritta da essa, un livello che si vede non essere “appiattito” sul livello della realtà stessa (se non altro) dal fatto che in esso si possono fare quelle permutazioni illustrate da Maudlin, che generano altrettanti modelli della teoria (sebbene Maudlin, ad esempio, non li accetti tutti). Il posizionarsi – per così dire – di questo elemento del *permutation argument* a questo livello intermedio fra leggi della teoria e realtà da essa descritta mi sembra effettivamente del tutto analogo al situarsi, nel contesto dello *Hole argument* e della relatività generale, della struttura matematica della varietà, elemento della fisica elaborata come teoria fisica geometrizzata data come campi tensoriali su varietà, ad un livello intermedio fra equazioni della teoria e realtà fisica.

Ma ancor prima dell'elemento del modello, abbiamo l'elemento della *teoria* (con le sue *leggi*), di cui quello è, appunto, modello. Qui, nel caso dello *Hole argument* non c'è molto da dire e da indagare: la teoria è la teoria della relatività generale e le leggi di essa, o perlomeno quelle fondamentali, sono le Equazioni di Einstein. Ma a quale genere di teoria faccia riferimento l'esempio di Maudlin non mi sembra appaia del tutto evidente ed anzi mi sembra che la questione possa destare qualche disorientamento. Avendolo recentemente potuto incontrare ad un convegno in Italia, ho avuto modo di chiedere qualche spiegazione direttamente all'Autore, anche se, purtroppo, essendo

stato, date le circostanze, un colloquio brevissimo, non ho avuto modo di poter trattare a fondo le questioni ed affrontare tutte le incertezze. Si tratta lì – da quel che ho capito – di considerare una teoria assolutamente *generale* (termine da lui confermatomi), che contiene leggi riguardanti gli individui del mondo del tipo (esempio suo, ma che riprende un classico in filosofia della scienza) “Tutti i corvi sono neri”, in simboli: $(x)(Rx \supset Bx)$. Un'altra caratteristica della teoria in questione, di cui stiamo tentando di capire i connotati, è – ancora secondo quanto ho compreso dalla spiegazione dell'Autore – l'*assoluta formalità* (termine anch'esso da lui confermatomi)¹³⁶ di essa, che si può cogliere particolarmente nel rapporto di soddisfacimento delle leggi di tale teoria da parte degli elementi del modello (gli enunciati delle descrizioni massimali del mondo) e che io ho effettivamente colto dal suo esempio in merito (che riporto però al punto seguente, dedicato appunto al rapporto fra la teoria e i suoi modelli), esempio che mostra come anche enunciati falsi delle descrizioni massimali siano considerati, nel *permutation argument*, elementi del modello della teoria. Ed infatti, trattando del *permutation argument*, Maudlin scrive: «[...] active interpretation, according to which the new description is just plain false.»¹³⁷, «[...] the description we get by interchanging names is not equivalent to the original, and is not true.»¹³⁸ e «[...] the new description will also be a model of the theory.»¹³⁹). Riguardo a tale teoria, poi, troviamo anche asserito quanto segue: «Apparently our theory cannot predict on the basis of the history of the world up until 1889 whether it is I or the Eiffel Tower which is to be built for the Paris exposition.»¹⁴⁰, che comporta un'altra caratteristica di tale teoria. Da ciò, infatti, mi pare si possa dedurre che, se essa non è in grado di prevedere se nel 1889 a venire

¹³⁶ Maudlin a questo punto del nostro breve colloquio ha fatto riferimento al filosofo della scienza Carl G. Hempel

¹³⁷ Maudlin [1988], p. 85; corsivo mio

¹³⁸ Ibid.; corsivo mio

¹³⁹ Ibid.; corsivo mio

¹⁴⁰ Ibid.

all'esistenza in Parigi sia 'Tim Maudlin' piuttosto che 'Eiffel Tower' (cioè di decidere fra tali sue due previsioni), facendo attraverso i suoi modelli entrambe quelle previsioni, sia una teoria, comunque, in grado di fare la previsione che nel 1889 in Parigi venga all'esistenza quell'entità individuale che nel linguaggio ordinario chiamiamo Torre Eiffel. E questo ci ripropone, accompagnata ad una certa perplessità, la domanda su che genere di teoria possa essere questa. E che la teoria sia in grado di fare questa previsione sembra infatti essere un elemento, un ingrediente di tutta quanta l'argomentazione di Maudlin del *permutation argument*; tanto quanto il fatto che la teoria della relatività generale sia una teoria che fa delle previsioni secondo cui, in un certo punto dello spaziotempo piuttosto che in un altro, vi sia, ad esempio, la collisione fra due galassie è un elemento essenziale di tutta la problematica dello *Hole argument*; un ingrediente non trascurabile, quindi, per quanto riguarda la comprensione dell'argomentazione di Maudlin. A che tipo di teoria bisogna dunque pensare affinché il discorso quadri e tutta l'argomentazione appaia sensata? Nella risposta ci deve essere – direi – un elemento, un'indicazione, riguardanti l'ambito di pertinenza – per così dire – e predittivo di quella teoria. La risposta è forse (di questo aspetto della questione non ho parlato con Maudlin) che allora essa sia una teoria generale del mondo anche nel senso che dobbiamo pensare che essa sia *una teoria in grado di prevedere, attraverso le sue leggi, tutto ciò che nel mondo avviene* (fra cui il fatto che nel 1889 in Parigi venga all'esistenza quella cosa che nel linguaggio ordinario chiamiamo Torre Eiffel), o – in modo direi più adeguato al contesto – tutto ciò che costituisce l'evoluzione, o la dinamica, di tutto quanto l'universo eternalista della realtà spaziotemporale quadridimensionale; una teoria, dunque, – per così dire – *totale*. Tale teoria è effettivamente concepibile nell'ottica secondo cui l'intera evoluzione di tutto quanto sta in tale universo, compreso tutto il

comportamento degli esseri viventi (e quindi costruzione della Torre Eiffel compresa), avviene in virtù delle leggi fondamentali della fisica.

Un altro elemento da chiarire nel parallelo che stiamo indagando fra *Hole argument* e *permutation argument*, al quale ho però già fatto accenno nel punto precedente, è il rapporto fra teoria e modello nei due contesti, rapporto consistente nella relazione di essere modello della teoria da parte, rispettivamente, di una terna $\langle M, g, T \rangle$ e di una descrizione massimale del mondo. Nel caso della relatività generale e del contesto dello *Hole argument*, come ho già accennato precedentemente nel punto dedicato ad esporre in cosa consistano i modelli nei due contesti che stiamo esaminando, una tripla $\langle M, g, T \rangle$ è modello di T.R.G. se e solo in essa se le relazioni matematiche fra le derivate dei tensori g e T soddisfano, per ogni punto di M , le equazioni differenziali tensoriali di campo che costituiscono le equazioni fondamentali della teoria. Ci si chiede, ora, quando, in termini generali, una descrizione massimale del mondo sia modello delle leggi di quella teoria di cui Maudlin fornisce l'esemplificazione che ho citato sopra. Nel brevissimo colloquio con lui a cui ho fatto riferimento, egli mi ha fatto il seguente esempio per quanto riguarda, nell'ambito del *permutation argument*, la relazione di modello fra due particolari enunciati, due elementi di una descrizione massimale del mondo (falsi), e una legge della teoria considerata. Data la legge, già esposta sopra, $(x) (Rx \supset Bx)$ ("Tutti i corvi sono neri"), si considerino gli enunciati (falsi) "Tim Maudlin è un corvo" e "Tim Maudlin è nero". Ora, la coppia

$\{Rt, Bt\}$ (Tim Maudlin è un corvo, Tim Maudlin è nero)

soddisfa l'enunciato quantificato universalmente (la legge)

$(x) (Rx \supset Bx)$,

cioè $\{Rt, Bt\}$ È MODELLO DI $(x) (Rx \supset Bx)$,

in quanto, secondo le leggi della logica matematica, l'implicazione materiale $Rt \supset Bt$, con entrambi i valori di verità falsi sia di Rt che di Bt , ha valore di verità vero. La condizione che sembra dunque potersi trarre è che enunciati contenenti termini individuali sono elementi del modello delle leggi della teoria, e quindi concorrono a rendere la descrizione massimale del mondo che li contiene modello delle leggi della teoria costituita, se e solo se, nel caso in cui, essendo, in generale, una legge: $(x) (Px \supset Qx)$, con P e Q che stanno per predicati qualsiasi contenuti in essa, l'enunciato $Pt \supset Qt$ (dove t è il termine individuale che si riferisce ad un oggetto o sostanza individuale) ha valore di verità vero, cioè, in sostanza – mi pare si possa dire – non costituisce un controesempio falso, che falsifichi quella legge. Dunque, se per quanto riguarda la risposta alla domanda “Che genere di teoria è quella da avere in mente considerando gli esempi di *permutation argument* forniti da Maudlin?” le “parole chiave” – per così dire – sono ‘generale’ e ‘totale’, la parola chiave nella relazione di essere modello è *formale*, nel senso del soddisfacimento formale, cioè nel senso del soddisfacimento secondo le leggi della logica formale, che, in particolare, come già notato, comporta che (anche) un enunciato (falso) quale $Rt \supset Bt$ come sopra interpretato, faccia parte della descrizione massimale del mondo che costituisce il modello della teoria nell'ambito del *permutation argument*.

Abbiamo, poi, proseguendo ancora nell'analisi dei vari elementi, *l'operazione che da un modello ne genera un altro, la trasformazione da un modello ad un altro*. Nel contesto dello *Hole argument* questa è costituita dal diffeomorfismo + *drag along*. Tale operazione sposta i (valori dei) campi tensoriali su altri punti della varietà riemanniana (a meno di ritenere una varietà riemanniana identificata come la stessa a meno di diffeomorfismi, nel qual caso, essendo ogni punto collegato da ogni diffeomorfismo in realtà lo stesso punto, il *drag along* non sposta niente). Quindi ad un punto vengono

attribuite altre proprietà rispetto a quelle che aveva prima di tale operazione (la proprietà metrica e di curvatura, espresse rispettivamente dal tensore metrico g , a partire da esso, dal tensore di Riemann, e la proprietà di avere una certa densità dell'energia/impulso, espressa dal tensore T). L'operazione analoga a questa, nell'ambito del *permutation argument*, è costituita da *permutazioni dei nomi degli individui*. Così la introduce Maudlin:

Now consider the description that results from this one if we *exchange the name* “Tim Maudlin” *and* “Eiffel Tower” *wherever they occur*.¹⁴¹

Questa permutazione dei nomi agisce dunque su una descrizione massimale del mondo, generando una nuova descrizione massimale del mondo. Le due operazioni dei due differenti ambiti agiscono sui modelli in modo, in un certo senso, opposto, ma producono lo stesso effetto, per il quale certe proprietà, nel modello ottenuto con la trasformazione, sono associate ad altri individui, rispetto a quelli a cui esse erano associate nel modello di partenza. Il diffeomorfismo + *drag along* dello *Hole argument* ottiene quel diverso accoppiamento di proprietà ad oggetti individuali effettuando lo spostamento – per così dire – sul versante delle proprietà, mentre la permutazione dei nomi del *permutation argument* ottiene tale diverso accoppiamento agendo sul versante degli oggetti individuali, spostando, nelle descrizioni massimali del mondo i nomi di quegli oggetti individuali. Il modello trasformato dello *Hole argument* esprime, in particolare, che, per ogni punto della *hole*, il punto nel modello trasformato (o, più esattamente, il punto dello spaziotempo fisico corrispondente a quel punto), ha, in generale, una proprietà metrica (ed una curvatura) diversa da quella del punto di

¹⁴¹ Maudlin [1988], p. 84, corsivo mio

partenza. Il modello del *permutation argument*, nell'esempio in "The Essence of Space-Time", esprime che Tim Maudlin (lo stesso Tim Maudlin) ha la proprietà di essere stato costruito nel 1889 e che la Torre Eiffel (la stessa Torre Eiffel) ha le proprietà di aver parlato il 28 ottobre 1988 ad Evanston ad un gruppo di filosofi, di misurare 5' 8" e di portare occhiali.

Un altro elemento da evidenziare, che è una specificazione del precedente, è costituito dall'*aspetto attivo* delle operazioni viste ora, che è quello che correttamente deve essere preso in considerazione in entrambi gli ambiti, ed è quello effettivamente esposto sopra. Per quanto riguarda il contesto dello *Hole argument*, ho già trattato dell'aspetto attivo del diffeomorfismo nel precedente capitolo dedicato al lavoro di Earman e Norton. L'aspetto attivo che, analogamente, si ha anche nel *permutation argument*, già contenuto nelle ultime frasi del punto precedente, che esprimono il significato (per quanto strano) del modello trasformato che si trova nell'esempio fornito in "The Essence of Space-Time", è così delineato da Maudlin, all'interno di passaggi già citati in precedenza, ma di cui riporto qui nuovamente le parti ora pertinenti:

There is a "passive interpretation" of this new description which construes it as a case of merely *renaming* the Eiffel Tower and me, applying different conventional linguistic tags to those objects. Under the passive interpretation the two models have the same content. But we are interested instead in *the active interpretation* [corsivo mio], according to which the new description is just plain false. In the active interpretation "Eiffel Tower" refers to the very same object in both descriptions. [...] So under *the active interpretation* [corsivo mio], our new description depicts a distinct ontological state of affairs from the old.¹⁴²

¹⁴² Maudlin [1988], p. 85

Altri due elementi, che sono essenziali nell'insorgenza dell'indeterminismo, sono l'*identità fino ad un certo tempo t_0 dei diversi modelli tra loro*, la quale fa sì che le parti dei modelli che poi differiscono possano essere intese rappresentare diverse evoluzioni della stessa situazione fisica (determinata come tale appunto dall'identità delle prime parti dei due modelli), e, in ogni modello, *una continuità*, per ogni punto della frontiera fra la prima parte di esso e la seconda, che garantisca che ciò che si ritrova (differente, rispetto all'altro modello) nella seconda parte del modello rappresenti l'evoluzione di una data situazione fisica dello stesso modello (la stessa che consideriamo anche nell'altro), cosicché ciò che si ritrova in una seconda parte di un modello si possa correttamente interpretare come evoluzione (secondo le leggi della teoria) di quella stessa situazione fisica (quella è detta rispetto alla prima parte dello stesso modello; stessa è detta rispetto all(a prima parte dell)'altro modello). Nello *Hole argument*, ciò è ottenuto, per quanto riguarda la prima di queste due condizioni, in virtù di come è definito lo *hole diffeomorphism*, che, al di fuori dello *hole* spaziotemporale, e quindi prima di un certo limite temporale determinato dai limiti dello *hole* stesso, è definito come la trasformazione identica e, per quanto riguarda la seconda condizione, dal peculiare comportamento delle *funzioni lisce*, quali sono quelle lì utilizzate (aspetto di notevole complessità tecnica, che non ho mai affrontato nel dettaglio). Nel *permutation argument* di Maudlin, per quanto riguarda la prima condizione, non vi è un'analoga costruzione che definisca esplicitamente un tempo fino al quale due dei modelli in questione siano, per costruzione appunto, identici. Ma cominciamo con l'osservare che, comunque, Maudlin effettivamente afferma che così avvenga, sebbene egli non si esprima proprio in termini di identità delle due descrizioni massimali del mondo, ma in termini di loro accordo, o concordanza: «[...] under the active interpretation the two

description present situations that *are* [...] *in exact agreement* on all the facts about the universe up to the construction of the Eiffel Tower.»¹⁴³ e: «[...] if the permutation effects no substances that existed before time t_0 , then the permuted model will represent a world *that agrees with the original* [corsivo mio] in *all* facts (both observable and unobservable) until t_0 yet diverges after.»¹⁴⁴. Si può poi desumere – direi – dall’esempio fornito da Maudlin, che – cercando di dare una definizione generale – i due modelli (le due descrizioni massimali del mondo) sono, per come funziona lì la trasformazione (o almeno – direi – per come dall’esempio da lui fornito si può desumere che, in generale, funzioni), identici (concordanti) fino al momento in cui viene ad esistere il primo, nell’ordine di comparsa al mondo, degli oggetti che costituiscono i referenti degli elementi (nomi) che subiscono la permutazione attuata. Maudlin identifica, infatti, nel suo esempio, il tempo t_0 , fino al quale i due modelli sono identici, e a partire dal quale essi poi divergono, con il momento in cui la Torre Eiffel inizia ad esistere («history of the world up until 1889»¹⁴⁵); e la Torre Eiffel è, appunto, il primo degli oggetti interessati dalla permutazione nell’esempio a venire all’esistenza. La permutazione ‘Tim Maudlin’-‘Eiffel Tower’ non ha nessun effetto sulle parti del modello (sulle parti della descrizione massimale del mondo) anteriori ¹⁴⁶ a quell’istante, poiché fino a quel momento la Torre Eiffel, ma anche Tim Maudlin, non esistono. Su tale punto torno immediatamente, ma prima illustro in che termini Maudlin affermi l’effetto della permutazione essere, invece, a partire da t_0 , determinante ai fini dell’insorgere dell’indeterminismo radicale: «[...] our theory cannot predict on the basis of the history of the world up until 1889 whether it is I or the Eiffel Tower which is to

¹⁴³ Ibid.; corsivo mio

¹⁴⁴ Ibid.

¹⁴⁵ Maudlin [1988], p. 85

¹⁴⁶ Per parlare di parti della descrizione massimale del mondo anteriori ad un tempo t_0 , occorre probabilmente pensare che ogni elemento di tale insieme di enunciati abbia un riferimento temporale; il riferimento – suppongo – all’istante in cui esso è supposto essere ideato.

be built for the Paris exposition.»¹⁴⁷. Avremo, dunque, nell'elaborazione presentata da Maudlin, due descrizioni massimali del mondo, una delle quali asserisce che, a partire da un certo momento, 'Tim Maudlin' ha le proprietà di aver parlato il 28 ottobre 1988 ad Evanston ad un gruppo di filosofi, di misurare 5' 8", di portare occhiali, ecc. ed 'Eiffel Tower' ha le proprietà di essere stata costruita nel 1889, di essere stata costruita per l'esposizione di Parigi, di essere stata costruita sulla riva della Senna, ecc., e l'altra delle quali asserisce che, a partire da quello stesso momento, invece, 'Eiffel Tower' ha le proprietà di aver parlato il 28 ottobre 1988 ad Evanston ad un gruppo di filosofi, di misurare 5' 8", di portare occhiali, ecc. e 'Tim Maudlin' ha le proprietà di essere stato costruito nel 1889, di essere stato costruito per l'esposizione di Parigi, di essere stato costruito sulla riva della Senna, ecc. Ora, però, quell'elemento della continuità che, se correttamente ho individuato essere necessario, è indispensabile che vi sia anche nella costruzione elaborata da Maudlin, affinché essa rappresenti veramente uno schema generale in cui sensatamente viene (ri)prodotto l'indeterminismo (per qualsiasi teoria che avente le caratteristiche, estremamente generali, da lui specificate), non mi sembra si veda espresso da qualcosa nel suo "meccanismo". Sembra, infatti, che Eiffel Tower e Tim Maudlin, con le proprietà l'uno dell'altro, saltino fuori, nelle seconde parti dei modelli, del tutto inesplicitamente, anziché come evoluzioni di qualcosa (che deve stare nella prima parte dei modelli) secondo le leggi della teoria. E la loro compatibilità con le prime parti dei modelli, d'altra parte, sembra garantita soltanto dall'assoluta assenza di qualsiasi loro traccia in esse. Un meccanismo estremamente formale sembra li eludere, più che garantire, quella condizione di continuità. Mi pare che nel *permutation argument* presentato da Maudlin l'identificazione della stessa situazione che evolve diversamente producendo l'indeterminismo non si veda. Mentre nell'analogo passaggio

¹⁴⁷ Ibid.

nell'ambito dello *Hole argument* troviamo una continuità secondo la quale ciò che troviamo nella seconda parte del modello costituisce l'evoluzione, secondo le leggi della teoria di una (ben precisa, ben identificabile, sulla base di continuità di linee di universo che soddisfano le equazioni) situazione fisica presente nella prima parte del modello, in questo punto del *permutation argument* mi sembra che ci troviamo di fronte ad una lacuna nell'argomentazione.

4 - LA POSIZIONE DI JEREMY BUTTERFIELD

La posizione di Jeremy Butterfield sullo *Hole argument* – la sua soluzione, nel senso di riconciliazione di sostanzialismo e determinismo – ha una forte somiglianza con quella di Tim Maudlin, sotto l’aspetto della negazione della sensatezza, e quindi dell’accettabilità, di alcuni (tutti meno uno) dei modelli diffeomorfi ottenuti per *hole diffeomorphism*, negazione basata, come in Maudlin, sulla negazione della possibilità della realtà da tali modelli rappresentata. Ciò è espresso da Butterfield alla pagina 13 di "The Hole Truth", l’articolo – direi piuttosto complesso, parecchio tecnico in diverse parti e nel quale i nessi secondo cui si sviluppa l’argomentazione non mi sembrano sempre facili da cogliere, ma molto ricco di contenuti e collegamenti ¹⁴⁸ e stimolante – con cui, nel 1989, egli risponde alla minaccia per il sostanzialismo spaziotemporale avanzata due anni prima da Earman e Norton con "What Price Spacetime Substantivalism? The Hole Story". Lì Butterfield esprime un’assunzione che appare contrastare direttamente (all’interno del suo articolato lavoro) l’argomentazione di Earman e Norton e che viene denominata, entro la questione nella quale emerge (cioè la questione se, nel caso si ritenga che diversi modelli isomorfi delle equazioni di

¹⁴⁸ Tra questi i principali mi sembrano i seguenti. Il collegamento con la teoria delle controparti di David Lewis e la problematica dell’identità attraverso mondi possibili. Il collegamento con la problematica di una definizione adeguata di determinismo per le teorie spaziotemporali. Il collegamento con la problematica – direi – dell’interpretazione delle strutture fisico-matematiche utilizzate nella teoria della relatività generale (nel senso della questione, cui fa riferimento Butterfield, del significato dell’identità di vettori e tensori in due varietà). Il collegamento alla trattazione del “problema delle condizioni iniziali” («initial value problem for general relativity», p. 8) nei testi di relatività generale, nei quali viene dimostrata l’unicità della soluzione a meno di isomorfismi (autentico caposaldo dell’argomentazione di Butterfield).

Einstein rappresentino realtà fisiche fra loro diverse ¹⁴⁹, ciascuno («(Each)») ¹⁵⁰ di essi oppure soltanto uno di essi («(One)») ¹⁵¹ rappresenti un mondo veramente possibile), *opzione (One)*, e lì Butterfield dichiara il suo consenso ad essa:

[...] Secondly, (One): We say that *at most one* [corsivo dell'Autore] of the two models *represents a physically possible world* [corsivo mio].

[...] But of course I deny that substantivalism must endorse (Each). It can endorse (One); and besides, I shall argue that it has good reason to do so, quite apart from securing the possibility of determinism. But before arguing for (One), I should [...]

[...] note [...] that (One) blocks the inference from answering (Same?) by No, to the violation of the basic idea of determinism. For, just as on the Yes answer, there is at most one world at issue, and thus no prospect of two worlds disagreeing on a hole. ¹⁵²

Si veda anche, poco più avanti, la seguente spiegazione:

[...] (One): if one model in Figure 1 represents a world, then the other *cannot* since it contains the first model's points. ¹⁵³

¹⁴⁹ V., a p. 12, questione (Same?): «(Same?): Suppose given a theory and 2 isomorphic models $\langle M, O_i \rangle$ and $\langle M', O'_i \rangle$, with the same base-set. That is, M and M' are built from the same set of points, and there is a diffeomorphism d of M onto M' , dragging the O_i into the O'_i (all objects, not just metric fields). Note that these models may differ on which properties and relations (coded by the objects) are 'painted' on which points of the common base-set; cf. Figure 1. Does each model represent the same physically possible world?».

¹⁵⁰ V., a p. 12, opzione (Each): «[...] (Each): We say that in general *each* of the two models represents a different physically possible world.».

¹⁵¹ V., a p. 13, opzione (One): «[...] (One): We say that *at most one* of the two models represents a different physically possible world.».

¹⁵² Butterfield [1989], p. 13

¹⁵³ Butterfield [1989], p. 22; corsivo mio

È chiaro che, se, come abbiamo già visto accadere con Maudlin, di tutti i modelli diffeomorfi producibili l'uno dall'altro per *hole diffeomorphism* solo uno è accettabile e degno di essere considerato rappresentativo di qualcosa di reale, l'indeterminismo non sorge ed il problema dello *Hole argument*, con la sua minaccia per il sostanzialismo, è immediatamente risolto.

Ma, prima di proseguire col filo di questo discorso, constatiamo l'adesione di Butterfield alla posizione sostanzialista, da lui espressa, all'inizio del suo articolo, in un capoverso che ritengo opportuno riportare qui per intero. Egli, riferendosi evidentemente al sostanzialismo *spaziotemporale*, scrive:

Substantivalism is the claim that our physical theory commits us to the existence of spacetime points, and perhaps to spacetime as the set or mereological fusion of all the points. The popularity of this claim reflects the rise of scientific realism from the mid-1960's onwards. For scientific realism holds that one is committed to believing in the existence of those entities that are ineliminably referred to or quantified over by one's best scientific theories. And our best spacetime theories are almost always presented as quantifying over spacetime points – with never a hint of how to eliminate such quantification. As an aspiring scientific realist, I find this version of substantivalism attractive.

La definizione che nella prima riga vi appare, però, mi pare si possa dire che sembra più una definizione di realismo scientifico che di sostanzialismo spaziotemporale. Il riferimento, nel definiens, ai punti spaziotemporali, cioè agli elementi dello spaziotempo (nelle teorie spaziotemporali si parla di *eventi*) e all'esistenza di essi, mi sembra, dal punto di vista della questione del sostanzialismo, possa essere (a differenza del riferimento che si trova in Maudlin il quale usa costantemente la locuzione *event*

location) ambiguo, in quanto mi pare che con l'uso di esso non ci si esprima riguardo a cosa tali elementi siano, se, cioè, "puro" luogo (eventualmente inoccupato) ad un tempo (come – direi – viene connotato inequivocabilmente con l'espressione *event location*), o evento nel senso dell'einsteiniano "point-coincidence argument". E proprio tale diversità – direi – segna una possibile differenza tra una *questione di sostanzialismo* nel senso di esistenza indipendente dello spaziotempo (così come, all'epoca di Newton, dello spazio, e del tempo) da ogni cosa in esso ed una *questione di realismo scientifico* rispetto allo spaziotempo, *qualunque cosa poi per spaziotempo si intenda*. (Con 'qualunque cosa per spaziotempo si intenda' mi riferisco qui all'ambito della distinzione, che ho evidenziato nel primo capitolo, fra insieme di eventi nel senso dell'einsteiniano "point-coincidence argument" ed insieme di *event location*. Per quanto riguarda l'altra delle due distinzioni che ho evidenziato lì, quella fra spaziotempo come spazio puramente matematico che rappresenta una realtà tridimensionale che evolve nel tempo e spaziotempo quale mondo quadridimensionale con il tempo dato pienamente quale una quarta dimensione, evidentemente, la prima di queste va qui immediatamente esclusa, perché, qualora si intendesse lo spaziotempo in tal modo, sia la questione del realismo scientifico che quella questione del sostanzialismo non si porrebbero neanche). Mi sembra però che Butterfield, indirettamente, qualche pagina più avanti, quando accenna, per escluderle dalla sua prospettiva, ad alcune concezioni che in diversi modi evitano la problematica dello *Hole argument*, chiarisca quale sia la sua posizione rispetto alla problematica che ho qui posto riguardo alla sua definizione di pagina 1, anche se in "The Hole Truth" non troviamo ribadita quanto in "The Essence of Space-Time" la nozione di *location* spaziotemporale. Egli scrive infatti:

Let me first set aside one strategy for responding to the threat [...] It comes in two varieties: instrumentalism ('Vienna') and constructive empiricism ('Princeton'). Vienna holds that the only claims of our spacetime theories that need interpretation as about physical reality are the strictly observational claims, and the two models related by a hole diffeomorphism as in Figure 1 are representations of the same observable reality – say, because observable reality is a matter solely of *spacetime coincidences of objects*. (Something like this seems to have been one of Einstein's early reactions to the hole argument [...]) [...] I shall ignore this strategy, in both its varieties: a scientific realist will not want to have such a short way with the threat.¹⁵⁴

Torniamo ora al contrasto di Butterfield allo *Hole argument* di Earman e Norton evidenziato sopra, per chiederci, ricollegandoci a quanto già scritto, su cosa si basi, a sua volta, nella sua argomentazione, la negazione della possibilità della realtà descritta da tutti gli altri modelli ottenuti per *hole diffeomorphism* all'infuori di quell'unico accettabile, come dichiarato nell'opzione (One). (Nel capitolo precedente abbiamo visto che in Maudlin tale analogia negazione si basava sulla concezione da parte di quest'ultimo delle proprietà metriche dei punti spaziotemporali come loro proprietà essenziali, denominata *metrical essentialism*).

Ma, prima, richiamiamo un attimo, a tal fine, come può essere considerato il significato dei modelli ottenuti per *hole diffeomorphism* nello *Hole argument*, sottolineandone ora l'aspetto più pertinente all'attuale compito di spiegazione della posizione di Butterfield. Il significato che può essere loro attribuito è che agli *stessi* punti, allo stesso insieme di punti (si tratta dello stesso *manifold*, essendo lo *hole diffeomorphism* un diffeomorfismo dalla varietà in se stessa) vengono attribuite (attraverso il *drag along* dei campi tensoriali) proprietà (sia metriche, sia riguardanti l'intensità dell'energia/impulso)

¹⁵⁴ Butterfield [1989], p. 4-5; corsivo mio

diverse. Conseguenza interpretativa, a livello di realtà fisica da quei modelli rappresentata, è che abbiamo quindi un'altra, diversa, situazione fisica in cui si trovano gli stessi punti spaziotemporali, un altro stato possibile dello *stesso* mondo (stesso mondo in quanto costituito dagli stessi punti spaziotemporali), vale a dire *un altro mondo possibile* (quanto meno, di certo, *fisicamente* possibile, in quanto conforme anch'esso alle equazioni della teoria ed empiricamente equivalente, per uguale risultato dell'interpretazione delle misure sulla struttura fisico-matematica che rappresenta lo spaziotempo) *composto dagli stessi elementi*, dagli stessi oggetti individuali, gli stessi punti spaziotemporali. (Questo, naturalmente, a meno di considerare – come già richiamato diverse volte –, “alla Weatherall”, le varietà riemanniane isometriche come lo stesso oggetto matematico; oppure a meno di fare appello al principio della *Leibniz equivalence*, sostenendo che si tratta, comunque, completamente della stessa situazione fisica, entrando, in questo secondo caso, in contrasto con il sostanzialismo (Weatherall, invece, nel suo articolo già richiamato si mantiene neutrale rispetto alla disputa metafisica sostanzialismo/relazionismo)). E il fatto – da me qui evidenziato – che si tratta degli stessi punti spaziotemporali, i quali compaiono con differenti proprietà (espresse dai diversi tensori attribuiti ad essi), costituendo così situazioni fisiche diverse, viene richiamato da Butterfield, nel paragrafo in cui egli descrive il lavoro di Earman e Norton (“THE THREAT”), come l'*idea base* della minaccia che questo intende rappresentare per la posizione sostanzialista:

Thus the basic idea of the threat is this: substantivalism holds that *spacetime points can occur in different physical possibilities* with a permutation of each other's properties and relations [...]¹⁵⁵

¹⁵⁵ Butterfield [1989], p. 4; corsivo mio

dove la locuzione «that spacetime points can occur» ha – indubbiamente, direi – il significato di: “che gli *stessi* punti possano occorrere ...”; e dove – sottolineerei anche – gli «spacetime points» sono chiaramente i punti, gli elementi, dello spaziotempo *fisico*, reale, non i punti matematici del modello.

Ebbene, venendo alla domanda che ci siamo posti all’inizio di questo capoverso, la base della negazione da parte di Butterfield della sensatezza e dell’accettabilità di tutti i modelli diffeomorfi tranne uno, sta nella *negazione* – che egli riprende dalla *teoria delle controparti* di David Lewis, ampiamente richiamata ed utilizzata nel suo articolo – *che possa esservi un altro* (rispetto al mondo attuale, oppure, in generale, rispetto ad ulteriori mondi possibili) *mondo possibile costituito dagli stessi oggetti* (*negazione della transworld identity*). Da questo principio fondamentale della concezione lewisiana discende immediatamente, infatti, nello specifico della problematica dello *Hole argument*, che, considerato corrispondente al mondo attuale un modello, *un altro modello ottenuto da esso per hole diffeomorphism*, che sia interpretato rappresentare (come lo è – forse si può aggiungere, implicitamente – nell’argomentazione di Earman e Norton) una (eventuale) diversa situazione *in cui si trovino gli stessi oggetti*, non è di per sé accettabile, in quanto raffigura qualcosa che non è possibile. L’argomentazione di Butterfield, basata in ultima analisi su una particolare concezione dell’identità attraverso mondi possibili, che nega tale identità e la sostituisce con la nozione di controparte, dunque, si pone, come già quella di Maudlin, su un piano metafisico, riguardando (non la possibilità fisica, cioè la possibilità secondo leggi fisiche, né la possibilità logica, cioè la possibilità secondo leggi logiche, ma) la possibilità metafisica.

Scrive Butterfield:

I propose that we deny transworld identity to points: any point is a part of just one possible world.¹⁵⁶

Saying that *no point is in two worlds* will give us this [¹⁵⁷]. It clearly justifies (One): if one model in Figure 1 represents a world, then the other cannot since it contains the first model's points.¹⁵⁸

Lewis is the great denier of transworld identity: that is, he holds that no object occurs in any two worlds. [...] Counterparts are picked out by similarity.¹⁵⁹

Butterfield stesso, poi, dichiara come la base per la scelta dell'opzione (One) stia nella teoria delle controparti di David Lewis. Si vedano, infatti, i seguenti passi:

Sections 5 and 6 will each provide a reason for option (One).¹⁶⁰

We can at last attack the question: can substantivalism justify (One)? I think there are two ways to do so: essentialism and denying transworld identity. I shall argue that the latter has advantages quite independent of determinism; [...] ¹⁶¹

What we seek is a non-essentialist justification for answering No to (Same?) and endorsing (One). And more specifically, for taking **Dm2** as explication of determinism as a matter of worlds [...] Saying that

¹⁵⁶ Butterfield [1989], p. 23

¹⁵⁷ 'This' si riferisce a quanto Butterfield aveva specificato alcune righe sopra: «What we seek is a non-essentialist justification for answering No to (Same?) and endorsing (One).».

¹⁵⁸ Butterfield [1989], p. 22; corsivo mio

¹⁵⁹ Butterfield [1989], p. 22

¹⁶⁰ Butterfield [1989], p. 13

¹⁶¹ Butterfield [1989], p. 16

no point is in two worlds will give us this. It clearly justifies (One)
[...]¹⁶²

Che lo *Hole argument* raggiunga effettivamente il suo obiettivo di produrre l'indeterminismo della teoria, dunque, dipende, cercando di adottare rispetto a questa considerazione il punto di vista più generale possibile, *anche* – come ci obbliga ora a considerare Butterfield, mettendo in campo la nozione di controparte – dal presupposto che i diversi modelli diffeomorfi siano interpretati come rappresentanti *gli stessi* oggetti (nelle diverse possibilità da tutti quei modelli prospettate). Affinché si dia indeterminismo della teoria, infatti, deve avvenire che la teoria faccia *predizioni* (espresse dai suoi diversi modelli) *diverse*, ma *riguardanti gli stessi, identici, oggetti*. La “lista di presupposti” affinché lo *Hole argument* colga nel segno, che ho redatto nell'Introduzione e ripreso all'inizio del capitolo su Tim Maudlin, non era, dunque, a ben vedere, completa, ma sembra che essa debba comprendere anche tale presupposto *che si tratti degli stessi oggetti*, che – mi pare si possa dire – può tanto venire a trovarsi a non essere preso in considerazione, e ad essere dato per scontato, quanto la teoria lewisiana delle controparti può essere considerata lontana dall'intuizione comune.

Ma, sebbene io abbia iniziato questo capitolo dirigendomi verso l'argomentazione (e poi verso la base di essa) che in "The Hole Truth" sembra rappresentare, nel quadro di una contrapposizione alla conclusione dilemmatica dello *Hole argument* che appare articolata in linee di contrasto diverse, il *punto di contrasto più diretto ed immediato* (o forse è più giusto dire più immediatamente comprensibile, e cioè la negazione della sensatezza e dell'accettabilità di “tutti gli altri modelli diffeomorfi”), seguendo in ciò il percorso della mia comprensione della posizione di

¹⁶² Butterfield [1989], p. 22

Butterfield, e “complice il fatto” della forte somiglianza di tale contrasto con quello attuato da Maudlin, presentato immediatamente prima, si deve però notare che in realtà in "The Hole Truth" il termine controparte non compare ¹⁶³ che verso la fine, e che il paragrafo “DENYING TRANSWORLD IDENTITY” è l’ultimo dei sei di quel lavoro.

(Preciso ¹⁶⁴, riguardo alle linee di contrasto diverse di cui ho parlato, che ne individuo due di fondo, identificabili nelle seguenti tematiche: la messa in discussione della nozione di identità attraverso mondi possibili e la messa in discussione della nozione comune di determinismo. Per quanto riguarda quest’ultima, poi, è da notare come la messa in discussione della nozione comune di determinismo avvenga (esclusivamente) per un aspetto di essa, cioè essenzialmente – direi – l’aspetto della “dominanza” di un diffeomorfismo globale, che viene realizzato nella definizione **Dm1**. La nozione comune di determinismo resta, invece, un punto fermo ed immutato sotto l’altro suo aspetto, ciò che Butterfield, la prima volta che usa tale espressione nel suo articolo ¹⁶⁵, a pagina 2, chiama «the basic idea of determinism», e cioè l’idea che l’accordo ad un tempo (o su una *time-slice* della struttura quadridimensionale) comporti l’accordo ad ogni altro tempo (o su tutto lo spaziotempo). In sostanza, poi, considerando che ciò che caratterizza la “seconda linea di contrasto” sopra indicata, e cioè – per così dire – il rigetto a “sottostare ad un diffeomorfismo globale” nell’identificare punti e regioni spaziotemporali attraverso diversi modelli ed attraverso diversi mondi possibili e la scelta di andarli invece ad identificare, dato un diffeomorfismo che identifichi la regione

¹⁶³ Nel senso della teoria delle controparti. Compare infatti – per “l’esattezza filologica” – due volte in precedenza, ma in altro senso, dove Butterfield parla dello *hole diffeomorphism* quale controparte della *Leibniz’s translation*. Nel senso qui in esame, invece, comincia a comparire nel penultimo paragrafo, ma nel contesto dell’esame critico che Butterfield compie lì della posizione di Maudlin. Quale elemento della posizione di Butterfield, compare solo nell’ultimo paragrafo.

¹⁶⁴ Faccio riferimento in questa precisazione a temi che sono introdotti più avanti.

¹⁶⁵ Butterfield [1989], p. 2. Butterfield usa l’espressione «the basic idea of determinism» con due riferimenti diversi, da non confondere. Una prima volta, a pagina 2 – appunto –, la usa per riferirsi a quella che è descritta nel testo qui sopra, e poi, da pagina 11 in avanti, per riferirsi al determinismo espresso in termini di mondi possibili.

dei dati iniziali, attraverso un *altro* diffeomorfismo costruito a partire da questo, corrisponde, nella concezione di Butterfield, all'utilizzo della nozione di controparte anziché di quella di identità attraverso i mondi possibili, il vero elemento essenzialmente messo in discussione mi sembra in ultima analisi uno e cioè quest'ultimo.)

Butterfield, infatti, dopo due paragrafi il cui contenuto e scopo così descrive nell'Introduzione:

To make my discussion self-contained, this Section describes the background to the threat; and Section 2 describes it.¹⁶⁶

inizia la sua argomentazione ponendo la questione di una precisa, oltre che adeguata alla teoria della relatività generale, definizione di determinismo, mancante nel lavoro di Earman e Norton.

E tale questione in "The Hole Truth" assume una portata ed un significato che vanno ben oltre quello di una pura questione preliminare, come potrebbe immediatamente apparire. Infatti, l'esito del lavoro di Butterfield per tale definizione è, come vedremo poi più dettagliatamente, "niente di meno che" una definizione di determinismo secondo la quale questo *non* è violato dai modelli generati con *hole diffeomorphism*, *profilandosi così già tale esito stesso come una soluzione della problematica dello Hole argument*.

Butterfield, nel terzo paragrafo – "DETERMINISM IN TERMS OF MODELS", elabora dunque tale definizione, che chiama **Dm2**, partendo da una *definizione comune di determinismo*, da lui preliminarmente precisata in termini formali con **Dm1**. Premesso che l'accordo fra due diversi modelli della teoria è valutato da un diffeomorfismo istituito tra di essi

¹⁶⁶ Butterfield [1989], p. 1

(attraverso il trasporto dei campi indotto da tale diffeomorfismo), **Dm1** e **Dm2**, in sintesi, dicono, rispettivamente, che la teoria è deterministica se e solo se tutti i suoi modelli per i quali c'è accordo in una regione spaziotemporale sono in accordo ovunque, e se e solo se per i modelli fra i quali c'è accordo in una regione spaziotemporale si trova un (*altro*) diffeomorfismo secondo il quale c'è accordo ovunque. Queste sono le definizioni date da Butterfield (le commenterò ancora, più ampiamente, dopo; ora proseguo con il filo del discorso):

Dm1. A theory with models $\langle M, O_i \rangle$ is **S**-deterministic, where **S** is a kind of region that occurs in manifolds of the kind occurring in the models, iff:

given any two models $\langle M, O_i \rangle$ and $\langle M', O_i' \rangle$ and any diffeomorphism d from M onto M' , that drags any absolute objects on M into those on M' , and any region S of M , of kind **S**:

if $d(S)$ is of kind **S** and also $d^*(O_i) = O_i'$ on $d(S)$, then:

$d^*(O_i) = O_i'$ throughout M' .

Dm2. A theory with models $\langle M, O_i \rangle$ is **S**-deterministic, where **S** is a kind of region that occurs in manifolds of the kind occurring in the models, iff:

given any two models $\langle M, O_i \rangle$ and $\langle M', O_i' \rangle$ containing regions S , S' of kind **S** respectively, and any diffeomorphism α from S onto S' :

if $\alpha^*(O_i) = O_i'$ on $\alpha(S)=S'$, then:

there is an isomorphism β from M onto M' that sends S to S' , *i.e.*

$\beta^*(O_i) = O_i'$ throughout M' and $\beta(S)=S'$.

Dm2 – come detto – è una definizione di determinismo secondo la quale questo non è violato dai modelli legati tra loro da un *hole diffeomorphism*: e con ciò Butterfield ha

ottenuto qualcosa che, – come si esprime lui stesso – “*tecnicamente*”¹⁶⁷, funziona dunque come un contrasto alla minaccia rappresentata dallo *Hole argument*. Egli pone però – come sicuramente è dovuto – la questione di valutare se la nuova definizione di determinismo da lui creata¹⁶⁸ sia anche una *buona* definizione, altrettanto di quanto lo sia considerata la definizione comune, che in "The Hole Truth" costituisce un punto di riferimento, ma secondo la quale, invece, i modelli diffeomorfi dello *Hole argument* comportano, per la teoria della relatività generale, l'indeterminismo radicale. Scrive Butterfield:

The philosophical aspect concerns whether this definition [Dm2] can claim to be as good a definition as the more common one.¹⁶⁹

Se così non fosse, infatti, il contrasto allo *Hole argument* in quel modo ottenuto non avrebbe molto valore. «If not, the technical victory will seem hollow.»¹⁷⁰ scrive Butterfield all'inizio del paragrafo 3 – “DETERMINISM IN TERMS OF MODELS”; e così ribadisce lo stesso concetto all'inizio del paragrafo 4 – “MODELS AND WORLDS”: «And once determinism is cast in terms of worlds, is **Dm2** as good a definition as **Dm1**? (If not, the technical victory of Section 3 will be hollow.)»¹⁷¹.

Egli compie tale valutazione nel quarto paragrafo: «Section 4 assesses these definitions [...].»¹⁷².

¹⁶⁷ V. l'inizio del paragrafo 3 – “DETERMINISM IN TERMS OF MODELS”: «There are two aspects to the reconciliation of substantivalism: technical and philosophical.»

¹⁶⁸ Da lui creata; ma ispirandosi a definizioni presenti – come egli stesso afferma – nei testi di relatività generale. Cfr. p. 1: «[...] and a less common [«definition», cioè **Dm2**] one, *extracted from general relativity texts*, [...]» (corsivo mio) e p. 8-9: «[...] And indeed, one can extract from these texts a definition of determinism, similar to **Dm1**, according to which general relativity is deterministic. [...] For the details of extracting this definition from general relativity, see Butterfield ([1987], pp. 17-19, 26-9)».

¹⁶⁹ Butterfield [1989], p. 5

¹⁷⁰ Ibid.

¹⁷¹ Butterfield [1989], p. 11

¹⁷² Butterfield [1989], p. 1; corsivo mio

Ma qual è, per Butterfield, il criterio in base al quale giudicare se una definizione di determinismo, come quella proposta con **Dm2**, sia una buona definizione (altrettanto della definizione comune) o meno? La risposta che emerge dal testo è: *l'essere una fedele esplicazione dell'«idea base del determinismo» (altrettanto della definizione comune)*. Il completamento della frase riportata parzialmente qui sopra procede infatti così: «Section 4 assesses these definitions *as explications of the basic idea of determinism.*»¹⁷³ e, nel passaggio fra il terzo paragrafo, il cui discorso si svolge tutto nell'ambito dei modelli della teoria, ed il quarto, in cui il suo discorso si svolge invece in riferimento ai mondi (possibili), egli scrive:

So far I have urged the merits of **Dm2**, while only discussing models. Questions remain about whether **Dm2** is as good a definition as **Dm1**. In particular, *does it explicate the basic idea of determinism as faithfully?*¹⁷⁴

Tale «idea base del determinismo» è data da Butterfield, in termini di mondi possibili, come segue¹⁷⁵:

I shall assume that the basic idea of determinism is that a single physically possible world is specified by the physical state on certain region of spacetime: given the state on the region, there is only one physical possibility.¹⁷⁶

¹⁷³ Ibid.; corsivo mio

¹⁷⁴ Butterfield [1989], p. 10; corsivo mio

¹⁷⁵ Ricordo che Butterfield ha usato la locuzione «idea base del determinismo» già a pagina 2, ma riferendosi lì ad un'altra cosa e nel contesto di un'altra problematica. Questo è il passaggio lì: «The basic idea of determinism is this: a spacetime theory is deterministic if any two of its models that agree on the physical state at one time agree on the physical state at any other time.».

¹⁷⁶ Butterfield [1989], p. 10-11

E Butterfield dichiara, all'inizio del quarto paragrafo – cosa ribadita più volte nel corso dell'articolo – che egli vuole difendere, dalla minaccia dello *Hole argument*, il determinismo «in termini di mondi». Così scrive infatti:

To respond to the threat and reconcile substantivalism with determinism *cast in terms of worlds*, I need [...] ¹⁷⁷

I say: 'I want to save determinism as a matter of worlds, not mere models. ¹⁷⁸

What we seek is a non-essentialist justification for answering No to (Same?) and endorsing (One). And more specifically, for taking **Dm2** as an explication of determinism *as a matter of worlds* [...] ¹⁷⁹

To sum up, I hold that counterpart theory provides the best justification for answering No to (Same?) and endorsing (One) [...] It saves determinism *as a matter of worlds*. ¹⁸⁰

Si profila così una linea interpretativa nell'argomentazione di Butterfield (il suo lavoro, come ho già detto, è piuttosto articolato) secondo la quale l'adeguatezza all'«idea base del determinismo», cioè *l'essere, da parte di una definizione di determinismo in termini di modelli della teoria, una fedele, adeguata esplicazione dell'idea che lo stato fisico di una opportuna regione spaziotemporale specifichi un solo mondo, un solo spaziotempo, fisicamente possibile, sembra costituire la nozione fondamentale della sua argomentazione*. Secondo questa linea interpretativa, ora, *il punto chiave, per portare*

¹⁷⁷ Butterfield [1989], p. 11; corsivo mio

¹⁷⁸ Butterfield [1989], p. 22

¹⁷⁹ Butterfield [1989], p. 22; corsivo mio

¹⁸⁰ Butterfield [1989], p. 26; corsivo mio

*ad effettivo compimento l'obiettivo di neutralizzare lo Hole argument, sta nel mostrare che **Dm2** sia effettivamente un'esplicazione fedele (o – come si trova nel testo – altrettanto (di **Dm1**) fedele) dell'«idea base del determinismo», cioè sia una buona (/altrettanto buona di **Dm1**) definizione di determinismo. Riassumendo, lo schema logico dell'argomentazione sembra dunque essere questo: si è ottenuta (estraendola dai testi di relatività generale) una definizione di determinismo secondo la quale i modelli diffeomorfi non costituiscono altrettanti esempi di come la relatività generale sia indeterministica; si è stabilito, con l'«idea base del determinismo», cos'è il determinismo in termini di mondi, al cui livello si vuole considerare e risolvere la questione; si è precisato cosa si intende per buona, adeguata, definizione di determinismo della teoria in termini di modelli, e cioè l'essere una fedele, adeguata esplicazione dell'«idea base del determinismo», espressa in termini di mondi; quindi, se ora effettivamente si mostra che quella definizione creata, secondo la quale la teoria della relatività generale non viola, con i suoi modelli, il determinismo, e cioè **Dm2**, ha anche la proprietà di essere una buona definizione, si è effettivamente ottenuto un'argomentazione che raggiunge l'obiettivo di neutralizzare la minaccia dello *Hole argument*, salvando il sostanzialismo spaziotemporale dal dilemma da esso prodotto.*

Ma sono – a mio avviso – da porre ora, entro la linea interpretativa tracciata sopra, tre questioni, tra loro connesse.

La prima è costituita dalla seguente osservazione: la valutazione della “bontà” di **Dm2** in quanto definizione di determinismo è trattata da Butterfield sempre in termini di confronto fra essa e **Dm1**. E questo già di per sé credo che meriti di essere notato; ma il fatto principale è che – mi sembra – il significato di tale confronto poi forse cambia (sicuramente ne cambia il linguaggio). Butterfield, infatti, inizialmente presenta quel confronto nel senso se **Dm2** sia *buona tanto quanto* **Dm1**. Poi, *sposta* un po' – direi – la

questione, presentandola nei termini di quale tra le due sia *preferibile*, secondo i pregi dell'una e dell'altra. A pagina 11 troviamo, infatti: «is **Dm2** as good a definition as **Dm1**?», mentre a pagina 14: «So if we answer Yes to (Same?), **Dm2** is preferable to **Dm1**.» ed a pagina 15: «What if we answer No to (Same?)? Is **Dm1** or **Dm2** to be preferred?». A pagina 13, dove Butterfield espone il risultato del confronto fra **Dm1** e **Dm2** troviamo “quale sia la migliore”: «I shall now argue that whether we answer Yes or No to (Same?), **Dm2** is a better explication of the basic idea than **Dm1**.». Quando tale confronto viene effettivamente eseguito, direi che Butterfield non rende esplicito il criterio secondo cui si perviene al giudizio finale, e l'asserzione che li appare essere l'implicita assunzione del criterio che giustifica tale giudizio fa riferimento ad una situazione che in realtà non si verifica (su questo, naturalmente, tornerò quando analizzerò il confronto fra **Dm1** e **Dm2** che Butterfield compie nel quarto paragrafo di "The Hole Truth" ¹⁸¹). Ora, se si deve forse assumere che la valutazione della bontà di una definizione di determinismo per le teorie spaziotemporali non possa che avvenire – per così dire – “pragmaticamente”, valutando pregi e difetti di definizioni proposte, anziché asserire quale rispecchi meglio l' “essenza” del determinismo che riteniamo di cogliere ed esprimere in una definizione, direi però che, oltre al fatto che i criteri della valutazione devono essere chiari, sia comunque opportuno qui notare come sotto il passaggio dalla questione se **Dm2** sia buona definizione (fedele, adeguata all'«idea base del determinismo») tanto quanto l'altra definizione alla questione di quale sia preferibile vi sia sottesa una “logica” diversa. La “logica” sottesa a ‘buona tanto quanto’ può essere questa: **Dm1** ha la proprietà di essere una buona definizione di determinismo; se **Dm2** è altrettanto buona di **Dm1**, allora **Dm2** ha la proprietà di essere una buona definizione di

¹⁸¹ (In “The Hole Truth” avviene anche un altro, di diverso significato, confronto tra **Dm1** e **Dm2**; nel terzo paragrafo.)

determinismo. Che si traduce in: **Dm1** ha la proprietà di essere una fedele esplicazione dell'«idea base del determinismo»; se **Dm2** è altrettanto buona di **Dm1**, allora **Dm2** ha la proprietà di essere una fedele esplicazione dell'«idea base del determinismo». In questa “logica” – direi – la proprietà di essere una fedele esplicazione dell'«idea base del determinismo» deve essere definita in precedenza. La “logica” sottesa a ‘preferibile’ mi sembra differente e mi sembra che in questo caso forse possa non dover essere così rigidamente definito a priori il significato di essere una fedele esplicazione dell'«idea base del determinismo». Dire quale di due cose sia preferibile è diverso dal dire se esse siano adeguate (una, o entrambe, o nessuna delle due); c'è una logica diversa sottesa. Il sospetto è che col passaggio da una cosa all'altra possa anche saltare la coerenza complessiva dell'argomentazione.

La seconda questione è la seguente: cosa significa esattamente – mi chiedo – essere, da parte di una definizione di determinismo, una fedele esplicazione dell'«idea base del determinismo», cioè dell'idea che vi sia un solo mondo (spaziotemporale) possibile specificato dallo stato fisico di un'opportuna ¹⁸² regione spaziotemporale? Butterfield non pone la questione e non vi è nel testo una spiegazione esplicita del significato che viene attribuito a tale enunciato.

Nel cercare di capire tale significato, possiamo notare come egli colleghi strettamente la questione di valutare se **Dm2** sia un'esplicazione fedele dell'«idea base del determinismo» alla considerazione della relazione tra modelli e mondi possibili, posta come preliminare ¹⁸³ al confronto fra **Dm1** e **Dm2** in termini di mondi possibili. Scrive infatti Butterfield:

¹⁸² V. p 7: «regions of a certain kind (typically sandwiches or slices)»; «regions of the right kind».

¹⁸³ Quando Butterfield, infatti, all'inizio del quarto paragrafo, “MODELS AND WORLDS”, delinea il programma per quella che definirei la seconda parte di “The Hole Truth”, dicendo «I need to address three questions.», la questione della relazione tra modelli e mondi è posta prima di quella se **Dm1** sia

So far I have urged the merits of **Dm2**, while only discussing models. Questions remain about whether **Dm2** is as good a definition as **Dm1**. In particular, does it explicate the basic idea of determinism as faithfully? I shall assume that the basic idea of determinism is that a single physically possible world is specified by the physical state on a certain region of spacetime: given the state on the region, there is only one physical possibility [...]. *Since the two definitions are cast in terms of models $\langle M, O_i \rangle$ rather than possible worlds, this assumption means that I need to consider the relation between models and possible worlds: see Section 4.*¹⁸⁴

In cosa consista per lui considerare tale relazione fra modelli e mondi possibili, che è una relazione di rappresentazione¹⁸⁵, viene da Butterfield illustrato nella parte iniziale del quarto paragrafo:

[...] Earman and Norton's threat means we must consider whether this relation is one-one, or one-many (some tuple represents more than one world), or many-one (some world is represented by more than one tuple), or many-many (both one-many and many-one).¹⁸⁶

E, dopo aver notato quanto sopra, possiamo pensare che una definizione di determinismo, quale quelle avanzate da Butterfield, ma anche eventualmente, più in generale, una qualsiasi definizione di determinismo della teoria in termini di modelli di essa sia un'esplicazione fedele dell'«idea base del determinismo» se avviene che: o

«as good a definition as» **Dm2**, e – si noti – l'ordine non è affatto casuale, giacché Butterfield scrive: «The discussion of each question will lead into the next.»

¹⁸⁴ Butterfield [1989], p. 10-11; corsivo mio.

¹⁸⁵ V. p. 12: «[...] we can ask about the relation of representation between tuples of the kind $\langle M, O_i \rangle$, that occur in discussion of spacetime theories and physically possible worlds.»

¹⁸⁶ Butterfield [1989], p. 12

specifica un solo modello, ed allora specifica solo un mondo (a parte un'eccezione *che però può essere risolta dalla considerazione del rapporto fra modelli e mondi*), oppure, se specifica più di un modello, si può constatare (*di nuovo sulla base della considerazione del rapporto fra modelli e mondi*) che questi rappresentano in realtà tutto lo stesso mondo, cosicché, di nuovo, specifica solo un mondo. Se funzionasse così, infatti, ben si articolerebbe tale significato attribuito all'essere un'esplicazione fedele dell'«idea base del determinismo» con il fatto che la questione della relazione fra modelli e mondi, posta in termini quantitativi di quanti ¹⁸⁷ mondi corrispondono ad un modello e quanti modelli corrispondono ad un mondo, è ritenuta preliminare alla verifica se **Dm2** sia un'esplicazione fedele dell'«idea base del determinismo»: **Dm2** darebbe il risultato di specificare un solo mondo possibile, così come l'«idea base del determinismo» vuole, e lo farebbe proprio grazie all'intervento della considerazione della relazione tra modelli e mondi. Non si può, però, dare un senso alla condizione che definizioni come **Dm1** e **Dm2** (che sono definizioni di determinismo della teoria; operano attraverso il confronto fra (coppie di) modelli; vengono date in termini di corrispondenza fra tensori in punti corrispondenti, secondo diffeomorfismi, dei modelli) specificino, o in qualche modo selezionino, 'uno/più d'uno' modelli. Tali definizioni, infatti, confrontano coppie di modelli (per valutare se per le coppie di modelli per le quali c'è *agreement* in un'opportuna corrispondente zona di essi c'è *agreement* ovunque nei modelli, cioè in tutti i loro punti ed in tutte le loro regioni fra loro corrispondenti secondo diffeomorfismi), ma, facendo ciò, non selezionano alcuna sottoclasse della classe dei modelli della teoria che è loro compito esaminare; esse selezionano teorie, non modelli.

¹⁸⁷ 'quanti', naturalmente, nel senso di uno oppure più di uno.

Ma qual è allora il significato di essere, da parte di una definizione di determinismo espressa in termini di modelli, una fedele esplicitazione dell'idea che lo stato fisico di una (opportuna) regione spaziotemporale specifica un solo mondo (spaziotemporale) possibile?

Vediamo ora la terza questione; la risposta a questa domanda mi sembra collegata ad essa.

La terza delle questioni che ho detto sopra riguarda cosa sia l'«idea base del determinismo». Richiamo qui un attimo ancora come la presenta, senza poi commentare molto, Butterfield:

I shall assume that the basic idea of determinism is that a single physically possible world is specified by the physical state on certain region of spacetime: given the state on the region, there is only one physical possibility.¹⁸⁸

In particolare, l'«idea base del determinismo» parla del determinismo del mondo, cioè dice che il mondo è deterministico se accade questo e quest'altro, o del determinismo della teoria, cioè dice che la teoria è deterministica se accade questo e quest'altro? Ad una prima lettura io ho subito collocato il contenuto dell'«idea base del determinismo», che non mi è parsa una definizione di determinismo della teoria, a livello del mondo ed ho inteso che essa volesse analizzare, precisare, il significato dell'espressione che il mondo sia deterministico, facendo ciò nei termini per cui, dato lo stato di una regione (spaziotemporale) di esso, c'è solo un mondo (spaziotemporale) fisico possibile compatibile con tale stato. L'«idea base del determinismo» non ha immediatamente l'aspetto di una definizione di determinismo della teoria. Se si guarda a **Dm1** ed a **Dm2**,

¹⁸⁸ Butterfield [1989], p. 10-11

si vede che entrambe esse sono formulate in questi termini: «A theory with models $\langle M, O_i \rangle$ is **S**-deterministic, [...] iff [...]»;¹⁸⁹ nell'«idea base del determinismo», invece, con c'è menzione di teoria. Essa, facendo riferimento ad una «certain region of spacetime», sembra collocarsi direttamente a livello del mondo e non a livello delle rappresentazioni fisico-matematiche delle teorie e sembra quindi parlare del determinismo del mondo. Si che Butterfield all'inizio del suo articolo scrive: «Determinism is a feature of a theory.»¹⁸⁹, ma, oltre al fatto che il capoverso che inizia con quella frase è poi esclusivamente dedicato a trattare del determinismo come *agreement* fra modelli della teoria (cosicché quella frase può sembrare esclusivamente connessa a questo ambito dei modelli e quindi può sembrare che, fuori dall'ambito dei modelli, come sicuramente si è con l'«idea base del determinismo», ci si possa anche collocare fuori dall'ambito del determinismo come caratteristica della teoria, per svolgere considerazioni riguardo all'indeterminismo del mondo eventualmente pertinenti), il fatto che l'interesse dell'articolo verta sul determinismo come caratteristica della teoria non sembra dover necessariamente escludere che, nell'ambito di quell'interesse, ci possa tuttavia essere l'introduzione, per un eventuale collegamento che si riveli essere utile, della nozione di determinismo del mondo e quindi di una precisa definizione di questo. Interpretando nel modo che ho detto sopra l'«idea base del determinismo», ho inteso anche, in particolare, «only one physical possibility» come “un solo stato fisico possibile del mondo”, nel senso di “un solo stato possibile del mondo fisico”¹⁹⁰, cioè del mondo materiale dei

¹⁸⁹ Butterfield [1989], p. 2

¹⁹⁰ Distinguendo tra: mondo *fisicamente* possibile, quale mondo che è conforme alle leggi della teoria fisica, ma che, almeno secondo un certo punto di vista (v. ad es. posizione di Maudlin sullo *Hole argument*), potrebbe anche non essere un mondo realmente possibile, e mondo *fisico* possibile, quale mondo non costituito da oggetti astratti, rispetto al quale la teoria fisica potrebbe anche non fornire alcuna informazione (a parte questioni di eventuale curvatura non costante di spaziotempi curvi (v. ancora Maudlin)), a causa, ad esempio, dell'inosservabilità di distinzioni che fossero coinvolte, come quelle riguardanti la collocazione rispetto ad uno spazio, o anche ad uno spaziotempo (inteso come insieme di *event location*), assoluto.

corpi, dell'energia, dell'impulso, dei campi nello spazio e nel tempo, o nello spaziotempo. Tale prima lettura si accordava con il significato attribuito in un primo momento (vedasi punto precedente) all'espressione essere una fedele esplicazione dell'«idea base del determinismo»: una definizione di determinismo della teoria in termini di modelli, come **Dm2** o come **Dm1** od eventualmente altre, sarebbe un'esplicazione fedele dell'«idea base del determinismo» espressa in termini di mondi *se rispecchiasse nel suo funzionamento, selezionando un solo modello* (con la necessaria integrazione – per così dire – del suo operato da parte della considerazione della relazione tra modelli e mondi), *quanto avviene in un mondo spaziotemporale deterministico, descritto in modo preciso dall'«idea base del determinismo», nel quale lo stato fisico di una opportuna regione spaziotemporale specifica, determina, un solo mondo possibile.* L'«idea base del determinismo» dunque, secondo questa mia prima lettura, sarebbe stata una definizione di determinismo del mondo. Guardando, però, a come, più avanti nel testo, Butterfield effettivamente usa tale «idea base del determinismo», si capisce come essa *sia, invece, in realtà una definizione di determinismo della teoria*; e, in particolare, come la frase «there is only one physical possibility» all'interno di essa vada intesa come “*la teoria specifica una sola possibilità*”, quindi come possibilità fisica nel senso di ‘possibile secondo la teoria fisica’, cioè conforme alle sue leggi, e non come possibilità metafisica, collegata alla problematica metafisica di eventuali entità inosservabili come lo spazio assoluto. L'«idea base del determinismo» è quindi, in sostanza, una definizione di determinismo della teoria, al pari di **Dm1** e **Dm2**, ed allora avviene che **Dm1** e **Dm2** siano *confrontabili* con essa, nel senso preciso che si può verificare, per ogni teoria, se essa risulti deterministica o meno rispetto ad ognuna di queste definizioni, cioè se esse emettano o meno gli stessi giudizi in proposito (rispetto alla stessa teoria). Ed una volta

riscontrata la possibilità di questo confronto, la questione di cui al punto precedente, cioè quale sia il significato di “essere fedele esplicazione dell’«idea base del determinismo»” da parte delle definizioni **Dm1** e **Dm2**, potrà essere compresa nel modo seguente: *una definizione di determinismo della teoria in termini di (agreement su) modelli sarà un’esplicazione fedele dell’«idea base del determinismo» se emetterà gli stessi verdetti di determinismo emessi dall’«idea base del determinismo».*

Ma, a questo punto, mi sembra che, a fronte, da una parte, di un’assoluta chiarezza ed univocità circa il preciso funzionamento di **Dm1** e **Dm2**, che sono formulate attraverso l’apparato logico e fisico-matematico, sia opportuno, dall’altra, interrogarsi su come funzioni la definizione costituita dall’«idea base del determinismo», che è, nell’argomentazione di Butterfield – ricordiamolo – , nel filo interpretativo esposto sopra, la base per la valutazione della “bontà” di **Dm2**, punto chiave dell’argomentazione. Il punto qui è che, per come tale definizione è formulata, essa, applicata al caso della teoria della relatività generale, non è immediatamente in grado, di per sé, di dire se la teoria sia deterministica o meno, cioè non è immediatamente in grado di emettere un verdetto univoco in proposito. E questo è – a mio avviso – un fatto importante da sottolineare, in quanto connesso alla questione (la prima delle tre questioni che ho posto sopra), che a questo punto si delinea, in questo percorso di comprensione del lavoro di Butterfield, come la questione su cui focalizzare, di quale sia la “logica” secondo la quale viene da lui attuato il confronto tra **Dm1** e **Dm2** e viene giudicato se quest’ultima sia una “buona” (/altrettanto buona /migliore di **Dm1**) definizione di determinismo della teoria (nel senso specificato da Butterfield, che comporta il riferimento all’«idea base del determinismo»). Il fatto è che la condizione, che troviamo nell’«idea base del determinismo», che la teoria specifichi oppure no, sulla base dello stato fisico in una opportuna regione spaziotemporale, un

solo mondo fisicamente possibile (naturalmente qui si intende rispetto ad una distribuzione della materia, o ad una data condizione iniziale), non è, evidentemente, una condizione che, in riferimento alla teoria della relatività generale, possa determinare immediatamente una risposta in modo univoco, in quanto la risposta dipende, in sostanza, dalla posizione che si ha proprio riguardo alla problematica dello *Hole argument* (così come, prima, riguardo alla problematica del *Lochbetrachtung*), a partire dalla quale (anche) l'argomentazione di Butterfield si sviluppa. E c'è – per così dire – molta “libertà” nell'assumere posizioni al riguardo. Ora, Butterfield affronta il fatto che la condizione posta nell'«idea base del determinismo» non dia una risposta univoca, fatto che implica che anche il confronto fra **Dm1** e **Dm2** non dia un risultato univoco (in quanto tale confronto viene attuato attraverso il confronto di ognuna di esse con l'«idea base del determinismo»), per mezzo quella che lui definisce la *considerazione della relazione tra modelli e mondi possibili*¹⁹¹ e, in alcuni passaggi, perviene a porre in atto quella che – direi – appare una sorta di traduzione, o di *riduzione, della questione di tale rapporto fra modelli e mondi possibili, inizialmente da lui presentata nella sua estrema generalità che definirei di tipo matematico-combinatorio* (vedi: “one-one, one-many, many-one, many-many”), *alla questione delle risposte che si possono dare ad una versione della Leibniz equivalence da lui ottenuta per mezzo di un adattamento della versione che di essa si trova esposta ed utilizzata in "What Price Spacetime Substantivalism? The Hole Story"*. Scrive infatti Butterfield, nella parte dove si compie tale passaggio:

Having set aside the issue of physicalism, it follows that any response to the threat must address the following question. (It is a special case,

¹⁹¹ V. Butterfield [1989], p. 11: «[...] I need to consider the relation between models and possible worlds: see Section 4.».

convenient for us, of Earman and Norton's 'Leibniz equivalence'
[...]) [...]

Ora il punto è che mi pare che, a fronte di una prospettiva per cui il sostenere che **Dm2** – la definizione di determinismo secondo la quale la teoria della relatività generale non è indeterministica – sia una “buona” definizione di determinismo o meno *dipende dall’assunzione di una certa posizione piuttosto che un’altra*, Butterfield voglia caratterizzare, invece, la sua posizione – il giudizio positivo sulla definizione da lui creata, **Dm2** – come indipendente da una tale assunzione; voglia caratterizzarlo come frutto di un’argomentazione – per così dire – puramente razionale basata su una cogenza necessitante e su una validità derivanti dall’assoluta generalità del metodo, dello stile, argomentativo portato avanti, riecheggiante anche l’introduzione della considerazione del rapporto tra modelli e mondi possibili in una prospettiva di assoluta generalità (“one-one, one-many, many-one, many-many”) che appare implicitamente presupposta essere conservata. Assoluta generalità che é asserita nella frase seguente, in cui Butterfield, a pagina 13, presenta l’esame che sta per compiere, enuncia il risultato di esso e descrive la giustificazione del risultato finale:

I shall now argue that *whether we answer Yes or No to (Same?)*, **Dm2** is a better explication of the basic idea than **Dm1**.¹⁹²

Non mi sembra però del tutto così. Non avviene che, in tutti e tre i casi in cui si articola l’esame se **Dm2** sia migliore di **Dm1** come esplicazione dell’«idea base del determinismo», essa risulti tale, come si vedrà anche più avanti dove farò una descrizione punto per punto dell’esame effettuato da Butterfield su **Dm1** e **Dm2**. Se

¹⁹² Butterfield [1989], p. 13; corsivo mio

l'affermazione di Butterfield riportata qui sopra è vera in un'interpretazione della frase «whether we answer Yes or No to (Same?)» che definirei più restrittiva, in cui essa significa che la condizione che si giudica è vera in almeno uno dei sotto-casi in cui uno (nello specifico della nostra questione) dei casi considerati si suddivide, direi che essa non lo è, però, nell'interpretazione di quella frase che definirei più generale, l'interpretazione che definirei la più piena e completa di essa, secondo la quale la condizione che si giudica è vera in tutti i sotto-casi in cui uno dei casi considerati si suddivide; ma questo non avviene.¹⁹³

Dm2 risulta migliore in due casi solamente (ma Butterfield non afferma di volersi avvalere, al fine del giudizio finale circa la “bontà” di **Dm2** quale definizione di determinismo, di tale situazione di due contro uno. Né sembra sensato pensare che possa essere quello il criterio applicato per giungere alla conclusione che **Dm2** è migliore di **Dm1**). Sembra piuttosto, invece, che Butterfield si sbarazzi, con la frase seguente, del caso in cui a risultare migliore quale esplicazione dell'«idea base del determinismo» risulta **Dm1**:

But of course I reject (Each): substantivalism must answer No, and should not rule out determinism at a stroke. So it must endorse (One).

194

¹⁹³ Forse, si può ritenere che la seconda interpretazione sia quella più consistente (in sé intendo; non – naturalmente – come interpretazione di ciò che intende dire Butterfield), in quanto la prima – mi sembra – si va a scontrare, generalizzando a situazioni in cui vi siano più sotto-casi di quelli che troviamo in questo passaggio di "The Hole Truth", con il fatto che difficilmente – mi pare – potremmo, in un'argomentazione del genere di quella di Butterfield, usare “è migliore sia nel caso A che nel caso B” se sia A che B si suddividessero, entrambi, in due (o più) sotto-casi. Infatti in questa situazione avremmo poi che l'interpretazione di “sia nel caso A che nel caso B” come “esiste almeno un sotto-caso di A ed un sotto-caso di B” potrebbe corrispondere ad una situazione di parità complessiva, se non addirittura ad una situazione di “minoranza”.

¹⁹⁴ Butterfield [1989], p. 15; corsivo mio

Quello che in realtà avviene, dunque, cioè la vera “logica” usata nel tirare la somma finale dai risultati delle tre prove in cui Butterfield articola il suo esame, sembra essere quella per cui una definizione viene giudicata migliore, nel senso, precisato, di “fedele esplicazione dell’«idea base del determinismo»”, in sostanza, se risulta tale nel caso corrispondente alla posizione che si intende sostenere. Questo però non è un criterio – per così dire – “puramente razionale”, che tragga fondamento puramente da un’assoluta generalità e da una necessità da essa indotta, come sarebbe stato quello per cui avessimo giudicato migliore una definizione in quanto risultante effettivamente prevalere sull’altra in ogni caso possibile, in ogni confronto possibile. (Non entro nel merito della questione se dalla considerazione della relazione modelli/mondi possibili nella formulazione “one-one, one-many, many-one, many-many” alla traduzione, riduzione, di essa nella questione delle risposte possibili a (Same?), passando attraverso la soluzione che Butterfield li dà alla questione del fisicalismo, vi sia o meno perdita di generalità. I due passaggi (fisicalismo e *Leibniz equivalence*) effettuati da Butterfield corrispondono a due aspetti della questione della relazione tra modelli e mondi possibili che, nell’ambito della problematica del determinismo delle teorie spaziotemporali, sembrano effettivamente esaurire la lista di quanti possano essere pertinenti, vale a dire non sembrano esservi ulteriori questioni in gioco. Comunque sia, però, il punto è che l’asserzione che **Dm2** risulti migliore di **Dm1** «*whether we answer Yes or No to (Same?)*» non corrisponde poi pienamente – direi – a quanto effettivamente avviene.).

L’argomentazione di Butterfield – se la mia analisi è giusta, e non deriva invece da una sorta di forzatura nell’interpretazione che induca a vedere nel suo lavoro cose che non vi sono ¹⁹⁵ – qui-non mi sembra pienamente convincente e mi pare *non risolva in modo*

¹⁹⁵ Butterfield, effettivamente, ha un atteggiamento di fondo molto “pragmatico” (v., ad es., a p. 11: «But I do not claim that how well definitions **Dm1** and **Dm2** explicate this basic idea is the only yardstick for assessing them. A definition may bring theoretical gains which more than make up for some conflict

consistente quello che lui ha presentato come l'aspetto filosofico della questione («The philosophical aspect concerns whether this definition can claim to be as good a definition as the common one.»¹⁹⁶), nei termini in cui l'ha impostato e secondo l'argomentazione da lui seguita.

Ciò non toglie nulla, però – direi – , al valore che **Dm2**, di per sé, abbia a prescindere dalla particolare argomentazione con la quale Butterfield ha voluto, in quella parte di "The Hole Truth", sostenerla.

Ed è senz'altro giunto il momento di commentare, come avevo anticipato, **Dm1** e **Dm2**, il cui testo ho già riportato sopra, quando ho iniziato a parlare di esse.

Butterfield, facendo notare – come ho già illustrato precedentemente – che nell'articolo di Earman e Norton, nel quale essi pongono in conflitto il sostanzialismo spaziotemporale con il determinismo, manca una precisa definizione di quest'ultimo ¹⁹⁷, intende fornire tale definizione. Egli parte da una nozione comune di determinismo (adattata poi, immediatamente dopo, alle teorie spaziotemporali che usano una struttura quadridimensionale) sintetizzata in quella che chiama – *la prima volta che fa uso di tale espressione in "The Hole Truth"*, come ho già fatto notare – idea base del determinismo, espressa come segue:

The basic idea of determinism is this: a spacetime theory is deterministic if any two of its models that agree on the physical state at one time agree on the physical state at any other time. ¹⁹⁸

with the basic idea.»), ma – mi sembra – ciò non toglie che tutta una parte del suo lavoro intenda reggersi su quello schema argomentativo che ho individuato e che esso non funzioni.

¹⁹⁶ Butterfield [1989], p. 5

¹⁹⁷ V. Butterfield [1989], p. 5: «[...] The technical aspect concerns the fact that the threat (as presented by Earman and Norton, and by Einstein) does not use an exact definition of determinism.» e p. 6: «[...] I do *not* claim that Earman and Norton's position turns on advocacy of the first definition. Their paper does not define determinism precisely; [...]».

¹⁹⁸ Butterfield [1989], p. 2

e poi così commentata:

We want determinism to mean that agreement on regions of a certain kind (typically sandwiches or slices) forces agreement elsewhere.¹⁹⁹

Richiamando ancora una cosa che ho già illustrato in precedenza, ricordo che, a partire da questa nozione di determinismo, Butterfield elabora una prima definizione, costituita da **Dm1**, il cui senso è precisare rigorosamente in termini matematici e logici la nozione comune di determinismo e secondo la quale la teoria della relatività generale è indeterministica, e, successivamente, *motivato dalla convinzione che non si possa ritenere che la teoria della relatività generale, e con essa ogni teoria generalmente covariante, sia indeterministica «in every decent sense of that world»*, una seconda definizione, costituita da **Dm2**, che – a quanto egli stesso afferma – *esprime la definizione generale di determinismo che si trova implicita nelle moderne presentazioni del cosiddetto problema delle condizioni iniziali in relatività generale*²⁰⁰.

Osservando da vicino e nei loro aspetti – per così dire – “tecnici” **Dm1** e **Dm2**, si può vedere come esse abbiano caratteristiche comuni e – naturalmente – elementi che, invece, le differenziano.

Una prima caratteristica che si nota nelle due definizioni, e che esse hanno in comune, è che sono scritte in termini di diffeomorfismi (d , α , β) e di *drag along* dei campi tensoriali (d^* , α^* , β^*). Questo perché, se si vuole verificare se tra i due modelli

¹⁹⁹ Butterfield [1989], p. 7

²⁰⁰ V. Butterfield [1989], p. 8: «But we should not conclude that any (GC)-theory is indeterministic, in every decent sense of that world. Some general relativity texts discuss the initial value problem for general relativity – which as no single manifold for its models and which satisfies (GC); and they prove a ‘uniqueness upto isomorphism’ result, suggesting that determinism in some decent sense holds good. And indeed, one can extract from these texts a definition of determinism, similar to **Dm1**, according to which general relativity is deterministic.» e p. 9: «I thus claim that **Dm2** is the general definition of determinism implicit in modern presentation of general relativity’s initial value problem; and more generally, is suited to (GC)-theories.».

$\langle M, O_i \rangle$ e $\langle M', O_i' \rangle$ vi è accordo – elemento evidentemente essenziale per verificare la sussistenza o meno del determinismo –, bisogna confrontarli. Ed il solo modo che si ha per confrontare le varietà, le quali costituiscono – per così dire – la struttura portante di tali modelli, è l'istituzione di diffeomorfismi fra esse, per verificare poi, con il *drag along* dei campi tensoriali che viene effettuato lungo detti diffeomorfismi, la corrispondenza (coincidenza) o meno di tali campi. Non c'è, infatti in generale, nessun modo di confrontare – in modo, per così dire, diretto, immediato – tensori applicati su varietà diverse, come ricorda Butterfield nelle due citazioni seguenti. Ma neanche (la situazione, da questo punto di vista, è la stessa) tensori applicati a punti diversi della stessa varietà. Butterfield quando parla di tale confronto in "The Hole Truth" (è cioè nelle due citazioni seguenti) fa riferimento al caso di due diverse varietà (essendo nel contesto della formulazione di una definizione di determinismo, che, naturalmente, deve essere generale), ma la problematica dello *Hole argument* riguarda il caso della stessa varietà, essendo lo *hole diffeomorphism* un diffeomorfismo dalla varietà in se stessa. Butterfield, dunque, come anticipato, ricorda questo fatto due volte; prima, quando, nel terzo paragrafo («DETERMINISM IN TERMS OF MODELS»), discute intorno alla definizione comune di determinismo al fine di pervenire ad una precisa formulazione di essa e poi quando, nell'ultimo paragrafo («DENYING TRANSWORLD IDENTITY»), dà le definizioni di controparte per gli oggetti delle teorie spaziotemporali:

But there is no meaning to a vector or a tensor at a point in one manifold being the same as a vector or a tensor at a point of another manifold. So we spell out agreement in terms of a diffeomorphism dragging the geometric objects in one model into coincidence with the geometric objects of the other.²⁰¹

²⁰¹ Butterfield [1989], p. 7

Recall first that although we can directly compare the values of scalar fields at two points in two manifolds, we cannot do so for vectors and tensors. Such a comparison has to be made relative to a diffeomorphism of the manifolds, or a class of them: each diffeomorphism d drags geometric objects at p to geometric objects at $d(p)$.²⁰²

Ma il confronto così attuato fra tensori in punti di varietà diverse, o in punti diversi della stessa varietà, non è soltanto – direi così – una questione meramente tecnica. C'è, invece, come ho già evidenziato nel primo capitolo, una questione, sicuramente di portata filosofica, che riguarda l'*identità* dei tensori in punti diversi di varietà, comunque, cioè anche valutata secondo quel procedimento; vale a dire, la questione se due tensori in tale situazione, in tali collocazioni, possano, così come avviene in modo assolutamente non problematico (ed in tal caso anche in modo diretto ed immediato) per gli scalari, o meno essere considerati lo stesso tensore, possano essere identificati. E questa è una questione che mi pare si presti bene ad essere considerata in termini di controparti: mi pare, infatti, che *del significato che la matematica dà, attraverso quel procedimento, a 'stesso tensore' si possa rendere conto in modo più adeguato in termini di relazione di controparte che in termini di relazione di identità*, dal momento che, come ho già fatto notare nel primo capitolo, essendo un tensore (di tipo 0,2, come quelli usati in relatività generale) una funzione da coppie di vettori tangenti in un punto della varietà a \mathbb{R} , sussistendo identità tra due funzioni nel caso vi sia identità di dominio, codominio e grafico, ma non essendovi nel caso di quei tensori identità di dominio (poiché non vi è identità fra gli spazi tangenti in due punti della varietà, ma

²⁰² Butterfield [1989], p. 25

soltanto isomorfismo), due di tali tensori *non possono essere propriamente detti identici*.

Occorre, d'altra parte, tenere anche presente che i diversi modelli di una teoria generalmente covariante, come TRG, poi, non hanno tutti una stessa, unica metrica fissa, «a fixed canvas on which matter fields get painted»²⁰³. Anche questo è un fatto fondamentale per quanto riguarda il confronto tra essi necessario per la valutazione del determinismo ed infatti Butterfield lo sottolinea ben presto, all'inizio del terzo paragrafo – “DETERMINISM IN TERMS OF MODELS”, come prima cosa da notare:

Turning to the technical aspect, note first that a theory's satisfying active general covariance, (GC), amounts to its treating metric structure, as coded by metric fields and connection, on a par with matter fields. [...] They are not to be postulated *ab initio* on the manifold and held fixed in every model of the theory. [...] General relativity prompts this way of treating metric structure.²⁰⁴

Tale situazione di un «fixed canvas on which matter fields get painted» vige per «most classical and special relativistic theories», dove non vale la covarianza generale e dove non vi è la libertà di fare, per ottenere (altri) modelli, diffeomorfismi e, in particolare, lo *hole diffeomorphism* che è alla base dello *Hole argument*²⁰⁵.

È da notare come in una varietà, nello spazio costituito da una varietà, non sia, in generale, universalmente e univocamente fissata una identità di lunghezza e di direzione per i vettori degli spazi tangenti ad ogni punto di essa, in quanto sono, rispettivamente,

²⁰³ Butterfield [1989], p. 6

²⁰⁴ Butterfield [1989], p. 5

²⁰⁵ V. Butterfield [1989], p. 6: «On the other hand, in most classical and special relativistic theories, metric structure is not affected by matter [...] So all models are isometric; and accordingly such theories can be presented as having a single manifold and metric structure [...] and the freedom to make hole diffeomorphism is suppressed.».

il campo metrico e la connessione – per così dire – a “comandare” lì in merito a ciò ed a fornire una sorta di “surrogato”²⁰⁶ delle nozioni di ‘stessa lunghezza’ e ‘stessa direzione’ di un vettore. Lo spazio in quanto tale, lì, è privato della facoltà di garantire di per sé quelle identità, quella uniformità. Vettori e tensori, così, – come ho osservato anche nel primo capitolo²⁰⁷ – sono assimilabili, per quanto riguarda la relazione di identità fra essi, in punti diversi della stessa varietà, o in varietà diverse, (e quindi quando essi vengono in tali situazioni confrontati), alla nozione lewisiana di controparte in quanto, considerando ora non soltanto gli elementi che, nello specifico, differenziano, ma anche quelli che accomunano, avviene – direi – che: *da una parte*, non si può immediatamente attribuire significato alla nozione di stessa lunghezza e stessa direzione in uno spazio dove, rispettivamente, non vi è, in generale, una metrica costante, fissa (cioè uno spazio, come si dice, curvo), e dove un vettore trasportato parallelamente (cioè con angolazione costante nello spazio in cui si trova (non: costante rispetto ad uno spazio di immersione)) può tornare nel punto di partenza trovandosi ad avere una direzione non identica, *ma, dall'altra*, si ha, *sia che* ogni diffeomorfismo induce, in modo naturale un isomorfismo di spazi tangenti alle due varietà fra cui esso è definito, in quanto in modo naturale fa corrispondere vettori dello spazio tangente ad ogni punto sorgente con vettori dello spazio tangente nel rispettivo punto immagine, isomorfismo il quale, in modo naturale, induce una nozione di “stesso” (ma, alla luce delle considerazioni qui fatte a partire da Butterfield e da Lewis, sarebbe forse più appropriato usare il termine ‘controparte’, anziché il termine ‘stesso’) tensore, quale

²⁰⁶ Dicendo – come ad una prima impressione mi pare – che quelle nozioni introdotte, a partire dal campo (metrico) e dalla connessione, di identità di lunghezza e di identità di direzione su una generica varietà costituiscono una sorta di *surrogato* (cioè qualcosa che viene considerato non essere autenticamente, veramente, ciò di cui è ritenuto, appunto, surrogato) delle analoghe nozioni nello spazio usuale (cioè non curvo) esprimo una sensibilità sicuramente discutibile e – lo dico per me stesso – sicuramente da mettere in discussione.

²⁰⁷ dove ho accostato l'identificazione dei tensori nelle varietà diffeomorfe e la nozione lewisiana di controparte

stessa funzione da rispettive (secondo il diffeomorfismo ed il conseguente isomorfismo di spazi tangenti) coppie di vettori tangenti a \mathbb{R} , *sia che* vi è una connessione naturale, la connessione di Levi-Civita. L'apparato fisico-matematico utilizzato in questo campo ha, così, degli aspetti, degli elementi, che si possono prestare ad una lettura in chiave di controparti, in quanto essi risultano *comprensibili*, globalmente, all'interno delle strutture in cui si trovano, dove il livello globale ha un rapporto più ²⁰⁸ complesso con l'insieme dei livelli locali, *“non perfettamente” in termini di identità*, ma piuttosto in termini di relazioni che, proprio come mi pare avvenga per la relazione di controparte, costituiscono – direi così – una sorta di “approssimazione la più alta possibile” alla relazione di identità. L'*isomorfismo*, attraverso il fatto che *un diffeomorfismo tra due varietà induce un isomorfismo di spazi tangenti*, è qui, in ultima analisi, il concetto basilare, fondamentale. E come la relazione di isomorfismo prende il posto della relazione di identità, *la nozione di controparte, laddove sorga una problematica di confronto fra strutture isomorfe e tra mondi possibili descritti da tali strutture, sembra essere la nozione nei cui termini sia più adeguato affrontare tale confronto e trattare tutte le nozioni, compresa dunque quella di determinismo, che sono conseguenti a tale confronto, che sono definite per mezzo di esso.*

La relazione di controparte di cui si avvale in modo fondamentale Butterfield nella sua proposta di soluzione (nel senso di salvare sostanzialismo e determinismo, superando il dilemma) alla questione dello *Hole argument* è la relazione di controparte che intercorre tra punti spaziotemporali e poi tra regioni spaziotemporali fino ad interi universi. Il considerare come controparti punti spaziotemporali di spaziotempi possibili diversi (come fa Butterfield) è cosa diversa dal considerare, come io ho suggerito (Butterfield

²⁰⁸ rispetto a quello che ha in spazi – per così dire – più “semplici” intuitivamente (penso all'usuale spazio euclideo)

non fa questa considerazione in "The Hole Truth"), controparti tensori e vettori; direi che le due cose non vanno confuse, ma anche che la prima affonda le proprie radici nella seconda qui menzionata.

Rifocalizzando ora più direttamente su **Dm1** e **Dm2**, se, nell'ottica di comprendere queste nei loro presupposti e nelle loro finalità, considerassimo l'ipotesi che le due cose che ho qui sopra differenziato (relazione di controparte fra tensori in punti di varietà diversi e relazione di controparte fra punti spaziotemporali e poi regioni e mondi) avessero – per così dire – la stessa “valenza” (ai fini del determinismo), allora, direi che anche **Dm1** (la quale è anch'essa, naturalmente, espressa in termini di confronto fra tensori (e che è possibile vedere come controparti) sui modelli) dovrebbe – per così dire – “usufruire” della facoltà che la nozione di controparte ha di risultare risolutiva riguardo alla problematica del determinismo nello *Hole argument*, mentre non accade così, in quanto stando a tale definizione la teoria della relatività generale viola il determinismo. È **Dm2** a realizzare, nell'ambito del confronto tra modelli diffeomorfi, l'idea del confronto tra mondi spaziotemporali possibili in termini di controparti, ed a concepire e definire il determinismo in tali termini, fornendo così una soluzione al problema dell'indeterminismo nello *Hole argument*. **Dm1** non ha – per così dire – questa libertà; essa resta vincolata ad effettuare il confronto *rigidamente* nei termini di *un unico*, dello stesso diffeomorfismo e, così, le controparti, che pur possono vedersi – per così dire – costituite nei tensori e nei vettori che vengono confrontati con il *drag along* dei campi, non entrano pienamente in gioco ai fini del giudizio di determinismo. **Dm2** attua, invece, quanto evidenziato sopra giudicando la teoria deterministica sulla base della condizione che esista *un altro* diffeomorfismo che porti alla coincidenza dei campi, cioè che gli elementi spaziotemporali rappresentati in un modello siano controparti degli elementi spaziotemporali rappresentati nell'altro, come si può vedere

dalla definizione di controparte per elementi delle teorie spaziotemporali che fra un momento riporto, subito dopo una citazione che mostra la corrispondenza tra **Dm2** e la definizione di determinismo formulata da David Lewis.

Lewis then defines determinism (of the future by the past) as follows. He says that two worlds *diverge* [corsivo dell'Autore] iff some initial segment of one is a duplicate of some initial segment of the other, but the whole of the one is not a duplicate of the whole of the other. And a theory is deterministic iff no two divergent worlds both make it true (conform perfectly to it) [...]. *Lewis' definition of determinism is remarkably like Dm2* [corsivo mio]. [...] Then Lewis' definition of duplication will mean that spacetime regions are duplicates iff they are isomorphic. Lewis' existential quantification over correspondences of the parts becomes quantification over diffeomorphisms.²⁰⁹

Ora, avendo presenti le definizioni di **Dm1** e **Dm2**, e in particolare quest'ultima, le seguenti sono dunque le definizioni di controparte per punti, regioni e poi interi mondi spaziotemporali, per riscontrare come, appunto, **Dm2**, operando in termini di diffeomorfismi "trascinanti i campi", operi in modo rispondente alla nozione di controparte:

So I want to define counterparthood for points and regions in terms of isomorphism of regions.

If the dragged objects at $d(p)$ coincide with the originals, we can say that p and $d(p)$ are counterparts relative to the diffeomorphism d .

²⁰⁹ Butterfield [1989], p. 24. La nozione lewisiana di 'duplication' si trova, nella stessa pagina, così definita: «[...] any two objects are duplicates iff (1) they have the same natural properties; and (2) their parts can be put into correspondence in such a way that corresponding parts have the same natural properties and stand in the same natural relations.».

Similarly, we can say that two regions are counterparts relative to a diffeomorphism (or a class of them) under which the regions are isomorphic.

Thus for worlds to be isomorphic under d , is for each point p in the first world and its image $d(p)$ to be counterparts relative to d .²¹⁰

L'isomorfismo di regioni, cui si fa qui riferimento, era precedentemente stato così definito da Butterfield:

Thus we say that two models $\langle M, O_i \rangle$ and $\langle M', O_i' \rangle$ are *isometric* if there is a diffeomorphism d between their manifolds such that those of the O_i that code the first model's metric structure (the metric and connection) are dragged by d^* to coincide with the corresponding objects among the O_i' ; for all image-points, $d(p)$, we have $d^* ((O_i)(d(p))) = O_i'(d(p))$.

We call such a diffeomorphism an *isometry*.

(An isometry that also drags the other geometric objects, the matter fields, of the first model to those of the second, is called an *isomorphism*.)

We can consider such maps on a single manifold $\langle M, O_i \rangle$; in that case we speak, respectively, of a *metric symmetry*, and of a *symmetry*.)

211

It is now clear how counterpart theory justifies taking the matching of worlds as a matter of isomorphism, without regard to the underlying

²¹⁰ Butterfield [1989], p. 25

²¹¹ Butterfield [1989], p. 5-6; corsivo e a capo dopo i punti miei

identity of points. No point occurs in two worlds, *so isomorphism is all that matching can mean.*²¹²

E, commentati così **Dm1** e **Dm2**, venendo ora alla questione del valore di **Dm2**, con cui ho aperto questo capoverso, io vedrei tale valore essenzialmente nel fatto che questa definizione, contestualmente alla nozione di controparte data da Butterfield per punti e regioni spaziotemporali e *sulla base di essa, costituisce, per il modo in cui essa confronta i modelli ai fini del giudizio di determinismo, una realizzazione, nell'ambito di tale problematica, di quella che definirei una sensata lettura del rapporto fra i diversi spaziotempi della relatività generale, che affonda le proprie radici nella natura degli oggetti fisico-matematici usati nella teoria.* Tale “lettura” è, naturalmente, costituita dalla lettura in termini di controparti. E tale *intuizione degli universi spaziotemporali possibili*²¹³ *della relatività generale in termini della nozione di controparte* (nozione questa individuata, nella prima parte di questo mio capitolo, come la base di quello che lì ho descritto come l’ “attacco più diretto” all’argomento di Earman e Norton), anche se – mi pare – non contestualmente supportata da una vittoria – per così dire – assoluta e “pura” di **Dm2** su **Dm1** (come ho argomentato nella parte centrale di questo capitolo), direi che riemerge e si riconferma *come l'elemento centrale e fondamentale della posizione di Butterfield in "The Hole Truth"*. Direi però, d'altra parte, anche che le difficoltà che si possono vedere insite nel rapportare fra loro diversi spaziotempi, cercando identificazioni di collocazioni spaziotemporali fra essi, difficoltà

²¹² Butterfield [1989], p. 25; corsivo mio

²¹³ Per Butterfield tanto quelli, non-isometrici, corrispondenti a diverse soluzioni delle equazioni di Einstein in relazione a diverse distribuzioni della materia, quanto quelli, per lui altrettanto differenti, isometrici, degli *hole diffeomorphism*. Cfr., ad es., p. 19: «Non-isometric models thus prompt Maudlin to say that some possible points are not identical with any actual point. In Section 6, I will expand this suggestion arguing for a more radical denial of transworld identity: any point [anche quelli dei mondi isometrici gli uni agli altri, quali sono tutti quelli considerati nello *Hole argument*] is an inhabitant of just one possible world.».

a cui la teoria delle controparti come utilizzata da Butterfield nell'ambito della relatività generale fornisce – direi – un certo quadro interpretativo all'interno del quale (ri)comprenderle, si trovano, in questo contesto, scaricate sulla teoria delle controparti. Per Butterfield, la cui posizione stiamo illustrando, però, «counterpart theory for all kinds of object is plausible»²¹⁴. Inoltre, egli ritiene anche che la teoria lewisiana delle controparti, che è collegata alla concezione che Lewis ha dei mondi possibili e quindi al cosiddetto *realismo modale*, possa in molte applicazioni, fra cui la propria nell'ambito della relatività generale, essere svincolata dal legame con tale controverso elemento; scrive infatti:

Suffice it to say here that in the present application of possible worlds, as in so many others, we can very largely remain neutral on the debate about their nature; in particular, about whether Lewis' controversial realism is right.

Emergono però – mi sembra – , al di là delle questioni della plausibilità in generale della teoria delle controparti e del suo legame con il controverso realismo modale di D. Lewis, alcuni problemi riguardo alla concezione di Butterfield dei diversi spaziotempi possibili in termini di controparti ed alla connessa trattazione del determinismo nell'ambito della relatività generale. Ne esporrò di seguito tre che mi pare di individuare, dopo aver – come anticipato in precedenza (dove ho osservato che **Dm2** risulta prevalere su **Dm1** non nella totalità dei casi) – sinteticamente descritto l'esame che, in tre momenti, Butterfield compie di **Dm1** e **Dm2** sulla base del loro confronto con l'«idea base del determinismo», descrizione che meglio può essere trattata ora, dopo aver commentato più ampiamente le definizioni **Dm1** e **Dm2** stesse.

²¹⁴ Butterfield [1989], p. 26

Riguardo a tale esame, la prima cosa che mi pare opportuno cercare di spiegare, prima di entrare nel dettaglio della descrizione di esso, è quale sia il percorso attraverso il quale Butterfield arriva a strutturarli in tre momenti. A tal fine, dobbiamo considerare, innanzitutto, che in quell'esame abbiamo, da un lato, **Dm1** e **Dm2**, che dicono cos'è il determinismo di una teoria in termini di modelli, ed abbiamo, dall'altro, l'«idea base del determinismo» (anch'essa una definizione di determinismo della teoria), che è data in termini di mondi possibili e rispetto alla quale, secondo Butterfield, dobbiamo valutare l'adeguatezza delle prime e, in particolare, di **Dm2** (che ci interessa particolarmente essendo la definizione secondo la quale la teoria della relatività generale non è indeterministica), il che vuol dire – nei termini in cui è da lui posta la questione – valutare se quelle siano una fedele esplicazione (/quale di esse lo sia meglio) dell'«idea base del determinismo». Butterfield da quanto sopra deriva l'affermazione che per fare ciò, essendo **Dm1** e **Dm2** date in termini di modelli, mentre l'«idea base del determinismo» è data in termini di mondi possibili, *bisogna considerare la relazione che c'è tra modelli e mondi possibili*. E in effetti sembra assolutamente plausibile di per sé che, se dobbiamo in qualche modo “rapportare” **Dm1** e **Dm2** con l'«idea base del determinismo» ed esse sono rispettivamente date nei termini descritti sopra, occorra preliminarmente considerare la relazione che vi è tra modelli e mondi possibili (anche se poi, guardando le cose più da vicino, un dubbio emergerà). È certo poi che, più precisamente, tale relazione vada considerata sotto l'aspetto – per così dire – “quantitativo”, nel senso di: *a quanti modelli corrisponde un mondo possibile e a quanti mondi possibili corrisponde un modello*, poiché il punto essenziale dell'«idea base del determinismo» è che lo stato fisico di una regione spaziotemporale specifichi *un solo* mondo possibile ed il punto essenziale della problematica dello *Hole argument*, e del *Lochbetrachtung* prima, è la *pluralità* di modelli. Ebbene, è per questa strada della

considerazione della relazione tra modelli e mondi possibili che Butterfield giunge alla strutturazione in tre momenti dell'esame di **Dm1** e **Dm2**. Ma occorre ora mettere a fuoco, da un lato, tale percorso e, dall'altro, come avvenga, *in cosa consista*, quell'esame. La considerazione (nel quadro – naturalmente – della problematica di cui si sta occupando) della relazione tra modelli e mondi possibili introdotta da Butterfield, che, da un punto di vista generale, presenta – come già visto – le possibilità «one-one, one-many, many-one, many-many», secondo Butterfield si riduce alla considerazione della relazione tra modelli e mondi possibili che viene espressa nella domanda da lui denominata (Same?), la quale costituisce – come egli sostiene – una sorta di traduzione della questione della *Leibniz equivalence*, e in un certo senso, visto il complesso delle risposte possibili prospettato da Butterfield, anche un approfondimento di quest'ultima, in quanto in (Same?) ci si chiede, nel caso della risposta negativa, se i diversi mondi possibili rappresentati siano tutti realmente possibili o meno. Ora, *le risposte sensate alla domanda (Same?) sono tre*: (1) alla pluralità dei modelli (diffeomorfi) corrisponde un solo mondo possibile (adozione del principio della *Leibniz equivalence* = risposta «Yes» alla domanda (Same?)); (2) alla pluralità dei modelli corrisponde una pluralità di mondi possibili, in quanto tutti tali mondi possibili sono ritenuti *realmente* possibili (rigetto della *Leibniz equivalence*, senza alcuna selezione dei mondi possibili che così si determinano = risposta «No»–«Each» alla domanda (Same?)); (3) alla pluralità dei modelli corrisponde un solo mondo *realmente* possibile, in quanto tutti gli altri non sono ritenuti tali (rigetto della *Leibniz equivalence*, ma con selezione fra i mondi possibili che così si viene a determinare = risposta «No»–«One» alla domanda (Same?)). Ed essendo tre tali possibilità, ciò che avviene in "The Hole Truth" quando Butterfield effettua la valutazione intorno a cui stiamo ragionando, è la *suddivisione, in modo corrispondente, del confronto fra Dm1 e Dm2, da una parte, e l'«idea base del*

*determinismo», dall'altra, in tre momenti. Riprendendo ora l'altra questione – anch'essa già trattata in precedenza –, cioè in cosa consista l'esame della "bontà" di **Dm1** e **Dm2** in quanto definizione di determinismo, e quindi in cosa consista il confronto che le mette in qualche modo in rapporto con l'«idea base del determinismo», (cosa che si capisce – come già detto – andando a vedere come quell'esame viene compiuto, non esplicitando Butterfield cosa significhi "essere una fedele esplicazione dell'«idea base del determinismo»"), si constata che esso consiste nella verifica se **Dm1** e **Dm2** emettono, o meno, nei confronti della teoria della relatività generale, gli stessi giudizi circa il determinismo della teoria emessi dall'«idea base del determinismo». Si può però a questo punto allora notare che, mentre, a prima vista, l'affermazione che dovendo in qualche modo mettere in rapporto definizioni date in termini di modelli (**Dm1** e **Dm2**) con una definizione data in termini di mondi possibili (l'«idea base del determinismo») (per vedere se quelle sono «fedeli esplicazioni» di questa – come dice Butterfield) sia necessario prendere in considerazione la relazione tra modelli e mondi possibili appariva estremamente plausibile, ad una più precisa considerazione di cosa concretamente sia il rapporto che interviene fra **Dm1** e **Dm2** e l'«idea base del determinismo» nell'ambito di quell'esame, mi sembra insorga una giustificata perplessità. Mi pare, infatti, che legittimamente ci si possa chiedere perché, dal momento che quel confronto consiste (– per così dire – semplicemente) nell'andare a vedere se **Dm1** e **Dm2** emettano lo stesso giudizio o meno dell'«idea base del determinismo», e dal momento che le definizioni **Dm1** e **Dm2** da un lato e la definizione costituita dall'«idea base del determinismo» dall'altro emettono ognuna i propri giudizi indipendentemente per la propria strada, Butterfield presenti la necessità di valutare a quanti mondi possibili corrisponda un modello e a quanti modelli corrisponda un mondo possibile come qualcosa di intrinseco in generale ad un confronto fra una definizione*

data in termini di modelli ed una definizione data in termini di mondi possibili; egli scrive infatti:

Since the two definitions are cast in terms of models $\langle M, O_i \rangle$ rather than possible worlds, this assumption means that I need to consider the relation between models and possible worlds: see Section 4.²¹⁵

Io direi che, invece, tale necessità sia interamente dovuta al fatto che l'«idea base del determinismo» non può emettere giudizio se non presupponendo una risposta a (Same?), corrispondente ad una presa di posizione sulla questione della *Leibniz equivalence*.

Svolte queste considerazioni, che sono sicuramente anche introduttive a quanto segue, illustro ora sinteticamente come Butterfield effettui l'esame di **Dm1** e **Dm2** alla luce dell'«idea base del determinismo». Riporto, innanzitutto, i tre passaggi in cui avviene l'esame, dove si può anche constatare quanto ho affermato in precedenza, dove ho mosso una critica all'argomentazione di Butterfield che ruota intorno a quell'esame, riguardante il fatto che **Dm2** risulta migliore di **Dm1** in soltanto due dei casi in cui l'esame si articola.

Suppose we answer Yes, and suppose that, like the physics texts (and like Leibniz), we go further and say that any two isomorphic models, even with disjoint base-sets, represent the same world. Then, determinism must be a matter of the state on a region specifying an isomorphism class of models of the theory. We must surely interpret this as: if the state on a region is given as the 'same' in any two

²¹⁵ Butterfield [1989], p. 11. «this assumption» si riferisce alla frase immediatamente precedente: «I shall assume that the basic idea of determinism is that a single physically possible world is specified by the physical state on a certain region of spacetime: given the state on the region, there is only one physical possibility [...]».

models of the theory, then the models are isomorphic. At first sight, this last can be made precise either as **Dm1** or **Dm2**; so that this Yes answer can accept both definition *as explicating the basic idea*. However, we remarked above that since answering Yes to (Same?) makes two models related by a hole diffeomorphism represent the same world, this answer should suffice to prevent hole diffeomorphism threatening determinism, defined in terms of worlds – there is only one world at issue. Yet **Dm1** is violated by such models. So this Yes answer should prefer **Dm2** *as explicating the basic idea*. (A similar point holds for the position that answer Yes to (Same?), but does not ‘go further’; for **Dm1** is violated by models built on the same base-set.) So if we answer Yes to (Same?), **Dm2** is preferable to **Dm1**. I have no brief to defend the common definition **Dm1**; so I see here no problem for the Yes answer, though champions of **Dm1** might do so.²¹⁶

What if we answer No to (Same?)? Is **Dm1** or **Dm2** to be preferred? The situation is a little complicated, since answering No yields two options. (Each): Each of the two models related by a hole diffeomorphism represents a world; and (One): At most one of the two models represents a world. (Each) implies that *the basic idea of determinism* is ruled out by any theory which has such pairs of models. Since **Dm1** is violated by such pairs of models, and **Dm2** is not, an advocate of (Each) will prefer **Dm1** over **Dm2**. But of course I reject (Each): substantivalism must answer No, and should not rule out determinism at a stroke. So it must endorse (One).²¹⁷

On option (One), the merits of **Dm1** and **Dm2** are as on the Yes answer to (Same?). (One) means that at most one world is at issue, so that models related by an hole diffeomorphism should not threaten

²¹⁶ Butterfield [1989], p. 13-14; corsivo mio

²¹⁷ Butterfield [1989], p. 15; corsivo mio

determinism; but **Dm1** is violated by such models; so **Dm2** is to be preferred. As before, I have no brief to defend **Dm1**; and so do not regard this result as an argument against (One).²¹⁸

Ho, in precedenza, focalizzato, per quanto riguarda l'esame di **Dm1** e **Dm2** compiuto da Butterfield, sul criterio (la "logica") con cui vengono tirate le somme a partire dai risultati delle singole valutazioni nelle tre "prove" – per così dire – in cui quell'esame si svolge. Descrivo ora sinteticamente come viene compiuta la valutazione in ogni singola prova, in ogni singolo caso in cui **Dm1** e **Dm2** sono valutate.

Si può notare, innanzitutto, come nel *primo* capoverso la valutazione di **Dm1** e **Dm2** viene effettuata nel caso si assuma la *Leibniz equivalence*²¹⁹, cioè nel caso in cui si risponda Yes a (Same?)²²⁰. Nel *secondo*, invece, esse sono valutate nel caso si rigetti la *Leibniz equivalence*, cioè si risponda No a (Same?), e, di fronte all'ulteriore questione che si apre, cioè se ognuno dei modelli che è supposto rappresentare un diverso mondo fisicamente possibile realmente faccia questo («represents a different physically possible world»), si risponda di sì, cioè si scelga l'opzione «(Each)». Nel *terzo*, infine, si valutano **Dm1** e **Dm2** nel caso in cui il rigetto della *Leibniz equivalence* (No a (Same?)) sia invece accompagnato dalla risposta a quell'ulteriore domanda per cui si ritiene che un solo modello rappresenti un diverso mondo fisicamente possibile, cioè dalla scelta dell'opzione «One».

²¹⁸ Butterfield [1989], p. 15-16

²¹⁹ nella forma da lui espressa in "The Hole Truth". V. a p. 12, definizione di (Same?) e: «(It is a special case, convenient for us, of Earman and Norton's 'Leibniz equivalence' [...])».

²²⁰ Riporto nuovamente il testo della questione (Same?) formulata a pagina 12 di "The Hole Truth": «(Same?): Suppose given a theory and 2 isomorphic models $\langle M, O_i \rangle$ and $\langle M', O_i' \rangle$, with the same base-set. That is, M and M' are built from the same set of points, and there is a diffeomorphism d of M onto M' , dragging the O_i into the O_i' (all objects, not just metric fields). Note that these models may differ on which properties and relations (coded by the objects) are 'painted' on which points of the common base-set; cf. Figure 1. Does each model represent the same physically possible world?».

In ognuno dei tre casi – ricordiamo – Butterfield deve confrontare **Dm1** e **Dm2** con l'«idea base del determinismo», nel senso della verifica se ognuna di essa emetta o meno lo stesso verdetto di determinismo nei confronti della teoria in giudizio.

Ricordiamo anche che **Dm1** giudica la teoria della relatività generale indeterministica, mentre **Dm2** la giudica deterministica; il giudizio che esse emettono non dipende dalla particolarità di ciascun caso. L'«idea base del determinismo», invece, come ho già fatto notare, non emette lo stesso giudizio nei diversi casi, come di seguito descritto.

Nel caso si assuma (nella forma adottata da Butterfield) la *Leibniz equivalence*, cioè si risponda Yes a (Same?), l'«idea base del determinismo» giudica la teoria della relatività generale deterministica ed il suo verdetto è opposto a quello di **Dm1** ed *uguale a quello di Dm2*. Quindi, per Butterfield, in questo caso **Dm2** è *preferibile* a **Dm1** («Yet **Dm1** is violated by such models. So this Yes answer should prefer **Dm2** as explicating the basic idea.»)

Nel caso si rigetti la *Leibniz equivalence*, cioè si risponda No a (Same?) e si scelga l'opzione (Each), l'«idea base del determinismo» giudica la teoria della relatività generale indeterministica ed il suo verdetto è *uguale a quello di Dm1* ed opposto a quello di **Dm2**. In questo caso risulta dunque *preferibile Dm1* («Since **Dm1** is violated by such pairs of models, and **Dm2** is not, an advocate of (Each) will prefer **Dm1** over **Dm2**.»).

Nel caso, infine, si rigetti la *Leibniz equivalence*, cioè si risponda No a (Same?), ma, diversamente dal caso precedente, si scelga l'opzione (One), l'«idea base del determinismo» giudica la teoria della relatività generale deterministica ed il suo verdetto è opposto a quello di **Dm1** ed *uguale a quello di Dm2*. Quindi, per Butterfield, in questo caso **Dm2** è *preferibile* a **Dm1** («[...] but **Dm1** is violated by such models; so **Dm2** is to be preferred.»).

Venendo ora alle tre questioni anticipate sopra, il primo problema lo illustro a partire da un confronto della concezione avanzata da Butterfield con la posizione di Tim Maudlin, trattata nel capitolo precedente. Come ho già fatto notare all'inizio di questo capitolo, la posizione di Butterfield presenta una forte somiglianza con quella del sostenitore del *metrical essentialism*. Mi pare che però vi sia, proprio nell'ambito di tale somiglianza, una significativa e non priva di effetti differenza fra le due posizioni, in relazione alla diversità che vi è fra le concezioni metafisiche (riguardanti la possibilità metafisica, che entra in gioco nella considerazione, e nell'accettazione, dei vari mondi possibili) che sono a fondamento delle posizioni di questi due filosofi della scienza in merito allo *Hole argument*. Infatti, se la scelta che Butterfield compie a favore dell'opzione (One) equivale al rifiuto di tutti i modelli diffeomorfi dello *Hole argument* eccetto uno, esattamente come avviene in Maudlin, mi sembra che si abbia poi però che, mentre in quest'ultimo, con quella negazione della possibilità di tutte quelle situazioni fisiche ²²¹, di tutti quei mondi possibili (che per lui, al contrario, *non* sono in realtà possibili), e di tutti i modelli che li rappresentano, la questione – per così dire – si chiude, in Butterfield avviene invece che, non appena, con l'adozione della teoria delle controparti, si attribuisce lo *status* di controparti agli elementi dei mondi spaziotemporali possibili rappresentati dai diversi modelli diffeomorfi, se, da un lato, possono venire rigettati tutti i modelli diffeomorfi dello *Hole argument* in quanto li interpretati attribuire proprietà metriche diverse ad *identici* punti spaziotemporali, da altro lato, tutte quelle situazioni rappresentate da tali modelli si rivelano immediatamente essere autentiche possibilità, mondi realmente possibili,

²²¹ Nel senso di situazioni corrispondenti a diversi mondi fisici possibili; v. nota in precedenza dove esprimo una differenza fra mondo fisicamente possibile e mondo fisico possibile.

“legittimamente” popolati – riprendendo la terminologia usata da Butterfield ²²² – dai loro abitanti, che non sono più, come in Maudlin, entità assurde ed impossibili, ma sono sensate e realmente possibili *controparti*. E, stando così le cose a livello dell’ontologia dei mondi possibili, non si vedrebbe, poi, – in qualche modo – a ritroso, perché dover interpretare i diversi modelli diffeomorfi costituiti con gli *hole diffeomorphism*, pur se costituiti sul supporto della stessa varietà, come riferentisi agli *stessi* punti spaziotemporali, anziché a loro *controparti*. Mi sembrerebbe a quel punto naturale questa interpretazione, in base alla quale, però, tutti i mondi e tutti i modelli in questione nello *Hole argument* sarebbero sensati, “legittimi” ed accettabili (– per così dire – “(ri)diventerebbero” tali). Sembrerebbe allora così crearsi una sorta di “frizione” – per così dire – all’interno della posizione di Butterfield, nel senso che la sua adozione della teoria delle controparti nell’ambito della problematica dello *Hole argument*, che intende costituire la corretta concezione dei mondi spaziotemporali possibili e che, in quanto tale, è il fondamento dell’esclusione di tutti i modelli diffeomorfi eccetto uno (adozione dell’opzione (One)) sarebbe, al tempo stesso, la base della legittimazione di tutti tali modelli, purché sia interpretato correttamente (da quel punto di vista) in termini di controparti lo *status* metafisico dei mondi possibili (e di ogni loro elemento) da tali modelli rappresentati.

Un secondo problema è da me individuato nel fatto che la concezione di Butterfield dei mondi spaziotemporali possibili in termini di controparti mi sembra porti come conseguenza, per quanto concerne la questione del determinismo nell’ambito della problematica dello *Hole argument*, di far venir meno – per così dire – aprioristicamente la possibilità stessa di indeterminismo della teoria. Infatti, considerando tutte le

²²² Cfr. Butterfield [1989], p. 13: «[...] For belief in points implies belief that a possible world fixes its population of points and their properties and relations [...]» e p. 19: «[...] any point is an inhabitant of just one possible world.».

predizioni della teoria espresse, a seguito dell'applicazione di diffeomorfismi, dai suoi diversi modelli riferentisi ad altrettanti mondi possibili, popolati sempre da controparti e mai da oggetti identici; essendo, poi, la relazione di controparte corrispondente ai diffeomorfismi trascinati i campi; ed essendo, infine, la teoria in questione invariante per tali diffeomorfismi; necessariamente (automaticamente), date queste premesse, non potrà mai generarsi, in tale ambito, una situazione interpretabile come indeterminismo. La posizione di Butterfield sembrerebbe così dar luogo a qualcosa di analogo, sebbene all'opposto, all'indeterminismo radicale prospettato da Earman e Norton, cioè ad una sorta – per così dire, riprendendo quella dicitura – di “anti-indeterminismo radicale”, che sembrerebbe dover essere considerato altrettanto inaccettabile di quel corno del dilemma di "What Price Spacetime Substantivalism? The Hole Story". Butterfield stesso considera un'osservazione di questo tipo nell'ultima parte di "The Hole Truth":

You might object: ‘But you have been so fearful of automatically ruling out determinism at a stroke; so why are you not equally fearful of ruling it in at a stroke?’

Ed ammette:

Again, I agree that there is a disadvantage.²²³

Aveva poco sopra considerato la seguente altra osservazione, sicuramente strettamente connessa,

²²³ Butterfield [1989], p. 26

An objection: You said that the basic idea of determinism is that a single physical possible world is specified by the facts on a certain region of spacetime. But your counterpart theory make determinism something else: *a matter of global similarity of worlds*, under a certain mode of comparison being induced by similarity of regions. Moreover, these modes of comparison can be chosen very freely: *any diffeomorphism will provide one.*²²⁴

alla quale aveva data la risposta seguente

I reply: I agree that this is a disadvantage of my proposal. But I think it is a small one. Because as mentioned above, counterpart theory for all kinds of objects is plausible. And counterpart theory together with substantivalism imply that the basic idea above is automatically true, in a trivial way.

una parte della quale, che sottolinea quanto sia forte l'adesione di Butterfield alla teoria delle controparti, ho già citato poco sopra.

Il terzo ed ultimo problema che mi sembra si possa porre è il seguente. Secondo la concezione della teoria delle controparti adottata da Butterfield, che nega l'identità attraverso mondi possibili, in ogni diverso mondo possibile rappresentato da ogni diverso modello diffeomorfo, per il fatto stesso di essere esso un diverso mondo possibile, tutti i suoi elementi sono controparti e non vi è alcun oggetto identico (ad un qualunque oggetto di un qualsiasi altro mondo possibile), *compresi dunque i punti spaziotemporali che appartengono a regioni dello spaziotempo corrispondenti alla parte dei modelli in cui lo hole diffeomorphism è definito come l'identità (la trasformazione identica, che associa ad ogni punto della varietà se stesso), i quali sono*

²²⁴ Butterfield [1989], p. 26; corsivo mio

quindi controparti, e non gli stessi punti, di quelli a loro corrispondenti secondo la trasformazione identica. Scrive infatti Butterfield:

[...] to deny that one and the same spacetime point can occur in two worlds [...] ²²⁵

[...] any point is an inhabitant of just one possible world. ²²⁶

[...] no point is in two worlds [...] ²²⁷

E la definizione di controparte data da Butterfield per gli elementi delle teorie spaziotemporali in termini di diffeomorfismi e di *drag along* dei campi lungo essi, d'altra parte, comprende quei punti (che ho preso qui in considerazione) sotto la nozione di controparte, in quanto la funzione identità, essendo bigettiva, bicontinua e bidifferenziabile è anch'essa un diffeomorfismo. Sembra, però, una sorta di forzatura considerare quei punti spaziotemporali così corrispondenti nei diversi mondi possibili non oggetti identici, ma controparti, quando i punti che nei relativi modelli rispettivamente li rappresentano sono lo stesso punto della stessa varietà con gli stessi tensori.

²²⁵ Butterfield [1989], p. 1

²²⁶ Butterfield [1989], p. 19

²²⁷ Butterfield [1989], p. 22

5 - LA SOLUZIONE PROSPETTATA DA CARL HOEFER

Carl Hofer, in "The Metaphysics of Space-Time Substantivalism" (1996), l'articolo che esaminerò in questo capitolo, è, pur non essendo quella la sua visione dello spaziotempo, autore di un'ampia e profonda teorizzazione che intende costituire la migliore e più sostenibile forma di *sostanzialismo spaziotemporale* proponibile nell'ambito della relatività generale e che, al tempo stesso, costituisce una possibile soluzione al dilemma che lo *Hole argument* pone ai sostenitori di tale posizione. Egli scrive infatti:

The goal of this paper is to single out the best way of cashing out substantivalism in GTR.²²⁸

e, d'altra parte:

[...] both for those who find substantivalism a broadly plausible view, and for those (like myself) who prefer a different view of space and time.²²⁹

ed anche:

While I shall argue that this doctrine [v. nota] is the most defensible substantivalism, and therefore the one around which debate should be

²²⁸ Hofer [1996], p. 6. Egli, poche righe sotto, scrive anche: «The substantivalism doctrine that I claim to be the most defensible is what I shall call *metric field substantivalism*: [...]».

²²⁹ Hofer [1996], p. 6; corsivo mio.

focused, *I do not claim that is the most defensible ontological view of space-time.*²³⁰

A causa di tale sua presa di distanza dalla posizione sostanzialista, della quale, comunque – come detto –, la forma di sostanzialismo teorizzata nel suo articolo costituisce una difesa nei confronti dell’attacco di Earman e Norton, non ho intitolato questo capitolo analogamente ai due precedenti, riguardanti Tim Maudlin e Jeremy Butterfield, “La posizione di Carl Hoefer”, bensì “La soluzione prospettata da Carl Hoefer”.

(Egli, in "The Metaphysics of Space-Time Substantivalism", non si esprime in merito a quale sia invece la sua concezione di spazio, tempo e spaziotempo. Ho riesaminato, con lo sguardo volto a cogliere eventuali sue dichiarazioni in tal senso, l’articolo da lui scritto insieme a Nancy Cartwright pochi anni prima intorno alle stesse problematiche, “Substantivalism and the Hole Argument” (1993), che avevo letto in precedenza (ma sul quale l’esame che compio ora della soluzione prospettata da Hoefer non è focalizzato), senza però trovarvi indicazioni circa la sua posizione. Non ho indagato ulteriormente a riguardo, non essendo l’individuazione di tale sua posizione essenziale per gli obiettivi di questa ricerca, che mira a presentare criticamente alcune possibili soluzioni allo *Hole argument*, nel contesto di possibili teorizzazioni circa l’ontologia dello spaziotempo.)

Rispetto allo schema che ho individuato nel primo capitolo (secondo cui, siccome, affinché lo *Hole argument* colga nel segno, implicando l’indeterminismo, è necessario che si abbiano *diverse* realtà fisiche *possibili*, espresse da *modelli diversi* della teoria, costituiscono soluzioni di esso le argomentazioni che portino alla conclusione o che non si tratta di realtà fisiche diverse, oppure che non si tratta di realtà

²³⁰ Hoefer [1996], p. 7; corsivo mio. «this doctrine» si riferisce a quello che egli denomina «metric field substantivalism», la forma di sostanzialismo spaziotemporale da lui teorizzata.

fisiche possibili, oppure ancora che non si tratta nemmeno, in realtà, di modelli – cioè di oggetti matematici – diversi), la soluzione prospettata da Hofer fa leva sul requisito della diversità delle realtà, basandosi sulla *negazione che le situazioni rappresentate dai diversi modelli prodotti nello Hole argument siano (concepibili come) situazioni diverse* (mentre – ricordiamo – le soluzioni di Maudlin e di Butterfield, si basavano sulla negazione che le diverse realtà descritte dai diversi modelli fossero possibili).

Il punto di efficacia – per così dire – dello *Hole argument*, infatti, da cui sorge l'indeterminismo radicale, consiste nel fatto che i diversi modelli diffeomorfi vedano posizionarsi i campi espressi dai tensori g e T in *collocazioni spaziotemporali diverse, su punti spaziotemporali diversi*. E così scrive Hofer in proposito:

Note that this indeterminism is just about *what individual points will underlie what material processes* (matter and metric fields).²³¹

A sua volta, poi – nella soluzione prospettata da Hofer – , la negazione della diversità delle situazioni descritte dai diversi modelli *si basa sulla negazione, sul rigetto (nei confronti dei punti spaziotemporali, in particolare) di quella che egli, in "The Metaphysics of Space-Time Substantivalism", chiama l'identità primitiva*. Scrive infatti:

I shall argue in favor of stripping a layer of unnecessary metaphysics from the interpretation of space-time. The problems about indeterminism, and essences or counterpart relations, which have dominated discussion so far all share a common, metaphysical root: the ascription of *primitive identity* to space-time points. I claim that

²³¹ Hofer [1996], p. 9

this bit of metaphysics is not necessary for substantivalism, and should be eschewed.²³²

e:

[...] I shall argue for two crucial elements in the proper understanding of substantivalism. One of these is the rejection of a key presupposition of most other writers: that space-time points should be ascribed primitive identity.²³³

Ed ancora:

Primitive identity is metaphysically otiose, and not a necessary part of the concept of a substance. It was presupposed by Newton and Clarke, and is still presupposed by most modern substantivalists; but giving it up leaves us not with a weaker substantivalism (or even, as Earman and Norton claim, a rejection of substantivalism), but rather the most defensible form of substantivalism. This stance does force substantivalists to give up certain counterfactuals, such as: has God preferred, it could have placed the bodies of the world three feet East of where they actually are. But notice that the interesting counterfactuals [...] are not threatened.²³⁴

Ma *in che modo* il rigetto dell'identità primitiva messo in atto da Hofer porta alla soluzione della problematica dello *Hole argument* sul versante della negazione della diversità delle situazioni fisiche rappresentate dai diversi modelli diffeomorfi? Per rispondere a questa domanda, che subito si impone, devo precorrere le fasi

²³² Hofer [1996], p. 14

²³³ Hofer [1996], p. 6

²³⁴ Hofer [1996], p. 20

dell'illustrazione della nozione di identità primitiva che Hofer assume in "The Metaphysics of Space-Time Substantivalism" – illustrazione che presenta una certa problematicità, in quanto egli non fa preciso riferimento ad un'esplicita definizione – ed andare ora direttamente alla mia interpretazione (e formulazione in termini generali) di quanto Hofer fornisce con un esempio. Differendo tale illustrazione, fornisco quindi la mia risposta a questa fondamentale domanda, dicendo che *ciò avviene in quanto* la negazione dell'identità primitiva, o meglio – così lo definirei, interpretando il senso di quanto Hofer fa – *il “principio (metafisico) di negazione dell'identità primitiva attraverso mondi possibili”*²³⁵ (che è criterio da lui assunto per l'identificazione e l'identità di oggetti individuali attraverso mondi possibili) *asserisce che le rappresentazioni di due situazioni possibili, o due mondi possibili, (che nello specifico dello Hole argument sono le situazioni fisiche rappresentate da due modelli diffeomorfi), in cui vi sono due oggetti individuali (in entrambi i mondi) che hanno, in ciascuno dei mondi, ognuno tutte le stesse proprietà di un oggetto dell'altro mondo, non possono essere rappresentazioni di due situazioni fisiche diversi (o i due mondi possibili non sono in realtà diversi), in quanto l'identificazione corretta degli oggetti attraverso le situazioni possibili, o i mondi possibili, è data dall'identità (qualitativa) dell'insieme delle loro proprietà, che, per ipotesi insita nel principio, costituisce l'insieme di tutte le loro proprietà.*

E' secondo me importante notare, per un'adeguata e precisa comprensione, come ciò che Hofer rigetta, in "The Metaphysics of Space-Time Substantivalism", sia essenzialmente la *primitività dell'identità attraverso mondi possibili*, più che la

²³⁵ Faccio qui riferimento alla distinzione che si trova nell'articolo di Robert M. Adams "Primitive Thisness and Primitive Identity", più volte citato da Hofer nel suo articolo qui in esame, fra una questione di primitività (non-qualitativa) dell'identità («primitive thisness») ed una questione di primitività dell'identità *attraverso mondi possibili*, «transworld identity» («identities of individuals in different possible worlds»^(*)).

^(*) R.M.Adams, *op. cit.*, p. 19

primitività dell'identità, mentre egli non richiama esplicitamente la differenza tra le due questioni. Sostenere che la *transworld identity* non sia primitiva, ma sia derivata da proprietà qualitative, è cosa diversa dal ritenere che l'identità (numerica) sia derivata e derivante da fatti qualitativi. Sostenere quest'ultimo principio significa aderire al Principio di identità degli indiscernibili, che Hofer, nell'articolo qui in esame, dichiara di non intendere sottoscrivere e rispetto al quale, anzi, argomenta in modo contrario, come si può rilevare nel seguente passaggio:

If we are to remain uncommitted to the Principle of Identity of Indiscernibles, as I believe we should, we can admit possible worlds in which two individuals exist (like Max Black's indistinguishable iron spheres), call them A and B, which share all of their properties in common. Why does it make sense to speak of them as distinct *individuals*? Well, just because, as we stipulated, there are *two* of them and not *one*.²³⁶

Nello specifico della problematica della natura dello spazio, e poi dello spaziotempo, e della questione delle possibili diverse collocazioni in esso dei corpi a parità dell'insieme delle relazioni metriche tra loro, dibattuta a partire dai tempi di Newton, Clarke e Leibniz, la tesi (cui Hofer perviene attraverso la negazione dell'identità primitiva) secondo cui tali supposte diverse situazioni sono in realtà la stessa va sotto il nome, come abbiamo già visto nei capitoli precedenti, di *Leibniz equivalence*. Così come – ricordiamo – nel contesto dei modelli diffeomorfi della teoria della relatività generale, va sotto questo stesso nome la tesi secondo cui tali modelli (come sono quelli dello *Hole argument*) rappresentano la stessa realtà fisica. Hofer asserisce il collegamento fra l'identità primitiva e la (negazione della) *Leibniz*

²³⁶ Hofer [1996], p. 18-19

equivalence nel seguente passaggio di "The Metaphysics of Space-Time Substantivalism":

In other words, two such models [i modelli diffeomorfi] can *only* represent different physically possible worlds if we believe that space-time points (or region) not only exist, but have primitive identity, *and so* could have all of their properties systematically exchanged with the properties of other actual points, *in just the way we considered dice A and B being switched above.*²³⁷

Infatti, per come è costituito lo *Hole argument*, le situazioni fisiche rappresentate da due modelli diffeomorfi possono differire soltanto in un modo: per l'avere (sistematicamente) un (generico) punto spaziotemporale tutte le proprietà, espresse dalla teoria, di un altro; non è in gioco nell'argomento altro tipo di differenza, altro modo in cui differiscano le situazioni.

Per inciso, si può notare che il principio della *Leibniz equivalence* è solitamente considerato un principio che contraddistingue la posizione relazionista, cioè la posizione opposta al sostanzialismo, mentre Hofer lo vede come un elemento, o un aspetto (proprio l'aspetto che risolve la problematica dello *Hole argument*), della teorizzazione della forma di sostanzialismo da lui elaborata. Egli afferma infatti:

I shall argue below that the crucial feature of manifold substantivalism *that leads* [corsivo mio] to hole indeterminism *and* [corsivo dell'Autore] *to the denial of LE, namely, the ascription of primitive*

²³⁷ Hofer [1996], p. 15; corsivo mio. Nell'ultima riga Hofer fa riferimento al suo esempio dei due dadi (presentato nella pagina precedente), con il quale, nell'articolo qui in esame, introduce la nozione di identità primitiva e del quale parlerò dopo.

identity to space-time points [corsivo mio], can and should be rejected.

238

e:

[...] At this point, we need to go back to an issue mentioned above:

L.E., and whether a substantivalist should embrace or deny it.

According to Norton and Earman,

Whatever formulation a substantivalist may adopt, they must all agree concerning an acid test of substantivalism, drawn from Leibniz. [...] In sum, substantivalists, whatever their precise flavor, will deny:

Leibniz Equivalence: Diffeomorphic models represent the same physical situation.

But the substantivalist who denies primitive identity will embrace L.E.,

*and happily.*²³⁹

Come ho anticipato sopra, dove mi sono mosso cercando di presentare subito il nocciolo della soluzione prospettata da Hofer, e di rispondere altrettanto immediatamente alle domande che tale nocciolo essenziale impone, egli, in "The Metaphysics of Space-Time Substantivalism", non fa riferimento ad una ben precisa *definizione* diretta di identità primitiva, ma, piuttosto, *spiega* in cosa essa consista, e lo fa in due modi, entrambi – per così dire – indiretti, e cioè, prima, per mezzo di un esempio, e poi attraverso la definizione di *haecceitism* data da David Lewis nel suo *On the Plurality of Worlds*, secondo lui collegata logicamente alla nozione di identità primitiva. Egli infatti scrive:

²³⁸ Hofer [1996], p. 11

²³⁹ Hofer [1996], p. 19; corsivo mio, nella citazione diretta

The ascription of primitive identity to space-time points is presupposed in the views of substantivalism given by Earman and Norton, Maudlin, Butterfield, and many others. *What is this commitment? It can be illustrated with a simple example.* Suppose I have two dice and [...] ²⁴⁰

e poi:

David Lewis discusses a view that is related to belief in primitive identity, a view he calls *haecceitism*. *Although haecceitism is not quite the same, it is still helpful in illustrating what primitive identity amounts to.* ²⁴¹

Ora, al fine di lavorare per comprendere la nozione di identità primitiva usata da Hofer in "The Metaphysics of Space-Time Substantivalism", riporto di seguito, per intero, le due spiegazioni di Hofer:

Suppose I have two dice and name them A and B by pointing to them. I now ask: Does it make sense to ask whether die A could have been located where die B is with all B's actual properties, and die B located where A is with all of A's properties? Note that the question is not: Is this *possible*? For belief in certain essential properties of dice (perhaps essentiality of origin) may rule out this alternative scenario as a possibility. But an essentialist who embraces substances with primitive identity will still allow that the question makes sense (and if A and B have enough essential properties, the answer will be "no"). By contrast, I want to suggest that the question, though grammatically sound, makes no sense – or rather rests on a confusion. The question

²⁴⁰ Hofer [1996], p. 14; corsivo mio

²⁴¹ Hofer [1996], p. 15; corsivo mio

rests on the presupposition that the names 'A' and 'B' can be used to talk about particulars that have a primitive identity wholly independent of the properties these particulars actually possess. If primitive identity is a mistake, then names cannot in fact be used in this way.²⁴²

David Lewis discusses a view that is related to belief in primitive identity, a view he calls *haecceitism*. Although haecceitism is not quite the same, it is still helpful in illustrating what primitive identity amounts to.

If two worlds differ in what they represent *de re* concerning some individual, but do not differ qualitatively in any way, I shall call that a *haecceitistic difference*. *Haecceitism*, as I propose to use the word, is the doctrine that there are at least some cases of haecceitistic difference between worlds. *Anti-haecceitism* is the doctrine that there are none.

Haecceitism cannot be true unless there are individuals with primitive identity, so acceptance of haecceitism entails acceptance of primitive identity. The converse does not hold: one can embrace primitive identity and yet ascribe to every individual in every possible world an individual essence so complete that haecceitism, as defined by Lewis, fails to be true.²⁴³

Come ho sostenuto sopra, a me sembra più adeguato, riguardo – per così dire – al tema della negazione dell'identità primitiva in "The Metaphysics of Space-Time Substantivalism", parlare di un principio metafisico di negazione dell'identità primitiva attraverso mondi possibili assunto da Hofer, che in sostanza costituisce un principio di identità e di identificazione di oggetti individuali attraverso situazioni, o mondi, possibili. Ciò nel senso che, in questo modo – anziché cercare, in primo luogo, di definire cosa si può dire sia l'identità primitiva quale emerge dal suo testo –

²⁴² Hofer [1996], p. 14-15

²⁴³ Hofer [1996], p. 15

comprendiamo, intanto, cosa Hoefler sta facendo, comprendiamo il senso della sua negazione dell'identità primitiva. Ma, compreso questo, comunque, possiamo poi (meglio) tentare di delineare cosa sia – per lui – l'identità primitiva – per così dire – “a se stante”, “di per sé”. In cosa consiste dunque per Hoefler credere nell'identità primitiva? Cioè, *se si crede ad essa, in cosa si crede* – nella sua ottica – ? Mi sembra che possa essere utile tornare all'analogia che, alle pagine 10 e 11, all'interno del paragrafo 1.2 – “The hole argument”, egli elabora:

Consider the following analogy: a medieval metaphysician proposes a word system to us that includes both material things and events, and also ghostly “thoughts” that coexist with some kinds of material bodies. [...]

Ebbene, la questione dei due dadi, che, a scopo euristico, – mi pare – potrebbe essere trasformata nella domanda “Potrei io essere te con *tutte* le tue proprietà e tu essere me con *tutte* le mie proprietà?”, delinea l'identità primitiva che Hoefler configura, la quale persiste(rebbe) come identità (numerica) di un individuo completamente svincolata da tutto ciò che esso è, tutte le sue proprietà, comprese quelle che rappresentano/costituiscono la sua origine e la sua storia, come una sorta di entità fantasmatica, legata soltanto, per un vincolo di non si sa bene quale natura, al suo nome.

Ora, vi sono, secondo me, due questioni, di diverso tipo, riguardo all'argomentazione di Hoefler su questo punto fondamentale. Una – per così dire – “squisitamente metafisica”, che riguarda la validità del principio da lui sostenuto. L'altra riguardante l'applicabilità di tale principio alla specifica situazione che si ha nello *Hole argument*.

Non mi addentro più di tanto nella prima, ma è sicuramente opportuno ed utile far presente come vi siano, rispetto al principio assunto da Hoefler, posizioni diverse (come del resto sempre avviene). Ad esempio, proprio Adams, nell'articolo citato più volte in "The Metaphysics of Space-Time Substantivalism" (la cui lettura ha per me costituito un approfondimento intorno a tali questioni, molto utile – credo – per comprendere meglio Hoefler), sostiene una posizione differente, da lui denominata "Moderate Haecceitism", «according to which thisnesses and transworld identities are primitive [...]»²⁴⁴. Ritengo opportuna ancora una breve citazione, dallo stesso articolo di Adams, circa il rapporto fra "primitive thisness" e "primitive transworld identity", al fine di evidenziare quanto poi la questione si presenti – nuovamente, come sempre avviene – articolata:

[...] If, on the other hand, we reject the Identity of Indiscernibles in favor of nonqualitative thisnesses, it will not be hard to find examples that will provide support of great intuitive plausibility for primitive transworld identities and non-identities.²⁴⁵

L'altra questione, più strettamente attinente all'ambito del presente lavoro, ritengo sia se, nella situazione dello *Hole argument*, possiamo ritenere che vi siano le condizioni per applicare quello che ho definito il principio metafisico di negazione dell'identità primitiva attraverso mondi possibili che Hoefler usa, nel senso che ora spiego. Quel principio – ricordiamo – richiede (per come è formulato) che ci si trovi in una situazione in cui siano in gioco *tutte* le proprietà degli oggetti individuali coinvolti, *l'insieme tutte le proprietà di essi*. Si devono avere due mondi possibili i cui oggetti (rispetto ai quali ci

²⁴⁴ Adams (1979), p. 25

²⁴⁵ Adams (1979), p. 22

si chiede come vadano identificati attraverso tali mondi) abbiano ognuno *tutte* le proprietà di qualche altro oggetto (che poi può essere in realtà lo stesso oggetto) dell'altro mondo. Tale elemento compare come essenziale nella formulazione di quel principio e direi che lo è altrettanto per la sua plausibilità. Nel caso dei due dadi dell'esempio con cui Hofer spiega tale principio, quanto richiesto da quel requisito avviene, si ha, – per così dire – “per costruzione”, o per ipotesi. Ricordiamo che Hofer asserisce infatti, nella formulazione della situazione a cui assegna il compito di spiegare in cosa consiste la negazione dell'identità primitiva:

«A [...] with *all* B's actual properties» e «B [...] with *all* of A's properties»²⁴⁶.

Ed ancora egli scrive, poi:

«and so could have *all* of their properties systematically exchanged»

²⁴⁷

Ora, direi che nei casi in cui si voglia applicare quel principio, che è quanto Hofer fa rispetto allo *Hole argument*, si deve poter ritenere che ci trovi effettivamente in una situazione conforme a quel requisito; che, cioè, la situazione sia presentata, descritta, concepita, in maniera che *l'insieme di tutte le proprietà* di ogni oggetto individuale di uno dei due mondi possibili sia *attribuito* – per così dire – in blocco ad un oggetto individuale dell'altro mondo possibile. Si deve poter avere in qualche modo questa convinzione nei confronti degli oggetti e delle loro proprietà. Il piano su cui quel

²⁴⁶ Hofer [1996], p. 14; corsivo mio

²⁴⁷ Hofer [1996], p. 15; corsivo mio

principio si muove è infatti quello: riguarda l'identificazione e l'identità attraverso situazioni, o mondi, possibili, un piano metafisico, dunque. Hoefer, per evitare la diversità delle situazioni fisiche rappresentate dai diversi modelli diffeomorfi, non fa leva, come il *Ramsifying substantialist* descritto da Maudlin (di cui ho parlato nel capitolo su quest'ultimo), sul piano del rapporto fra i termini della teoria, costituiti dai punti matematici della varietà, ed i punti dello spaziotempo fisico, ma si muove sul piano degli oggetti dicendo che, a certe condizioni, stabilite nel suo principio, un oggetto di un mondo possibile è lo stesso di quello di un altro mondo possibile. Ebbene, nel caso dei punti spaziotemporali che costituiscono i riferimenti dei corrispettivi elementi dei modelli matematici diffeomorfi dello *Hole argument*, possiamo ritenere che ciò avvenga, altrettanto di quanto lo riteniamo – per ipotesi, “per costruzione” – nell'esempio paradigmatico dei due dadi? Possiamo ritenere, cioè, che siamo di fronte ad una rappresentazione che asserisce che i punti spaziotemporali che sono i riferimenti dei punti matematici dei modelli hanno, in ciascun modello, ognuno l'insieme di *tutte* le proprietà di un punto dell'altro modello? Ebbene, ogni punto del modello $\langle M, g, T \rangle$ ha una collocazione, una posizione nella varietà riemanniana di cui è elemento, un valore di g e un valore di T . Ogni punto spaziotemporale ha una collocazione, una posizione (una *(event) location*, per usare l'espressione usata da Maudlin) nello spaziotempo fisico e sostanzialisticamente concepito (in quanto stiamo ragionando su Hoefer, che sta teorizzando una forma di sostanzialismo), ha determinate proprietà metriche e lì c'è una certa concentrazione dell'energia-massa/impulso. Ogni punto matematico distinto della varietà riemanniana rappresenta un punto diverso dello spaziotempo; quindi l'associare, come avviene nello *Hole argument*, ad un punto spaziotemporale un diverso (rispetto ad uno dei modelli diffeomorfi) punto della varietà riemanniana (non ho parlato in ciò di coordinate, ma ho assunto l'ottica *coordinate free*) direi che sembra – tanto quanto

presupponiamo dotata di significato, come si assume nello *Hole argument*, un'interpretazione attiva del diffeomorfismo e della covarianza generale, distinta da un'interpretazione passiva, quale mero cambio di coordinate – attribuire a quel punto spaziotemporale una (proprietà di) collocazione, posizione, diversa. Sembra quindi che siamo di fronte ad una descrizione la quale, attribuendo lo stesso valore di g , lo stesso valore di T , ma un diverso punto di M , asserisce che due proprietà sono le stesse, ma una no. E sembrerebbe quindi che ci si trovi in una situazione in cui non ci sono i presupposti per applicare quel principio sulla base del quale Hofer costruisce la soluzione da lui prospettata riguardo allo *Hole argument*.

Ma il punto è che in realtà tutte quelle tre proprietà di un punto spaziotemporale, cioè la (proprietà di) posizione, collocazione, nello spaziotempo, la proprietà metrica e la proprietà che lì c'è una certa intensità della massa-energia/impulso sono espresse dai due tensori g e T . È infatti il campo espresso da g , e solo esso, che determina la posizione, la collocazione di un punto nello spaziotempo; e quindi è solo il tensore g che la esprime. È il campo tensoriale metrico che dà la collocazione, in quanto crea lo spazio su cui ha senso parlare di collocazione; e che dà identità ai punti (si capisce bene, e al livello di profondità adeguato alla struttura matematica in questione, l'affermazione che le coordinate dei punti, assegnate ad esse “prima dell'effetto del campo”, sono “mere etichette”, che non esprimono niente, anche se \mathbb{R}^4 ha una sua struttura. Non c'è, in questa concezione, come diceva Einstein, alcuno spazio senza il campo, “prima” del campo; senza il campo non c'è lo spazio vuoto, non c'è nulla; il campo non sta nello spazio, ma, invece, lo spazio è una qualità strutturale del campo; e (a livello fisico), prima del campo, non ci sono neanche proprietà topologiche. E quindi, come conseguenza di questo fatto che è il campo a creare lo spazio, e che è g che determina la collocazione in M , la descrizione che avviene nello *Hole argument* esprime

tutte le proprietà, dice che sono uguali *tutte* le proprietà dei punti spaziotemporali dei due mondi possibili rappresentati dai due modelli diffeomorfi. Il principio che Hofer ha assunto trova quindi effettivamente, secondo quanto sopra, i requisiti per essere applicato. La diversità del punto che il diffeomorfismo prende sulla varietà, nella costruzione dello *Hole argument*, non dice niente sulla proprietà di collocazione del punto spaziotemporale (fisico) *perché non dice niente (neanche) sulla proprietà di collocazione del punto matematico stesso sulla varietà*, nella misura in cui sia ha, come si ha nello *Hole argument*, il contestuale trascinamento dei campi (fra cui il campo metrico), che determina le posizioni matematiche. E questo mi pare che induca forse a riflettere sul senso dell'aspetto attivo della covarianza generale. C'è – direi – effettivamente una diversità tra l'aspetto passivo del diffeomorfismo, che ai punti di una varietà associa, dà, altre coordinate, e l'aspetto attivo di esso, che ai punti di una varietà associa altri punti, ma, se questo, come accade nello *Hole argument*, avviene con contestuale *drag along* del campo metrico, pensare che tale aspetto attivo possa significare diversa posizione, diversa collocazione sulla varietà è qualcosa di matematicamente sbagliato, insensato e fuorviante. *E quindi – direi –, a livello fisico-matematico, l'interpretazione attiva della covarianza generale (presupposto dello Hole argument) come qualcosa che può rappresentare una diversa collocazione rispetto ad uno spazio qualsivoglia mi pare che possa essere infondata.*

Questa prevalenza del campo metrico, che ho evidenziato a partire dalla questione che ho posto sopra e dalla soluzione che mi sembra essa abbia, direi che è dunque, in ultima analisi, il fondamento della soluzione prospettata da Hofer e che la si può caratterizzare come elemento fondamentale, insieme alla negazione dell'identità primitiva da lui sostenuta, della forma di sostanzialismo da lui teorizzata. Ed egli infatti,

quando, all'inizio di "The Metaphysics of Space-Time Substantivalism", traccia le linee fondamentali della soluzione da lui prospettata, scrive:

[...] I shall argue for two crucial elements in the proper understanding of substantivalism. One of these is the rejection of a key presupposition of most other writers: that space-time points should be ascribed primitive identity. The substantivalist doctrine that I claim to be most defensible is what I shall call *metric field substantivalism*: the view that the metric field g , of a model M, g, T of GTR, represents a substantival space-time [...] ²⁴⁸

Direi che il sostanzialista, per il quale Hofer ha elaborato una concezione dello spaziotempo da lui ritenuta la più sostenibile, sotto un certo aspetto, non abbia sicuramente motivo di trovarsi a disagio con tale concezione, caratterizzata da una preminenza del campo metrico. Cioè, non ha, in fondo, motivo di trovarsi a disagio del fatto che la collocazione spaziale (spaziotemporale in questo caso) perda – per così dire – quel “piano” sul quale la concezione sostanzialista ai tempi di Newton vedeva collocata la caratteristica di absolutezza dello spazio, distinto dal “piano” dello spazio «relativo», «apparente» e «volgare» – usando le parole di Newton – . Ciò perché direi – riprendendo un tema che ho introdotto nella digressione che ho compiuto all'interno del capitolo su Tim Maudlin – che, non essendo lo spaziotempo della relatività quello che ho lì definito lo spazio-di-un-sistema-di-riferimento (essendo, al contrario, in esso ogni sistema di riferimento), quella dicotomia decade e lo spaziotempo stesso è pienamente assoluto. E, in quanto tale, esso – direi – può appagare pienamente l'istanza di absolutezza propria della posizione sostanzialista.

²⁴⁸ Hofer [1996], p. 6

Per quanto riguarda l'altro aspetto che si può cogliere in tale posizione, cioè l'istanza di esistenza indipendente, autonoma, dello spazio(tempo) da ogni cosa, direi che la questione se il sostanzialista possa essere soddisfatto della concezione teorizzata da Hofer, in linea, come lui stesso sottolinea, con la concezione di Einstein dopo l'abbandono da parte sua, alla fine degli anni '20 del programma relazionista Machiano, vada forse suddivisa in due diverse questioni, considerando, come ho già fatto nel primo capitolo, se questa istanza sostanzialista riguardi soltanto la materia, i corpi, o riguardi anche il campo (gravitazionale/metrico). Nel primo caso il sostanzialista, sulla base delle soluzioni di vuoto, richiamate da Hofer, che consentono di concepire, nel quadro della teoria della relatività generale, l'esistenza dello spaziotempo pur in assenza di materia, vedrebbe quella sua seconda istanza appagata, mentre nel secondo non potrebbe vederla tale.

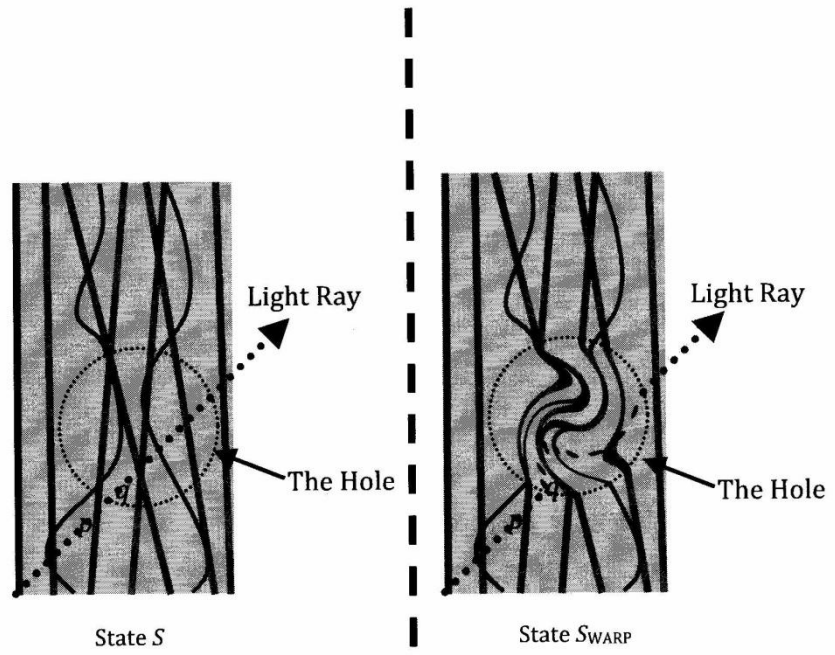


Figure 28

BIBLIOGRAFIA

ADAMS Robert Merrihew (1979), “Primitive Thisness and Primitive Identity”, in *The Journal of Philosophy*, Volume LXXVI, No. 1

ALLORI Valia, DORATO Mauro, LAUDISA Federico, ZANGHI' Nino (2005), *La natura delle cose – Introduzione ai fondamenti e alla filosofia della fisica*, Carocci, Roma

BARTELS Andreas (1995), “What is Spacetime, if not a Substance? Conclusion from the New Leibnizian Argument”, in U. Mayer (Ed.), *Semantical aspects of Spacetime Theories*, Heinz Juergen Schmidt, Heidelberg

BUTTERFIELD Jeremy (1989), “The Hole Truth”, in *The British Journal for the Philosophy of Science*, 40, pp. 1-28

BUTTERFIELD Jeremy (1989), “Albert Einstein Meets David Lewis”, in *Proceedings of the 1988 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association – Volume two*, edited by Arthur Fine & Jarrett Leplin, Philosophy of Science Association, East Lansing, Michigan

CARRARA Massimiliano, MORATO Vittorio (2007), “Do we need *haecceitates* to be haecceitists?”, in *Documenti e studi sulla Tradizione filosofica medievale*, 18

CASTELLI Andrea (2015), “Le interpretazioni filosofiche della Relatività Generale”, in *APhEx – Portale Italiano di Filosofia Analitica*, n. 12 – giugno 2015

DISALLE Robert (2009), *Capire lo spazio-tempo – Lo sviluppo filosofico della fisica da Newton a Einstein*, Bollati Boringhieri, Torino

DORATO M. (2006), “Is Structural Spacetime Realism Relationism in Disguise? The Supererogatory Nature of the Substantivalism/Relationism Debate”, in D. Dieks (Ed.), *The Ontology of Spacetime*, Elsevier, Amsterdam, pp. 17-37

EARMAN John (1970), “Who’s afraid of absolute space?”, in *Australasian Journal of Philosophy*, vol. 48

EARMAN John (1989), *World Enough and Space-Time – Absolute versus Relational Theories of Space and Time*, Bradford Books, Cambridge, Massachusetts

EARMAN John, NORTON John (1987), “What Price Spacetime Substantivalism. The Hole Story”, in *The British Journal for the Philosophy of Science*, 38, pp. 515-525

ESFELD Michael, LAM Vincent (2006), “Moderate structural realism about space-time” (Draft, 8 June 2006, forthcoming in *Synthese*)

GHINS Michel, *L’inertie et l’espace-temps absolu de Newton à Einstein – Une analyse philosophique*, Académie Royale de Belgique – Memoires de la Classe des Lettres, Bruxelles 1990

GIOVANELLI Marco (2012), “Erich Kretschmann as a Proto-Logical-Empiricist: Adventures and Misadventures of the Point-Coincidence Argument”

HOEFER Carl (1996), “The Metaphysics of Space-Time Substantivalism”, in *The Journal of Philosophy*, 93, pp. 5-27

HOEFER Carl, CARTWRIGHT Nancy (1993), “Substantivalism and the Hole Argument”, in J. Earman et al. (Eds.), *Philosophical Problems of the Internal and External Worlds: Essays on the Philosophy of Adolf Grünbaum*, University of Pittsburgh, Pittsburgh

HOWARD Don (1990), “Einstein and Duhem”, in *Synthese*, 83, pp. 363-384

HOWARD Don (1992), “Einstein and “*Eindeutigkeit*”: A Neglected Theme in the Philosophical Background to General Relativity”, in J. Eisenstaedt, A.J. Kox (Eds.), *Studies in the History of General Relativity, “Einstein Studies”, 3*, Birkhäuser, Boston, pp. 154-243, traduzione italiana in D. Howard, *Anche Einstein gioca a dadi – La lunga lotta con la meccanica quantistica*, Carocci, Roma 2015

HOWARD Don (1997), “A Peek Behind the Veil of Maya: Einstein, Schopenhauer, and the Historical Background of the Conception of Space as a Ground for the Individuation of Physical Systems”, in J. Earman, J.D. Norton (Eds.), *The Cosmos of*

Science: Essays of Exploration, “Pittsburgh-Konstanz Series in the Philosophy and History of Science”, 6, University of Pittsburgh Press-Universitätsverlag, Pittsburgh-Konstanz, pp. 87-150, traduzione italiana in D. Howard, *Anche Einstein gioca a dadi – La lunga lotta con la meccanica quantistica*, Carocci, Roma 2015

HOWARD Don (1999), “Point Coincidences and Pointer Coincidences: Einstein on the Invariant Content of Space-Time Theories”, in H.Goenner, J.Renn, J.Ritter, T.Sauer (Eds.), *The Expanding Worlds of General Relativity* (Einstein Studies, volume 7) pp. 463-500, The Center for Einstein Studies

HOWARD Don, NORTON John (1993), “Out of the Labyrinth? Einstein, Hertz, and the Göttingen Answer to the Hole Argument”, in J.Earman, M.Janssen, J.Norton (Eds.), *The Attraction of Gravitation: New Studies in the History of General Relativity*, pp. 30-62, Birkhäuser, Boston – Basel – Berlin

LAM Vincent (2014), “Entities without intrinsic physical identity”, in *Erkenntnis*, 79, pp. 1157-1171

LEIBNIZ-CLARKE CORRESPONDENCE (2000), Edited, with Introduction, by Roger Ariew, Hackett Publishing Company, Inc., Indianapolis/Cambridge

LEHMKUHL Dennis (2014), “Why Einstein did not believe that general relativity geometrizes gravity”, in *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, vol. 46, pagg. 316-326

MACCHIA Giovanni (2006), “L’Argomento del Buco di Einstein – Il recente dibattito sull’ontologia dello spaziotempo”, *Isonomia – Rivista dell’Istituto di Filosofia dell’Università degli Studi di Urbino*

MAMONE CAPRIA Marco (1999), “La crisi delle concezioni ordinarie di spazio e di tempo: la teoria della relatività”, in M. Mamone Capria (a cura di), *La costruzione dell’immagine scientifica del mondo*, Istituto Italiano per gli Studi Filosofici, La Città del Sole, Napoli

MAUDLIN Tim (1988), “The Essence of Space-Time”, in *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, The University of Chicago Press, Vol. 1988, Volume Two, pp. 82-91

MAUDLIN Tim (1990), “Substances and Space-Time: What Aristotle Would Have Said to Einstein”, in *Studies in History and Philosophy of Science*, Pergamon Press, Oxford/New York, Vol. 21, No. 4, pp. 531-561

MAUDLIN Tim (2012), *Philosophy of Physics: Space and Time*, Princeton University Press, Princeton NJ

MORGANTI Matteo (2013), *Combining Science and Metaphysics – Contemporary Physics, Conceptual Revision and Common Sense*, Palgrave Macmillan, London

NERLICH Graham (1994), *The Shape of Space*, Cambridge University Press

NERLICH Graham (1994), *What Spacetime Explains – Metaphysical essays on space and time*, Cambridge University Press

NEWTON Isaac (2008), *Principi matematici della filosofia naturale*, Arnoldo Mondadori Editore, Milano

NORTON John (1987), “Einstein, the Hole Argument and the Reality of Space”, in J. Forge (Ed.), *Measurement, Realism and Objectivity*, Reidel, Dordrecht, pp. 153-188

NORTON John (1988), “The Hole Argument”, in *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, The University of Chicago Press, Vol. 1988, Volume Two, pp. 56-64

NORTON John (1989), “Coordinates and Covariance: Einstein’s View of Space-Time and the Modern View”, in *Foundations of Physics*, Vol. 19, No. 10

NORTON John (1995), “Mach’s Principle before Einstein”, in *Einstein Studies*, vol. 6: *Mach’s Principle: From Newton’s Bucket to Quantum Gravity*, pp. 9-57, Birkhäuser Boston

NORTON John (1999), “Geometries in collision: Einstein, Klein and Riemann”

NORTON John (2001), “Einstein’s Triumph over the Spacetime Coordinate System: A Paper in Honor of Roberto Torretti”

NORTON John (2014), “What Can We Learn about the Ontology of Space and Time from the Theory of Relativity?”, in L. Sklar (Ed.), *Physical Theory: Method and Interpretation*, Oxford University Press

PAURI Massimo (1996), “Oggettività e realtà”, in F.Minazzi (a cura di), *L’oggettività della conoscenza scientifica*, FrancoAngeli, Milano

PAURI Massimo (2006), “ “Realismo” strutturale dello spaziotempo”, in M.Alai (a cura di), *Il realismo scientifico di Evandro Agazzi – Atti del Convegno di studi, Urbino, 17 novembre 2006*, Editrice Montefeltro

PAURI Massimo (2008), “Time, Physics, and Freedom: at the Roots of Contemporary Nihilism”, ACADEMIE INTERNATIONALE DE PHILOSOPHIE DES SCIENCES Entretiens – 2007 – Cerisy, 4 – 8 Octobre, «Le Temps dans les different approches scientifiques»

POOLEY Oliver (2005), “Points, particles, and structural realism”, in Rickles, French and Saatsi (Eds.), *The Structural Foundations of Quantum Gravity*, Oxford University Press

ROVELLI Carlo (2004), *Che cos’è il tempo? Che cos’è lo spazio?* Di Renzo Editore, Roma

ROVELLI Carlo (2014), *Sette brevi lezioni di fisica*, Adelphi, Milano

RYNASIEWICZ Robert (1994), “The Lessons of the Hole Argument”, in *The British Journal for the Philosophy of Science*, 45, pp. 407-436

SELLERI Franco (2003), *Lezioni di relatività – da Einstein all’etere di Lorentz*, Progedit, Bari

SKLAR Lawrence (1974), *Space, Time, and Spacetime*, University of California Press, Berkeley – Los Angeles – London

SKLAR Lawrence (1992), *Philosophy of Physics*, Westview Press, Boulder – San Francisco

STACHEL John (1986), “What a Physicist Can Learn from the Discovery of General Relativity”, in *Marcel Grossmann Meeting on General Relativity*, R. Ruffini (ed.), Elsevier Science Publisher B.V., 1986

STACHEL John (1993), “The Meaning of General Covariance”, in J. Earman et al. (Eds.), *Philosophical Problems of the Internal and External Worlds: Essays on the Philosophy of Adolf Grünbaum*, University of Pittsburgh

STACHEL John (2002), “ “The Relations between Things” versus “The Things between Relations”: The Deeper Meaning of the Hole Argument”, in D.B. Malament (Ed.), *Reading Natural Philosophy – Essays in the History and Philosophy of Science and Mathematics*, Open Court, Chicago and La Salle, Illinois

STEIN Howard (1967), “Newtonian space-time”, in *Texas Quarterly*, vol. 10

WÜTHRICH Christian (2008), “Challenging the Spacetime Structuralist”

RELAZIONE SULL'ATTIVITA' SVOLTA

Durante il periodo del corso di dottorato, che ha avuto inizio il 01.01.2012 (XXVII Ciclo), ho svolto l'attività indicata nell'elenco riportato sotto.

Tale attività è stata caratterizzata da un'intensa partecipazione a corsi, seminari, conferenze, convegni, workshop, summer school, che ho utilizzato anche per avere colloqui con relatori e docenti allo scopo di raccogliere informazioni e indicazioni intorno all'argomento del mio progetto di ricerca ed al contesto di esso. Ho parlato con Tim Maudlin, Roderich Tumulka, Roger Penrose, Mauro Dorato, Vincenzo Fano, Don Howard, Fred Muller, Matteo Morganti, Guido Bacciagaluppi, Giovanni Macchia, Christian Wüthrich, Carlo Rovelli.

Oltre a quanto contenuto nel successivo elenco, in questi anni, al fine di acquisire elementi per orientarmi fra le nozioni scientifiche inerenti al contesto scientifico in cui è situato l'argomento del mio progetto di ricerca, ho instaurato un rapporto didattico con un esperto della materia, il Dott. Alberto Tacchella, post-doc di fisica-matematica dell'Università di Genova, anche grazie al fatto che egli risiede nella mia zona, e, essendo la mia precedente conoscenza della lingua inglese limitata alla pratica della lingua scritta, ho, al fine di poter seguire conferenze, convegni, ecc. in tale lingua, frequentato diversi insegnamenti della materia.

Ancora un accenno a due recenti approfondimenti svolti, nell'ambito di un rapporto instaurato con i Proff. Emilio Fiordilino e Diego Molteni dell'Università di Palermo, su temi che, anche se non sono poi sfociati in attività seminariali effettuate, hanno arricchito la mia conoscenza intorno alla tematica dello spazio, riguardando, rispettivamente, le critiche di Mach all'interpretazione newtoniana dell'esperimento del secchio rotante e l'etere, in particolare l'interesse per esso da parte di Einstein in alcuni suoi scritti.

Dall'1/1/2015, terminato il periodo di aspettativa per dottorato di ricerca, ho ripreso servizio presso la pubblica amministrazione.

Seminari effettuati

- 25.05.12 – “*Simultaneity and convention in Special Relativity* di Graham Nerlich”, Seminario “Filosofia della fisica contemporanea”, Università degli Studi di Genova
- 28.05.12 – “*Dalla freccia di Lucrezio all'argomento EPR: alcune considerazioni sul ruolo degli esperimenti mentali in scienza* di Mauro Dorato”, Seminario “EPILOG/Esperimenti mentali”, Università degli Studi di Genova (in collaborazione con Tiziano Ferrando)
- 10.02.14 – “L'obiezione della Relatività Speciale in *The Reality of Tense* di Kit Fine”, Seminario “EPILOG”, Università degli Studi di Genova
- 16 e 23.06.14 – “Presentazione del capitolo ‘Intuition, Thought Experiments and the A Priori’ del libro di Albert Casullo *Essays on A Priori Knowledge and Justification*”, Seminario “EPILOG”, Università degli Studi di Genova

- 06.05.15 – “Lo *Hole Argument*: la concezione dello spaziotempo fra sostanzialismo, determinismo e realismo”, Seminario di Logica e Filosofia della Scienza, Università degli Studi di Palermo
<http://www.massimodicroce.it/wp-content/uploads/2016/07/sem-Hole-Argument.pdf>
- 16.03.16 – “Analogie tra filosofia della fisica, semantica e filosofia della matematica – Dagli isomorfismi a ontologie di strutture?”, Seminario di Logica e Filosofia della Scienza, Università degli Studi di Palermo
<http://www.massimodicroce.it/wp-content/uploads/2016/07/Sem-Hole-Argument-strutturalismo-matematico-semantica.pdf>

Seminari, conferenze e convegni seguiti

- Genova, GECOS (Genoa Cognitive Sciences), 13.03.12, Nino Zanghì, “Fisica e mente-corpo”
- Università degli Studi di Genova – Dipartimento di Antichità-Filosofia-Storia, 12 e 13.03.13, Michel Ghins (Institut supérieur de philosophie – Centre de philosophie des sciences – Université catholique de Louvain), “Le teorie scientifiche sono vere?”
- Università degli Studi di Genova – Dipartimento di Antichità-Filosofia-Storia, 12.04.13, Achille Varzi (Columbia University), “Il gioco della regola”
- Università degli Studi di Genova – Dipartimento di Antichità-Filosofia-Storia, 24.05.13, Roderich Tumulka (Rutgers University), “Clear Ontology Helps Against the Paradoxes of Quantum Mechanics”

- Università degli Studi di Genova – Dipartimento di Antichità-Filosofia-Storia, 13.06.13, Gillian Russell (Washington University in St. Louis), “Metaphysical Analyticity and the Epistemology of Logic”
- Università degli Studi di Bergamo – Dipartimento di Filosofia, 04.02.14, Alessandro Giordani (Università Cattolica, Milano), “Identità numerica e localizzazione”
- Università degli Studi di Firenze – Dipartimento di Filosofia, 07.03.14, Mauro Dorato (Università di Roma Tre), “*Che cos'è il tempo?* – ne discutono con l'Autore: Claudio Calosi (Università di Urbino), Francesco Orilia (Università di Macerata) e Paolo Parrini (Università di Firenze)”
- Università degli Studi di Milano – Dipartimento di Filosofia, 12.03.14, Claudio Calosi (Università di Urbino), “Spaziotempo, persistenza e cambiamento”
- Università degli Studi di Bergamo – Dipartimento di Filosofia, 18.03.14, Giorgio Lando (Scuola Normale Superiore di Pisa), “Composizione e indiscernibilità”
- Università degli Studi di Genova – Dipartimento di Antichità-Filosofia-Storia, 08.04.14, “Sound and vision and experience. Un percorso tra arti mente e filosofia” – Un evento Dafist (Università di Genova)/Labont (Università di Torino)
- “Gargnano Philosophy of Time Conference”, Gargnano, 12 – 14 maggio 2014
- Università San Raffaele – Milano, 29.05.14, Stewart Shapiro (Ohio State University), “Pluralism and Relativism for logic”
- Università San Raffaele – Milano, 29.05.14, “Philosophy of Mathematics. Objectivity, Cognition and Proof” – First International Conference of the Italian Network for the Philosophy of Mathematics (prima giornata del convegno)

- Università degli Studi di Genova – Dipartimento di Antichità-Filosofia-Storia, 03.06.14, Teresa Britton (University of Eastern Illinois), “Knowledge of Necessity”
- “Relativism: Metaphysics, Mind and Language” – International Congress, Genova, 5 – 6 giugno 2014
- Scuola Normale Superiore di Pisa, 07.10.14, Aaron Cotnoir (University of Saint Andrews, UK), “From Truth Pluralism to Ontological Pluralism and Back Again”, “Abelian Mereology”
- “La rinascita dell’ontologia”, Convegno dell’Università degli Studi di Macerata, 16 – 17 ottobre 2014
- Università degli Studi di Milano – Dipartimento di Filosofia, 21.10.14, Francesca Biagioli (Zukunftskolleg – Universität Konstanz), “Are there neo-kantian roots of structural realism?”
- Genova – Festival della Scienza 2014 – “Tempo”, 30.10.14, Mauro Dorato, Fabio Patrone, Giuliano Torrenzo, Achille Varzi, “8243° Raduno della Confederazione dei Crononauti – I viaggi nel tempo tra realtà e paradosso”
- Genova – Festival della Scienza 2014 – “Tempo”, 31.10.14, Mauro Dorato, Antonio Masiero, “I confini del Tempo – Verso l’infinito e oltre!”
- Genova – Festival della Scienza 2014 – “Tempo”, 02.11.14, Carlo Rovelli, “Il tempo prima del tempo – Come si è attivato l’orologio dell’universo?”
- Università degli Studi di Milano – Dipartimento di Filosofia, 28.11.14, Akiko Frischhut (University of Genève), “McTaggart and the Nature of Ontological Regress. A Case Study.”
- Università degli Studi di Firenze – Dipartimento di Lettere e Filosofia, 01.12.14, Vincenzo Costa (Università del Molise), “La trascendentalità dell’esperienza”

- Università degli Studi di Milano – Dipartimento di Filosofia, 18.12.14, Javier Cumpa (Università degli Studi di Milano), “Easy Properties. A Physicalistic Argument Against Contemporary Realism and Nominalism”
- Università degli Studi di Roma TRE – Dipartimento di Filosofia, Comunicazione e Spettacolo, 14.01.15, Claudio Calosi (Università di Urbino), “Persistenza, Invarianza, Variazione”
- Università degli Studi di Macerata – Dipartimento di Studi Umanistici – Sezione di Filosofia e Scienze Umane, 9 e 10 febbraio 2015, Convegno “Ontologia e Scienza”
- Università degli Studi di Genova – Dipartimento Antichità-Filosofia-Storia, 13.03.15, Achille Varzi (Columbia University) e Thomas Sattig (University of Tuebingen), “Topics in Analytic Metaphysics”
- Università degli Studi di Milano – Dipartimento di Filosofia, 18.05.15, Mario de Caro (Università di Roma 3), “Realism, common sense, and science”
- Genova – “Pint of Science” – Britannia Pub, 19.05.15, Nino Zanghì (Università di Genova), “L’azione a distanza dei gemelli quantistici”
- Università degli Studi di Urbino – Dipartimento di Scienze di Base e Fondamenti, 28.05.15, *Lectiones Commandinianae* – “Fisica e metafisica”: Matteo Morganti (Università di Roma 3), “Fondamentalità, regressi e tartarughe. In difesa dell’infinitismo metafisico”; Claudio Calosi (Università di Urbino), ” ‘Thou Bor’st thine ass on thy back o’er the dirt!’ Ovvero: Composizione, Identità, Emergenza”; Emanuele Rossanese (Università di Roma 3), “Una fisica senza Proprietà Intrinseche. Un modello bohmiano”
- Università degli Studi di Firenze – Dipartimento di Lettere e Filosofia, 15.06.15, Achille Varzi (Columbia University) e Claudio Calosi (Università di Urbino),

Presentazione del libro *Le Tribolazioni del Filosofare. Comedia Metaphysica ne la quale si tratta de li errori e de le pene de l'Infero*; Achille Varzi (Columbia University), “Mondi di Riferimento e Modi del Riferimento”

- Università degli Studi di Palermo – Dipartimento di Scienze Umanistiche, 24.06.15, Giorgio Vassallo (Università di Palermo), “La Meccanica Quantistica e il Rasoio di Occam”
- Università degli Studi di Bergamo – Dipartimento di Lettere e Filosofia, 02.07.15, International Conference “The Metaphysics of Properties and Relations”
- Università degli Studi di Urbino, 12.09.15, International Workshop “100 years of General Relativity”, H.Brown (Oxford University) – D.Howard (University of Notre-Dame) – V.Fano (University of Urbino) – G.Macchia (University of Urbino)
- Università degli Studi di Palermo – Dipartimento di Scienze Umanistiche, 21.10.15, Emilio Fiordilino (Università di Palermo), “Cherchez la différence – La fisica non è una medaglia”
- Genova – Festival della Scienza 2015, 25.10.15, Giovanni Amelino-Camelia, “Albert Einstein – Una teoria del tutto è possibile?”
- Università degli Studi di Genova – Dipartimento Antichità-Filosofia-Storia, 18.01.16, Andrea Borghini (Department of Philosophy-College of the Holy Cross, Massachusetts-USA), “Generi naturali: lezioni dalla frutta”
- Università degli Studi di Genova – Dipartimento Antichità-Filosofia-Storia, 06.05.16, Nino Zanghì (Università di Genova), “Onde gravitazionali”
- University of Neuchatel, 17.06.16, Workshop “Spacetime and Fundamentality”
- “Metaphysics of Space, Time, and Spacetime”, International Conference, Alghero, 5 e 6 luglio 2016

- Università degli Studi di Milano, 12.09.16, Workshop “Presentism”
- Genova – Festival della Scienza 2016, 29.10.16, Claudio Bartocci – Gabriele Lolli, “Tavoli, sedie, boccali di birra – David Hilbert e la matematica del Novecento”
- Università degli Studi di Milano, 14.11.16, Mauro Dorato (Università Roma Tre) – Nino Zanghì (INFN Genova), “The Reality of the Now and the Incompleteness of Physics”
- Università degli Studi di Milano, 02.12.16, Francesco Orilia (Università di Macerata), “A moderately presentist response to some recent anti-presentist objections”
- Università degli Studi di Milano, 10.02.17, Christian Wütrich (Université de Genève), “When the Actual World is Not Even Possible”
- Università degli Studi di Milano, 05.04.17, Mauro D’Ariano (Università di Pavia), “Quantum Epistemology: Structuralism and Algorithmic Ontology” – James Ladyman (University of Bristol), “Information, Physics, and Structural Realism”
- “International Association for the Philosophy of Time: 4th Annual Conference”, Gargnano, 12 – 14 giugno 2017
- Scuola Normale Superiore di Pisa, 04.07.17, International Conference “Mereology and Identity”
- Università degli Studi di Milano, 27.11.17, Paolo Mancosu (U.C. Berkeley), “Measuring the size of infinite collections of natural numbers: Was Cantor’s theory of infinite numbers inevitable?”
- Università degli Studi di Milano, 26.01.18, “Forme dell’identità” – XXIV Convegno Nazionale della Società italiana di Filosofia del Linguaggio

Cicli di seminari seguiti

- “Filosofia della fisica contemporanea”, Università degli Studi di Genova, a.a. 2011/2012
- “EPILOG/Esperimenti mentali”, Università degli Studi di Genova, a.a. 2011/2012
- “Filosofia della fisica contemporanea II”, Università degli Studi di Genova, a.a. 2012/2013
- “EPILOG/Irrealtà del tempo”, Università degli Studi di Genova, a.a. 2012/2013
- “EPILOG/Modelli di Kripke”, Università degli Studi di Genova, a.a. 2012/2013
- “EPILOG/Discussione del libro *Seven Puzzles of Thought* di M. Sainsbury e M. Tye”, Università degli Studi di Genova, a.a. 2013/2014 (limitatamente agli incontri in data 09.12.13, 16.12.13 e 13.01.14)
- “EPILOG/Discussione del libro di Albert Casullo *Essays on A Priori Knowledge and Justification*”, Università degli Studi di Genova, a.a. 2013/2014

Corsi seguiti

- Filosofia della scienza (Prof.ssa Luisa Montecucco – Prof. Nino Zanghì; a.a.2011/2012)
- Ontologia (Prof. Carlo Penco – Prof. Massimiliano Vignolo; a.a. 2011/2012)
- Filosofia della scienza – II modulo (Prof. Nino Zanghì; a.a.2012/2013)
- Algebra e Geometria (Prof.ssa Emanuela De Negri; a.a. 2012/2013; presso il Dipartimento di Fisica dell’Università di Genova)
- Fisica generale I (Prof. Maurizio Canepa; a.a. 2012/2013; presso il Dipartimento di Fisica dell’Università di Genova)

- Filosofia della scienza – II modulo (Prof. Nino Zanghì; a.a.2013/2014)

Summer school

- 29/7 – 1/8/2013, Sesto (BZ): “Quantum Theory Without Observers III”
- 28-30 luglio 2014, Sesto (BZ): “Summer School on the Foundations of Quantum Mechanics dedicated to John Bell”
- 15-19 settembre 2014, Cesena: XVII International Summer School in Philosophy of Physics – “Geometry and Physics”
- 7-11 settembre 2015, Cesena: XVIII International Summer School in Philosophy of Physics – “Einstein philosopher-scientist”
- 8 e 9 settembre 2016, Urbino-Cesena: XIX International Summer School in Philosophy of Physics – “Many-Worlds Interpretations – Quantum mechanics, metaphysics and cosmology”
- 10-13 luglio 2017, Urbino: XX International Summer School in Philosophy of Physics – “Spacetime and Quantum Physics”

INDICE

INTRODUZIONE	pag. 3
1 - LA PROBLEMATICHE E I SUOI BACKGROUND	pag. 10
2 - LO <i>HOLE ARGUMENT</i> DI EARMAN E NORTON	pag. 45
3 - LA POSIZIONE DI TIM MAUDLIN SULLA PROBLEMATICHE DELLO <i>HOLE ARGUMENT</i>	pag. 61
4 - LA POSIZIONE DI JEREMY BUTTERFIELD	pag. 110
5 - LA SOLUZIONE PROSPETTATA DA CARL HOEFER	pag. 162
FIGURA: una rappresentazione grafica di Tim Maudlin del diffeomorfismo dello <i>Hole argument</i>	pag. 180
BIBLIOGRAFIA	pag. 181
RELAZIONE SULL'ATTIVITA' SVOLTA	pag. 187