

GIANFRANCO MORMINO

Penetralia motus. La fondazione relativistica della meccanica in Christiaan Huygens

con l'edizione del "Codex Hugenorium 7A"

Firenze, La Nuova Italia, 1993

(Pubblicazioni della Facoltà di Lettere e Filosofia dell'Università degli
Studi di Milano, 153)

*Quest'opera è soggetta alla licenza **Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Non opere derivate 2.5 Italia (CC BY-NC-ND 2.5)**. Questo significa che è possibile riprodurla o distribuirla a condizione che*

- la paternità dell'opera sia attribuita nei modi indicati dall'autore o da chi ha dato l'opera in licenza e in modo tale da non suggerire che essi avallino chi la distribuisce o la usa;*
- l'opera non sia usata per fini commerciali;*
- l'opera non sia alterata o trasformata, né usata per crearne un'altra.*

*Per maggiori informazioni è possibile consultare il testo completo della licenza **Creative Commons Italia (CC BY-NC-ND 2.5)** all'indirizzo <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/it/legalcode>.*

Nota. Ogni volta che quest'opera è usata o distribuita, ciò deve essere fatto secondo i termini di questa licenza, che deve essere indicata esplicitamente.



PUBBLICAZIONI
DELLA FACOLTÀ DI LETTERE E FILOSOFIA
DELL'UNIVERSITÀ DI MILANO

CLIII

SEZIONE A CURA
DEL DIPARTIMENTO DI FILOSOFIA

21

GIANFRANCO MORMINO

PENETRALIA MOTUS

LA FONDAZIONE RELATIVISTICA
DELLA MECCANICA IN CHRISTIAAN HUYGENS,
CON L'EDIZIONE DEL *CODEX HUGENIORUM 7A*



LA NUOVA ITALIA EDITRICE
FIRENZE

Mormino, Gianfranco

Penetralia motus : la fondazione relativistica
della meccanica in Christiaan Huygens,
con l'edizione del "Codex Hugeniorum 7A".
(Pubblicazioni della Facoltà di lettere
e filosofia dell'Università di Milano ; 153.

Sezione a cura del Dipartimento
di Filosofia ; 21). –

ISBN 88-221-1374-8

1. Huygens, Christiaan I. Tit.
531.092

Proprietà letteraria riservata

Printed in Italy

© Copyright 1993 by « La Nuova Italia » Editrice, Firenze

1ª edizione: dicembre 1993

INDICE

Introduzione	p. 1
Parte prima	
PRIMO CAPITOLO	
<i>Il principio di influenza del moto comune</i>	9
SECONDO CAPITOLO	
<i>Relatività e rotazione assoluta</i>	43
TERZO CAPITOLO	
<i>Una nuova teoria del moto</i>	66
Parte seconda	
Premessa all'edizione del <i>Codex Hugeniorum 7A</i>	105
<i>Codex Hugeniorum 7A</i>	117
Frammento 1	118
Frammento 2	136
Frammento 3	146
Frammento 4	156
Frammento 5	168
Frammento 6	180
Frammento 7	196
Frammento 8	220
Frammento 9	236
Frammento 10	246
Frammento 11	254
Frammento 12	278
Frammento 13	284
Frammento 14	292
Frammento 15	294
Frammento 16	318
Appendice I	322
Appendice II	324
Bibliografia	329
Indice dei nomi	353

INTRODUZIONE

La scarsità di studi intorno all'opera di Christiaan Huygens è motivo di perplessità per chi si interessa alla storia della filosofia naturale secentesca; il numero dei volumi espressamente dedicati al pensatore olandese dopo il 1950, anno nel quale si compì l'edizione delle *Oeuvres complètes* iniziata oltre sessant'anni prima dalla Società Olandese delle Scienze di Haarlem, a tutt'oggi raggiunge infatti appena la diecina, includendo anche dissertazioni accademiche e raccolte miscellanee. Nei convegni svoltisi in occasione del 350° anniversario della nascita gli storici si sono interrogati intorno ai motivi di questo relativo disinteresse, che appare tanto più sorprendente se si pensa all'ampiezza del materiale documentario disponibile ed al comune giudizio critico, che considera le opere di questo autore tra le più rilevanti del tempo e tali anzi da costituire il necessario collegamento tra l'età di Galileo e Descartes e quella di Leibniz e Newton. È indubbiamente possibile che all'origine di questo fenomeno si trovino ragioni estrinseche all'opera huygensiana in sé considerata, come ad esempio l'effetto paralizzante, del quale parla A. Rupert Hall, prodotto dalle centinaia di pagine di note e commenti proposte nell'edizione nazionale, che sembrano contenere tutto quanto è possibile dire su Huygens, oppure la difficoltà per un singolo studioso ad addentrarsi in un complesso di scritti tanto vari e pure tanto specializzati; è però mia opinione che Huygens continui a soffrire in sede storiografica di un fraintendimento di fondo riguardo al genere nel quale collocare la sua opera e che la sua figura di pensatore non sia ancora stata definita in modo pienamente soddisfacente da alcuno degli studi globali a lui dedicati.

Il principale nodo irrisolto della storiografia huygensiana resta quello concernente le strutture filosofiche che sorreggono il complesso delle sue

indagini scientifiche. Da un lato, infatti, la comune immagine di Huygens come scienziato puro, dedito alla sola raccolta ed analisi di fatti ed alieno da preoccupazioni metafisiche, ha contribuito a svalutarne l'importanza rispetto ai contemporanei più esplicitamente impegnati nella ricerca filosofica strettamente intesa ed a promuovere una lettura della sua opera di carattere più valutativo che storico-filosofico; della sua produzione si è così finito spesso per considerare prevalentemente i risultati "ancora validi" in circoscritti ambiti di ricerca o le singolari anticipazioni, non difficili a trovarsi per chi ne vada in cerca, di sviluppi teorici in realtà assai lontani. Ad esiti non molto più felici, dall'altro lato, ha condotto anche l'unica tesi storico-filosofica realmente diffusasi circa il suo pensiero, ossia quella dell'appartenenza al cartesianesimo scientifico, sia pure eterodosso; la connotazione negativa abitualmente implicita in tale giudizio (sostenuto con convinzione da studiosi quali Koyré e Westfall) ha infatti portato a vedere in Huygens un "Newton mancato", un genio matematico arrestatosi, a causa del retaggio della filosofia cartesiana, proprio sulla soglia della moderna scienza della natura. A questa interpretazione, secondo la quale bisognerebbe separare un Huygens cartesiano, dunque legato ai pregiudizi di una filosofia naturale invecchiata precocemente, da un Huygens impegnato in una moderna e "positiva" analisi matematica del mondo fisico, non se ne è tuttavia ancora sostituita alcuna altrettanto complessiva; si è così semplicemente concluso che il pensiero huygensiano, per intrinseca limitatezza o per scelta, manca di fondazione filosofica (si pensi all'assenza del Nostro dal novero degli autori attualmente oggetto di rivalutazione da parte degli storici della filosofia olandese). Alcuni aspetti della sua vicenda umana, quali soprattutto l'incredulità circa l'immortalità dell'anima emersa nei momenti più dolorosi della malattia e l'amicizia con alcuni *esprits forts* della Parigi degli anni '60 e '70, hanno indotto qualche studioso a scorgere una venatura libertina in questo pensatore cosmopolita, « cet authentique libertin dont les biographes hollandais ont essayé pieusement de masquer le visage » (Paul Vernière, *Spinoza et la pensée française avant la révolution*, Presses Universitaires de France, Paris 1954, p. 96); tale ipotesi, indubbiamente suggestiva, è stata in seguito corroborata da Elzinga, che ha richiamato l'attenzione sulle note di lettura huygensiane ad opere di François de la Mothe le Vayer (cfr. Aant Elzinga, *Christiaan Huygens' Theory of Research*, in « Janus », LXVII (1980), pp. 297-298). Ma se è vero che, giunto a Parigi, Huygens « hante les cercles libertins et il est hanté par leurs problèmes » (Henri Busson, *La religion des classiques 1660-1685*, Presses Universitaires de France, Paris 1948, p. 118) e discute dell'*âme corporelle* con

l'amico Adrien Auzout, è indubbio anche che questa inclinazione intellettuale trova solo a fatica qualche riscontro nell'analisi della produzione scientifica huygensiana, della quale non pare potersi ergere a chiave di lettura privilegiata. Per la medesima ragione nemmeno le esplicite dichiarazioni di eclettismo, che pure si trovano in talune lettere di Huygens, paiono sufficienti a definire in modo soddisfacente la sua collocazione nell'ambito delle correnti di pensiero del Seicento. Egli continua così ad apparire un'eccezione, un risolutore di problemi avulso dal dibattito filosofico e metodologico che si svolgeva intorno a lui. Una parte di responsabilità nel formarsi di questa *communis opinio* l'ha forse il modello di scrittura scientifica dei grandi trattati huygensiani, rigoroso e conciso, che assai di rado lascia trasparire il travaglio dell'elaborazione, le difficoltà incontrate e risolte (o anche soltanto rimosse) ed in generale tutte quelle false piste che, come osserva Gabbey, attraggono invincibilmente gli storici; l'occultamento delle motivazioni e dei percorsi della ricerca è il frutto, in Huygens, della consapevole adesione ad un ben definito ideale di trattazione scientifica in virtù del quale, scavalcando l'abborrita filosofia delle scuole e tutto l'*impertinent fatras* delle dispute accademiche, egli mira a riallacciarsi direttamente alla grande tradizione matematica dell'antichità. Questo riserbo si riscontra però principalmente negli scritti pubblicati o redatti in vista di una pubblicazione; il copioso materiale inedito venuto alla luce con le *Oeuvres complètes* ha invece, al di là del suo valore intrinseco, il merito di rivelare un autore assai meno indifferente alle problematiche filosofiche sottostanti ai problemi fisici e matematici trattati e smentisce l'improbabile eccezione di uno scienziato "positivista" nell'età di Pascal, Newton e Leibniz. Negli appunti, nelle note di lettura e negli abbozzi preparatori Huygens affronta con una certa libertà quei problemi fondativi e di metodo che passano di solito sotto silenzio nei testi dati alle stampe ed entra con passione in discussioni critiche sul pensiero dei suoi contemporanei; l'esame di questo materiale consente dunque di gettare luce sulle sue opinioni riguardo a quei temi di ordine filosofico che, proprio in quanto scienziato, egli non poteva non incontrare.

Da alcuni anni si assiste finalmente ad un rinnovato approfondimento della ricerca testuale, che era stata frettolosamente data per conclusa con l'ultimo, corposissimo volume dell'edizione nazionale olandese: brevi *marginalia* e note di lettura sono state portate alla luce da Heinz-Jürgen Hess, Alan Gabbey ha attirato l'attenzione su una prima versione della quarta parte dell'*Horologium Oscillatorium*, Hendrik F. Cohen ha trascritto un brevissimo appunto di teoria della musica, Jan A. van Maanen la

dimostrazione huygensiana di un teorema di Hendrick van Heuraet e ultimamente, insieme a Rienk H. Vermij, ha curato l'edizione di una lettera a David Gregory del 1694. Assai più radicalmente Joella G. Yoder ha evidenziato la necessità di un complessivo riordinamento del materiale delle *Oeuvres complètes* ed intrapreso il difficile compito di catalogare l'intero lascito manoscritto; la stessa studiosa, con il suo recente studio incentrato sulla teoria matematico-fisica che sorregge l'*Horologium Oscillatorium*, ha dato un saggio della grande ricchezza di temi ancora sepolta nell'opera di Huygens ed indicato la fecondità di un approccio storico-filologico al suo pensiero.

La giustificazione più valida del presente lavoro è appunto data dalla opportunità di far conoscere un consistente gruppo di scritti huygensiani ancora in gran parte inediti, ossia gli appunti intorno alla natura del movimento redatti quasi interamente dopo l'apparizione dei *Principia* newtoniani. Rimasti del tutto inesplorati fino agli inizi del '900, questi fogli sciolti furono raccolti dai curatori dell'edizione nazionale in un unico *portefeuille* (l'attuale *Codex Hugeniorum 7A* della Biblioteca Universitaria di Leida) in considerazione del comune periodo di stesura e dell'affinità degli argomenti affrontati; soltanto un terzo di essi, o poco più, fu tuttavia pubblicato nelle *Oeuvres complètes*, e con criteri di selezione e resa del testo non più condivisibili. Ad indurmi a proporre l'edizione integrale e critica di questi fogli manoscritti sono stati principalmente tre motivi: il primo, e più ovvio, è la consapevolezza che l'arricchimento della conoscenza testuale di un autore quale Huygens costituisce di per sé un progresso per la storia del pensiero, più di qualsiasi nuovo saggio critico. In secondo luogo l'esame di queste pagine rivela significativi motivi teorici, ignorati nei saggi finora apparsi, che modificano in misura non irrilevante i termini di un tema pure tra i più studiati della filosofia naturale tra '600 e '700. In terzo luogo, la questione della natura del movimento, proprio per il suo muoversi al confine tra scienza e filosofia, si presta più di altre a mostrare la grande apertura intellettuale di Huygens e la sua attenzione per i fondamenti della filosofia naturale, oltre che per le sue diverse ramificazioni; il fatto che la sua riflessione su questo tema si sia articolata per oltre un quarantennio, dal 1652 al 1694, offre inoltre l'occasione di osservare l'intero arco delle posizioni huygensiane, dal precoce abbandono dell'ortodossia cartesiana all'instaurarsi dei complessi rapporti con Leibniz e Newton.

L'interesse di Huygens per la discussione intorno alla natura relativa od assoluta del moto e della quiete sorge con l'esame dell'urto e si rafforza poi in occasione delle ricerche sulla forza centrifuga e la causa della gravità;

negli ultimi anni, trascorsi in solitudine tra l'Aja e la residenza di campagna dello Hofwijck a Voorburg e caratterizzati in generale da una maggiore attenzione per argomenti "extramatematici" (si pensi alle *verisimiles conjecturae* del *Cosmotheoros* sugli altri mondi e la natura dei loro abitanti o alle meditazioni sulla gloria e la morte che fanno seguito agli appunti *De rationi impervijs*), egli ritorna ad occuparsene intensamente, sia per la sfida implicita nell'opera newtoniana sia per un interno bisogno di chiarezza. Uno dei maggiori motivi di interesse offerto da queste pagine è l'emergere della natura *hyperphysica* del tema della relatività che, sorto in stretta connessione con problemi scientifici ben delimitati e dotato inizialmente di un forte valore euristico, si trasforma negli ultimi anni in pietra di paragone dell'intelligibilità dei fondamenti della meccanica. La nuova teoria del moto non viene dunque formalizzata da Huygens in una struttura assiomatico-deduttiva; dal dirimersi della controversia egli non si attende immediate ricadute operative sull'attività scientifica corrente bensì la conferma della validità del proprio approccio radicalmente meccanicistico alla filosofia naturale, ferma restando la sua sostanziale identità di vedute con Newton riguardo alle leggi della meccanica propriamente intesa. Pur registrando l'insuccesso storico della sua impresa, determinato anche dalla mancata divulgazione delle sue riflessioni, si deve notare come le difficoltà sollevate da Huygens circa la nozione di moto assoluto fossero effettivamente indecidibili sul piano della meccanica, come è dimostrato dal fatto che la sistematizzazione e lo sviluppo di questa disciplina nel '700 e nell'800 avvennero nel quasi generale oblio di tale problema, al quale (almeno fino a Mach) venne data una soluzione puramente formale.

La presente ricerca non si propone dunque di dimostrare l'esistenza di un improbabile sistema filosofico del pensatore olandese (che, secondo il celebre giudizio di Leibniz, « n'avoit point de goust pour la Metaphysique »), quanto piuttosto di evidenziare, da un punto di vista a tal fine particolarmente favorevole, la sua attiva presenza nel dibattito filosofico-scientifico della seconda metà del '600; è solo in virtù di una consapevole scelta filosofica di fondo, quale è appunto quella meccanicistica, che Huygens è in grado di tracciare una linea di demarcazione tra scienza e chimera e di definire così implicitamente il modello di razionalità al quale deve conformarsi l'indagine sul mondo. Negare a Huygens questa valenza equivale a porlo in un campo diverso da quello di Leibniz e Newton, che furono invece i suoi interlocutori naturali.

Al termine del lavoro desidero ringraziare il prof. Enrico I. Rambaldi,

al quale devo l'intera mia formazione storico-filosofica ed il costante incoraggiamento ad una ricerca autonoma. La mia sincera gratitudine va inoltre al prof. Giovanni Orlandi ed al dott. Guido Canziani, che mi hanno consigliato intorno ai problemi dell'edizione del manoscritto, ed al dott. Mario Stefanoni, che mi ha fornito un prezioso aiuto nella traduzione dei frammenti latini; di grande utilità sono state anche le osservazioni della dott. Joella G. Yoder, delle quali si troverà cenno soprattutto nella premessa all'edizione.

Il *Codex Hugueniorum* 7A e gli altri estratti da codici huguensi sono pubblicati con l'autorizzazione della Biblioteca dell'Università di Leida, presso la quale ho potuto godere delle migliori condizioni per lo svolgimento della ricerca; ringrazio infine il responsabile delle collezioni speciali della University Library di Edimburgo e la direzione del Leibniz-Archiv di Hannover per avermi messo a disposizione manoscritti inediti rispettivamente di David Gregory e Leibniz.

PARTE PRIMA

CAPITOLO PRIMO

IL PRINCIPIO DI ININFLUENZA DEL MOTO COMUNE

Nell'evoluzione del giudizio di Huygens intorno alla natura relativa od assoluta del movimento vengono abitualmente individuate tre fasi ben distinte¹, la periodizzazione delle quali non obbedisce a criteri biografici né pare valere per altri aspetti del pensiero dell'olandese: la prima, situabile tra il 1652 e il 1669 circa, è caratterizzata da un orientamento relativista, fatto spesso risalire all'influenza cartesiana, che si manifesta con evidenza nel metodo impiegato per dimostrare le nuove regole dell'urto. In seguito Huygens passa ad esaminare il moto circolare, nel quale il manifestarsi di una forza di allontanamento dal centro pare fornire l'indizio certo della presenza di un moto non solo relativo e permettere l'individuazione del corpo *realmente* ruotante; egli corregge dunque la propria posizione e mantiene fino a poco oltre il 1687 il convincimento che il solo moto rettilineo abbia natura relativa. Dopo la lettura dei *Principia* newtoniani, editi in quell'anno ed immediatamente ricevuti e studiati, Huygens ritorna inaspettatamente ad un assunto radicalmente relativistico, testimoniato dalle lettere a Leibniz del 1694 e dagli appunti ora raccolti nel *Codex Hugeniorum* 7A². Nonostante alcuni di questi giudizi storiografici debbano a mio

¹ Si vedano ad esempio Martial Gueroult, *Leibniz. Dynamique et métaphysique, suivi d'une note sur le principe de la moindre action chez Maupertuis*, Aubier-Montaigne, Paris 1967, pp. 103-105 (si tratta della ristampa, con il solo mutamento del titolo e l'aggiunta di una nota finale, di *Dynamique et métaphysique leibniziennes* [...], Les Belles Lettres, Paris 1934) e René Dugas, *Sur le cartésianisme de Huygens*, in « Revue d'histoire des sciences », VII (1954), pp. 24-28.

² Nel presente studio si fa riferimento in primo luogo all'edizione nazionale olandese (*Oeuvres complètes de Christiaan Huygens*, a cura della Société Hollandaise des Sciences, Martinus Nijhoff, La Haye 1888-1950, 22 voll. in 23 tomi), che verrà indicata semplicemente con la sigla OC. I passi tratti da opere non pubblicate durante la vita di

parere essere riconsiderati, lo schema cronologico esposto, che trova sostegno in alcune affermazioni dello stesso Huygens, mi sembra sostanzialmente esatto e verrà pertanto rispettato nella partizione in tre capitoli del presente studio; prima di entrare nel merito della questione, però, è opportuno soffermarsi sulla nozione di relativismo chiamata in causa, che non mi sembra si lasci ricondurre con facilità ad una posizione teorica univoca.

§ 1. L'area di significato connessa nella storia della filosofia naturale all'espressione "relatività del movimento" è ovviamente molto estesa ed anche a volersi limitare, come è il caso in queste pagine, alle concezioni che potevano ragionevolmente presentarsi nella seconda metà del Seicento, si corre il rischio di comprendere sotto un'unica denominazione posizioni non immediatamente sovrapponibili: negli scritti della prima fase sopra delineata sono così presenti due ordini di considerazioni, entrambi riconducibili ad un'interpretazione del movimento in senso lato relativistica, che vanno però rigorosamente distinti in quanto appartenenti a differenti livelli teorici e rielaborati da Huygens a partire da fonti diverse. I primi testi che intendo prendere in esame a questo proposito sono alcuni appunti degli anni 1652-1656 dedicati all'analisi dell'urto diretto fra corpi duri³; sin dalle

Huygens sono tuttavia stati confrontati con i manoscritti e, dove necessario, corretti; in nota verrà aggiunto, tra parentesi quadre, il riferimento al manoscritto. I codici conservati presso il fondo huygensiano della Biblioteca dell'Università di Leida, dai quali sono tratte anche le citazioni di numerosi passi inediti, verranno indicati con la sigla *Hug.* ed il numero imposto nell'ultima catalogazione; per il *Codex Hugeniorum* 7A si fa ovviamente riferimento all'edizione critica proposta nella seconda parte dello studio.

³ Gli scritti huygensiani sull'urto, al pari di quelli sulla forza centrifuga, hanno una storia piuttosto complicata e, a tutt'oggi, non ancora pienamente definita; data la sostanziale inattendibilità delle ricostruzioni finora operate, ed in attesa dei chiarimenti che potrebbe offrire il registro dei manoscritti annunciato da Joella G. Yoder (cfr. *infra*, p. 105n), ritengo opportuno esporre qui per sommi capi le vicende relative alla costituzione del testo comunemente noto come *De Motu Corporum ex Percussione*. Nonostante gli appunti e le lettere dimostrino che Huygens possedeva l'intera teoria già intorno alla metà degli anni '50, durante la sua vita egli non pubblicò che poche proposizioni, stese con una certa riluttanza per esaudire le richieste di corrispondenti venuti a conoscenza, in via privata, dei grandi progressi da lui compiuti in tale campo. Nel 1656, dopo quattro anni di ricerche, Huygens scrive a Roberval: « J'ay achevè mon petit ouvrage depuis peu de jours » (Christiaan Huygens a Gilles Personne de Roberval, 20 luglio 1656, in OC, I, p. 457). Quattordici anni dopo, però, l'amico inglese Francis Vernon testimonia che Huygens, credendosi in punto di morte, gli aveva affidato delle carte contenenti « some propositions about motion rough cast & in their first draught & on the Paper which wraps them up is written on the outside de Motu per impulsum » (Francis Vernon a Henry Oldenburg, 25 febbraio 1670, in OC, VII, p. 11); la dichiarazione è senz'altro degna di fede, anche perché esistono tuttora due fogli autografi nei quali

prime pagine il ventitreenne Huygens, per il quale il moto della Terra è un'ovvia verità⁴, introduce il caso di una collisione tra corpi situati in uno spazio mosso e si chiede come verrebbe giudicato il fenomeno da parte di osservatori anch'essi in movimento:

« Iis qui in navi sunt quae progreditur, corporum sibi in navi occurrentium motus non alius apparet quam si navis immota staret, vel ipsi una cum ijs extra navem essent. Idem de motu terrae »⁵.

Huygens designa l'argomento degli *adversaria* circa l'urto con il titolo *De motu per impulsum* [Hug. 26A, f. 6r e f. 7r], espressione che si ritrova anche in Hug. 10, f. 80v. Nel testamento, redatto nel 1695, Huygens incarica infine Burchard de Volder e Bernhard Fullenius di occuparsi dell'edizione di alcuni trattati che aveva « onder handen » (Christiaan Huygens, *Testament*, in OC, XXII, p. 775); tra essi nomina uno scritto dal titolo « Leges percussiois in Occursu corporum » (*ibi*, p. 776). Otto anni dopo la morte, con la curatela dei due professori nominati da Huygens, apparve il volume *Christiani Hugenii Zelemii, dum viveret, Toparchae Opuscula postuma, quae continent Dioptricam. Commentarios de vitris figurandis. Dissertationem de corona & parbeliis. Tractatum de motu. [Tractatum] de vi centrifuga. Descriptionem automati planetarii* (Lugduni Batavorum, Apud Cornelium Boutesteyn, 1703), che contiene, alle pp. 367-398, un trattato sull'urto dal titolo *De Motu Corporum ex Percussione*. Questo testo, ripreso fedelmente dagli editori dell'edizione nazionale olandese e pubblicato nel 1929 alle pp. 29-91 del volume XVI con una pregevole traduzione francese a fronte di Johannes Bosscha, si fonda su un manoscritto intitolato *De motu corporum ex percussione demonstrationes* (Hug. 26A, ff. 91-108), assai ordinato e nitido, che non è opera della mano di Huygens; esso contiene tuttavia aggiunte e correzioni autografe che consentono di ritenerlo conforme alle intenzioni dell'autore *in un certo momento*, non però di affermare con sicurezza che esso rispecchi l'elaborazione definitiva della materia. Il *Codex Hugeniorum* 26A di Leida comprende, oltre a questa copia, numerosissimi fogli autografi (parzialmente editi in appendice al *De Motu Corporum* nell'edizione nazionale), che testimoniano le varie fasi di elaborazione della teoria e tra i quali sono rintracciabili anche le parti utilizzate dall'ignoto copista.

⁴ L'ininfluenza del moto terrestre sui fenomeni intorno a noi è da Huygens considerata un fatto acquisito; la cosmologia copernicana è per lui certa quanto la fisica che l'ha giustificata e può servire come base per nuove elaborazioni teoriche. Secondo la D'Elia Huygens assume l'ipotesi copernicana come vera descrizione del mondo ed adotta soltanto principi fisici compatibili con essa; cfr. Alfonsina D'Elia, *Christiaan Huygens. Una biografia intellettuale*, Franco Angeli, Milano 1985, p. 10.

⁵ Christiaan Huygens, *De Motu Corporum ex Percussione*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 95 [Hug. 26A, f. 9v]. Per uno sguardo generale sulla meccanica dell'urto huygensiana cfr. Richard S. Westfall, *Force in Newton's Physics. The Science of Dynamics in the Seventeenth Century*, Neale Watson, New York 1971, trad. it. Il Mulino, Bologna 1982, pp. 190-205; Christopher B. Burch, *Christiaan Huygens: the Development of a Scientific Research Program in the Foundations of Mechanics*, University Microfilms International, Ann Arbor (Michigan) 1985, soprattutto le pp. 30-61; Eduard J. Dijksterhuis, *De Mechanisering van het Wereldbeeld*, Meulenhoff, Amsterdam 1950¹, trad. it. Feltrinelli, Milano 1971, pp. 500-504; Arthur E. Bell, *Christiaan Huygens and the Development of Science in the Seventeenth Century*, Edward Arnold, London 1947, pp. 109-

La generalizzazione di questa osservazione (in sé nulla più di un luogo comune della pubblicistica copernicana) dà luogo ad un principio, che denominerò d'ora in poi "principio d'ininfluenza del moto comune", secondo il quale ogni eventuale spostamento rettilineo ed uniforme, che sia proprio ad entrambi i corpi collidenti, non altera l'esito della riflessione:

« Si in navigio quod aequabili motu provehatur, respectu partium ipsius navigij corpora duo ex adverso moveantur atque invicem sibi occurrant, certum est post impulsum perinde sese habere debere utriusque motum respectu ejusdem navigij ac si eadem omnia in quiescente peracta fuissent »⁶.

La validità della proposizione viene giustificata in primo luogo dalla considerazione che la *vis collisionis* dipende unicamente dalla velocità reciproca dei due corpi (oltre che dalle loro grandezze, naturalmente), la quale non muta se si aggiunge o si sottrae ad entrambi un grado eguale di velocità; si tratta dunque di un principio di natura meccanica, passibile senza difficoltà di verifica sperimentale, che attesta l'invarianza degli effetti dell'urto rispetto alle singole velocità dei corpi collidenti. In questo senso è indubbiamente legittimo vedere in questa proposizione un atteggiamento relativistico⁷, in quanto essa implica che l'unica velocità che si debba conoscere per determinare l'esito dell'urto è quella dei due corpi *l'uno rispetto all'altro*, mentre del tutto irrilevante è stabilire come essa sia distribuita fra di loro; ciò non comporta tuttavia alcuna analisi della nozione di movimento ma riguarda piuttosto la forza dell'urto, della quale viene stabilita l'invariabilità in differenti sistemi di riferimento. Una definizione del moto in sé non ha qui alcun motivo di essere, per Huygens, perché esso è semplicemente identificato con la velocità⁸, grandezza definibile a prescindere da considerazioni sulla natura del moto.

116; Johannes Mac Lean, *De historische ontwikkeling der stootwetten van Aristoteles tot Huygens*, Vrije Universiteit, Amsterdam 1959, pp. 63-67; A. Rupert Hall, *Mechanics and the Royal Society, 1668-1670*, in « The British Journal for the History of Science », III (1966), pp. 27-38.

⁶ Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 103 [*Hug.* 26A, f. 13v].

⁷ I curatori delle *Oeuvres complètes*, ad esempio, lo definiscono "principio di relatività huygensiano" (OC, XVI, p. 27), intendendo così distinguerlo, in virtù del suo valore euristico, da analoghe concezioni affermatesi durante il dibattito sul moto della Terra.

⁸ « Semper [...] celeritas mihi idem est quod motus » (Christiaan Huygens a René F. de Sluse, 7 dicembre 1657, in OC, II, p. 93).

A partire almeno dal 1654, tuttavia, l'interesse di Huygens si estende ad una questione più generale, di natura fondativa rispetto al principio d'ininfluenza: è cioè possibile definire il moto e la quiete indipendentemente dalla relazione tra (almeno due) corpi? Huygens ritiene di no e motiva in primo luogo la risposta con il fornire la propria definizione di questi concetti:

« Quod [...] movetur aliorum corporum respectu moveri intelligitur quibuscum distantiam situmve commutat. Itemque quod quiescit eorum respectu quiescere quibuscum distantiam situmque servat eundem »⁹.

Lo stato di un corpo non può dunque essere definito che in rapporto a quello di un altro:

« Si quis naturam motus in uno corpore absque aliorum respectu investigare contendat operam se ludere inveniet »¹⁰.

La possibilità di giudicare di tutti i moti in relazione ad un riferimento unico dipenderà perciò dalla natura stessa del mondo fisico, a seconda che in esso si dia o meno un corpo, o un punto, che possieda qualche peculiarità per la quale gli si possa attribuire una condizione privilegiata di quiete; ma ciò, per Huygens, è impossibile:

« Neque enim corpus aliquod aut punctum in universo ostendi potest ad quod omnium reliquorum motus referri necesse sit »¹¹.

È evidente che ci si trova qui di fronte ad un'interpretazione filosofica del moto e della quiete, dei quali viene predicata la natura relativa in base a considerazioni di carattere cosmologico; quest'ultimo aspetto emergerà ancor più chiaramente in alcuni appunti successivi, nei quali Huygens addurrà l'infinità dell'universo, e quindi l'assenza in esso di riferimenti singolari quali un centro o una circonferenza estrema, come argomento fondamentale a sostegno di quello che, assai più propriamente del principio d'ininfluenza del moto comune, può essere definito "principio di relatività". Mentre quello consente a Huygens di disinteressarsi, nello studio della riflessione, del vero movimento di un corpo, il principio di relatività esclude infatti che un tale concetto sia anche solo immaginabile.

Che la fonte alla quale Huygens si ispira nella formulazione del principio d'ininfluenza sia il *Dialogo* di Galileo, da lui conosciuto nella tradu-

⁹ Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 103 [Hug. 26A, f. 13v].

¹⁰ *Ibid.*

¹¹ *Ibid.*

zione latina pubblicata dagli Elzeviri nel 1635¹², pare fuori dubbio. Si è visto come, sin dalla prima apparizione, esso sia accompagnato da un richiamo al motivo della nave¹³, da Huygens in seguito costantemente ripreso; nelle esperienze sul « gran navilio », immaginate da Galileo nella “Giornata Seconda” dell’opera, Huygens poteva trovare la giustificazione dell’enunciato che intendeva porre come assioma nel trattato sull’urto:

« Ut recte Gal. refert et distillantis aquae guttae in vas subjectum recta decidunt et projicienti quidpiam a puppi ad proram non majori nisu opus est licet effugere navis videri possit, quam si contra a prora ad pup-

¹² *Systema Cosmicum, Authore Galilaeo Galilaei Lynceo, Academiae Pisanae Mathematico extraordinario, Serenissimi Magni-Ducis Hetruriae Philosopho et Mathematico Primario: In quo Quatuor Dialogis, De Duobus Maximis Mundi Systematibus, Ptolemaico & Copernicano, Utriusque rationibus Philosophicis ac Naturalibus indefinite propositis, disseritur. Ex Italica Lingua Latine conversum. Accessit Appendix gemina, qua SS. Scripturae dicta cum Terrae mobilitate conciliantur.* Augustae Trebo[c] [sic]. Impensis Elzeviriorum, Typis Davidis Hautii. Anno 1635. Sulla derivazione da Galileo del principio d’ininfluenza cfr. Alan Gabbey, *Huygens and Mechanics*, in Aa.Vv., *Studies on Christiaan Huygens*. Invited papers from the Symposium on the Life and Work of Christiaan Huygens, Amsterdam, 22-25 August 1979, a cura di Hendrik J.M. Bos *et al.*, Swets & Zeitlinger, Lisse 1980, pp. 177-181, dove viene tra l’altro sottolineata molto bene, almeno per quanto riguarda la prima fase dell’elaborazione huygensiana, la natura dinamica e non meramente cinematica del principio.

¹³ Tra le numerosissime fonti possibili del tema della nave in Huygens vi è anche Philip Lansbergen, il celebre astronomo fiammingo le cui opere erano state consigliate al giovane Christiaan come propedeutiche ai grandi classici dell’astronomia (cfr. Jan J. Stampioen a Christiaan Huygens, 1645, in OC, I, p. 8); nelle *Bedenckingen*, edite prima del *Dialogo* galileiano ed immediatamente tradotte in latino da Maarten van den Hove, egli afferma tra l’altro: « Fac aliquem intra foros, pondus ad carinam Navis demittere; id quidem cum Navi in *Oriente* feretur, sed non extra suum perpendiculum: quia *Navis, Aer & pondus*, uno eodemque motu concita, eundem inter se situm retinent » (*Philippi Lansbergii: Commentationes in motum Terrae Diurnum, & Annuum; et in verum adspectabilis Caeli typum. In quibus ἐπισημονικῶς ostenditur, Diurnum, Annuumque Motum, qui apparet in Sole, & Caelo, non deberi Soli, aut Caelo, sed soli Terrae; Simulque Adspectabilis Primi Coeli Typus, ad vivum exprimitur. Ex Belgico Sermone in Latinum versae, a Martino Hortensio Delsensi: una cum ipsius Praefatione, in qua Astronomiae Brabaeanae Fundamenta examinantur; & cum Lansbergiana Astronomiae Restitutione conferuntur.* Middelburgi, Apud Zachariam Romanum, 1630, p. 10). Degno di nota è il fatto che il figlio di Philip, Jacob Lansbergen, usi il termine « systema » per indicare un insieme di corpi mossi di moto comune; cfr. *Iacobi Lansbergi Medicinae Doctoris Apologia, pro Commentationibus Philippi Lansbergii in Motum Terrae Diurnum & Annuum: Adversus Libertum Fromondum Theologum Lovaniensem; & Joan. Baptistam Morinum, Doct. Med. & Parisiis Mathematicum Professore Regium.* Middelburgi Zelandiae, Apud Zachariam Romanum. 1633, p. 28. Sui Lansbergen cfr. Reyer Hooykaas, *The Reception of Copernicanism in England and the Netherlands*, in Aa.Vv., *The Anglo-Dutch Contribution to the Civilization of Early Modern Society*. An Anglo-Netherlands Symposium. London, 27 and 28 June 1974 [...], Oxford University Press, Oxford 1976, pp. 39-41.

pim projiciatur, et in quamcunque partem subsiliendo aequalia spatia conficimus »¹⁴.

Galileo non si era però limitato a mostrare la conformità del principio all'esperienza ma lo aveva anche dimostrato a partire da principi certissimi, quali quello di inerzia (o, meglio, di indefinita persistenza del moto non acclive né declive) e quello della composizione dei moti; ed è proprio in base ai medesimi argomenti che anche Huygens lo fa proprio, come appare da un passo inedito risalente forse al 1654. Dopo aver esposto il principio, egli scrive: « Haec quidem prolixius a Galileo in Systemate Mundi explicata sunt, et ratione confirmata »¹⁵; di quale fosse l'argomento razionale al quale Huygens accenna, è testimone la prima versione del passo:

« Haec quidem prolixius a Galileo in Systemate Mundi explicata sunt, ratioque addita, quia nimirum navigij motus rebus omnibus in eo contentis communis est; ita manifestum est globulum plumbeum dum adhuc in summitate mali detineretur pari celeritate cum tota navi inque eandem partem motum fuisse; unde cadens adhuc eundem motum continuat, etsi alio praeterea motu deorsum feratur, describetque respectu in ripa consistentium parabolam in aere; eadem plane ratione atque cum in plana mensae superficie volutatus ubi ad extremum marginem pervenit non recta deorsum tendit sed simili curva linea necessario ad terram prolabitur »¹⁶.

In riferimento al principio d'ininfluenza del moto comune compare negli appunti huygensiani anche il nome di Gassendi, oltre a quello ben più frequente di Galileo; in un passo del 1654, successivamente espunto, Huygens attribuisce anche al filosofo francese la paternità della proposizione in questione:

« Pridem hoc a Galileo animadversum fuit et a P. Gassendo &c., quod si id corpus cui insistimus transferatur motus omnes nostri, rerum-

¹⁴ Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice II", in OC, XVI, p. 141 [Hug. 26A, f. 41r]. Già dal 1646 Huygens conosce anche i *Discorsi e dimostrazioni*, pubblicati 8 anni prima proprio a Leida, e ne elogia la teoria del moto accelerato, « quae [...] subtilissima est et Mathematicis quodammodo principiis innititur » (Christiaan Huygens, *De motu naturaliter accelerato*, in OC, XI, pp. 69-70 [Hug. 17, f. 51r]).

¹⁵ Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 106 [Hug. 26A, f. 19r].

¹⁶ Hug. 26A, f. 19r [è opportuno far qui notare come negli appunti latini di Huygens si incontrino di frequente concordanze grammaticali a senso, probabilmente dovute alla fretta]. Poco prima egli aveva affermato che il principio d'ininfluenza « pendet [...] ex eo quod circa compositum motum a pluribus animadversum fuit » (Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 106 [Hug. 26A, f. 18v]).

que a nobis motarum perinde fiunt apparentque ac si illud quiesceret »¹⁷.

La citazione di Gassendi, non riportata nelle *Oeuvres complètes*, aggiunge qualcosa a quanto già si sa sulle fonti di Huygens; appare indubbio che egli, che nel 1654 non conosceva ancora personalmente il filosofo francese¹⁸, si riferisca qui alla prima lettera *De motu impresso a motore translato*, pubblicata a Parigi nel 1642¹⁹. Il grande merito di Huygens, ciò che fa segnare un progresso rispetto a Galileo ed a Gassendi, è l'idea di applicare il principio all'esame dell'urto²⁰. Nel *Dialogo*, infatti, Galileo si limita a dire che i salti, le proiezioni e tutti i moti dei corpi che si trovano sotto coperta²¹ non sono influenzati dal moto della nave ed anche nelle lettere gassendiane l'accento cade sull'ammissibilità del moto terrestre, non sul problema dell'urto; Huygens trasforma invece il principio in un potente strumento dimostrativo che, come si vedrà più avanti, gli permette di confutare la teoria della comunicazione del movimento di Descartes, massima autorità

¹⁷ *Hug.* 26A, f. 13v. Anche nel *Codex* 7A (Frammento 8, nota t alla r. 97) il nome di Gassendi, benché sempre cancellato, compare nuovamente accanto a quello di Galileo in riferimento alla confutazione degli argomenti fisici contro il moto della Terra.

¹⁸ I due si incontreranno solo in occasione del primo viaggio di Huygens a Parigi, nell'estate del 1655; cfr. Christiaan Huygens al padre Constantijn, 6 agosto 1655, in OC, I, p. 342. Gassendi era già gravemente malato e prossimo alla fine ma ebbe ugualmente modo di apprezzare il valore del giovane olandese; cfr. il seguente passo di Chapelain, scritto poco dopo la morte del filosofo francese: « Vous avés perdu un grand admirateur en feu Monsieur Gassendi, qui faisoit desja grand cas de vous et qui eust esté ravy s'il eust veu le progres de vos descouvertes » (Jean Chapelain a Christiaan Huygens, 24 agosto 1656, in OC, I, p. 483).

¹⁹ « Si id corpus, cui insistimus, transferatur, omneis nostros [motus], rerumque a nobis mobilium perinde fieri, apparereque, ac si illud quiesceret » (Pierre Gassendi, *Epistolae tres de motu impresso a motore translato*, in *Petri Gassendi Diniensis Ecclesiae Praepositi, et in Academia Parisiensi Matheseos Regii Professoris Opera Omnia*, Lugduni, Sumptibus Laurentii Anisson, & Ioannis Baptistae Devenet. 1658, ristampa Friedrich Frommann, Stuttgart-Bad Canstatt 1964, III, p. 478). La frase, che riporta un pensiero di Galileo, è tratta dalla lettera scritta nel 1640 a Pierre du Puy ed edita nel 1642 dagli amici di Gassendi con l'approvazione dell'autore.

²⁰ Huygens sa benissimo di essere stato il primo ad applicare tale strumento allo studio della collisione: « Caeterum una etiamnum circa motus naturam praemittenda est consideratio, longe maximi in hisce momenti quam nemo adhuc quod sciam adhibuit » (Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 106 [*Hug.* 26A, f. 18v]). Cfr. anche *Hug.* 7A, Frammento 15, rr. 102 e sgg.

²¹ Cfr. Galileo Galilei, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, in *Le Opere di Galileo Galilei*, a cura di Antonio Favaro, Barbera, Firenze 1890-1909, VII, pp. 212-214.

per chiunque si inoltrasse in quelle ricerche alla metà del secolo, e pervenire alla corretta formulazione delle regole²².

Ho fatto cenno solo ora a Descartes perché, come hanno già rilevato alcuni storici in contrasto con un'interpretazione da tempo invalsa²³, una sua influenza su Huygens nell'elaborazione del "principio della nave" è assai improbabile; non solo Descartes tace sull'ininfluenza del moto comune nella sua trattazione dei principi della meccanica ma, ciò che più conta, nelle regole dell'urto dei *Principia* egli la contraddice palesemente, come Huygens non mancherà di rilevare. Nell'orientarsi di Huygens verso una generale interpretazione relativistica del movimento si può al contrario vedere un influsso delle riflessioni cartesiane sulla necessità di riferire lo stato di un corpo ad altri corpi considerati in quiete; Huygens stesso accredita questa ipotesi, ammettendo di sentirsi debitore delle riflessioni « quae ab Illustri Cartesio de motu tradita sunt in Principijs philos. »²⁴. L'affinità tra le due posizioni non va tuttavia al di là del comune rifiuto a porre l'essenza del moto nel cambiamento di posizione rispetto ad uno spazio in

²² Il Mac Lean (cfr. *op. cit.*, pp. 63-64 e p. 69) ritiene che l'idea di applicare il principio d'ininfluenza al problema della collisione sia mutuata dai *Cogitata* di Mersenne, certamente conosciuti da Huygens, e cita a conferma un passo dalla Proposizione XXXIII di quest'opera. In quel contesto, tuttavia, non si fa questione dell'urto in sé ma si considera soltanto il moto da esso prodotto e se ne argomenta il carattere relativo secondo considerazioni puramente ottico-geometriche, che non sono certo sufficienti per stabilire che la *vis collisionis* non viene alterata dallo spostamento comune ai corpi collidenti; cfr. F. Marini Mersenni *Minimi Cogitata Physico-Mathematica. In quibus tam naturae quam artis effectus admirandi certissimis demonstrationibus explicantur*. Parisiis, Sumptibus Antonii Bertier, 1644, pp. 117-118. La Proposizione I del *De Motu Corporum ex Percussione*, che attesta l'acquisizione di tutto il moto del corpo urtante da parte di un corpo eguale in quiete, si trova già, sia pure frammista a numerose regole false, nel *Tractatus physicus de motu locali, in quo effectus omnes, qui ad impetum, Motum naturalem, violentum, & mixtum pertinent, explicantur, & ex principiis Physicis demonstrantur*. Auctore Petro Mousnerio Doctore Medico: cuncta excerpta Ex praelectionibus R.P. Honorati Fabri, Societatis Iesu. Lugduni, Apud Ioannem Champion. 1646, alle pp. 37-38; a Fabri, nominato anche nel *Codex 7A* proprio per le sue ricerche sull'urto, si riferisce forse Huygens quando, a proposito del caso della sesta regola cartesiana, scrive: « Ego vero demonstraturus sum, omnem celeritatem transituram in B, mansuramque A motus omnis expertem, quod et alij sensere experimento inducti » (Christiaan Huygens a Gottfried A. Kinner von Löwenthorn, 16 dicembre 1653, in OC, I, p. 260). Anche Sluse, indipendentemente da Huygens, corresse in questo modo la regola cartesiana in questione; cfr. René F. de Sluse a Christiaan Huygens, 19 ottobre 1657, in OC, II, p. 69.

²³ Giustamente il Gabbey (cfr. *op. cit.*, pp. 179-180) critica le considerazioni a riguardo di Dugas (cfr. *op. cit.*, p. 25) e Westfall (cfr. *op. cit.*, p. 195).

²⁴ Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 105 [Hug. 26A, f. 18r].

sé immobile; si vedrà meglio in seguito come vi sia una capitale differenza tra Huygens e Descartes, in quanto il primo non riconosce affatto la necessità di privilegiare i corpi contigui nella scelta del riferimento. A proposito della natura del moto Huygens stesso cita nuovamente come propria fonte anche il *Dialogo* galileiano, al quale attribuisce il merito di aver dissolto i fondamenti stessi della fisica aristotelica²⁵; e non vi è dubbio che tra questi vada annoverato il carattere di « entità assoluta, operativa, la quale, cessando ogni relazione ed ogni comparazione a qual si voglia altro mobile [...], sarà sempre moto », per usare le parole di Antonio Rocco²⁶, che la filosofia delle scuole attribuiva al movimento. È inoltre evidente l'influenza esercitata su Huygens dalle speculazioni rinascimentali circa l'infinità del mondo, segnatamente quelle di Cusano e Bruno²⁷, che suggerivano l'impossibilità di reperire nello spazio fisico un riferimento assoluto.

§ 2. Prima di passare ad esaminare nel particolare il ruolo svolto nella teoria dell'urto dal principio d'ininfluenza, è necessario analizzare il rapporto logico che Huygens istituisce fra quest'ultimo ed il principio di relatività e, conseguentemente, il differente grado di certezza che essi hanno ai suoi occhi; ciò consente infatti, da un lato, di legittimare una differente e più fluida lettura delle "svolte" che caratterizzano il pensiero di Huygens sulla relatività e, dall'altro, di far luce sui motivi della mancata pubblicazione del trattato sull'urto.

Dal punto di vista storico non esiste alcun legame costante tra la negazione dell'esistenza di un riferimento oggettivo per il moto e la quiete ed il principio d'ininfluenza del moto comune: Descartes accetta il primo punto ma ignora il secondo ed i maggiori pensatori copernicani, da Kepler a Gassendi, si comportano nel modo opposto. D'altra parte i due principi non sono nemmeno logicamente connessi ed appartengono a differenti regioni della teoria scientifica; del primo è impossibile immaginare una prova sperimentale, simile a quella della nave per il principio d'ininfluenza, che possa escludere l'esistenza del moto o della quiete di un corpo

²⁵ *Ibid.*; cfr. anche "Appendice III", in OC, XVI, p. 151 [*Hug.* 26A, f. 39r].

²⁶ Antonio Rocco, *Esercitazioni filosofiche*, in *Le Opere di Galileo Galilei*, cit., VII, p. 656.

²⁷ All'opinione di questi autori circa l'immensità dell'universo Huygens si richiama nel *Cosmotheoros* ed in altri scritti del medesimo periodo (fine anni '80-inizi anni '90); cfr. Christiaan Huygens, *Pensees meslees*, in OC, XXI, p. 351 [*Hug.* 28, f. 197r] e p. 369 [*Hug.* 28, f. 196r]; inoltre *Cosmotheoros*, in OC, XXI, p. 817.

absque aliorum consideratione. Si è visto come Huygens accetti la fondazione galileiana del “principio della nave”, assicurata dall’esperienza, da un lato, e dai principi d’inerzia e di composizione dei moti, dall’altro; tuttavia egli non si accontenta di questo livello di dimostrazione e tenta di porre l’indifferenza ontologica tra moto e quiete a fondamento dell’incapacità del moto comune di influenzare gli effetti della collisione. In questo ulteriore sforzo fondativo si imbatte però in alcune difficoltà, sulle quali tornerò più avanti, che lo costringono a lasciare in sospeso il progetto ed a riflettere per lungo tempo intorno alla natura del moto e della quiete. Mentre l’opinione di Huygens riguardo al principio d’ininfluenza non è soggetta ad alcun mutamento, circa il più generale principio di relatività egli modifica la propria posizione, tra gli anni ’50 e gli anni ’90, in conseguenza di una sempre più approfondita riflessione filosofica. Già dal 1654 egli è sostanzialmente orientato a credere nella natura relativa del moto in sé e nel periodo della prima elaborazione dello scritto sull’urto riporta, come sola difficoltà di qualche rilievo contro quest’opinione, l’argomento secondo il quale i luoghi dello spazio immobile costituiscono un possibile riferimento assoluto:

« Qui motum corporis loci mutationem dicunt, ij locum certum et permanentem imaginantur, in quem diversa corpora succedere sibi invicem possint, ipso tamen immobili persistente »²⁸.

L’obiezione presuppone però la quiete assoluta dei luoghi stessi ed incorre così in un circolo logico che Huygens disvela senza difficoltà:

« Si dicant igitur terram revera quiescere rogabo quid sit revera quiescere, dicent locum eundem constanter obtinere; loci igitur quem terra tenet definitio ab aliquibus celi punctis pendet aut superficie quae revera quiescat. sed hujus rursus quietem apparet aliunde, aut a terra ipsa definiri debere »²⁹.

Nell’analisi puntuale delle possibili situazioni d’urto, in ogni caso, egli si avvale unicamente del principio d’ininfluenza, che è tutto quanto gli serve per dimostrare i teoremi; ha invece qualche riserva ad esprimersi sulla natura del moto, « cujus tam perplexa et anceps est contemplatio ut unde initium faciendum sit vix inveniam »³⁰. Di essa discute negli abbozzi

²⁸ Hug. 26A, f. 13r; il passo fu poi cancellato ma l’obiezione è espressa in termini analoghi in Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, “Appendice I”, in OC, XVI, p. 111 [Hug. 26A, f. 22v].

²⁹ *Ibid.*

³⁰ Hug. 26A, f. 13r; il passo fu poi cancellato.

per la prefazione, in uno dei quali, risalente forse al 1656³¹, Huygens manifesta una certa cautela verso il principio di relatività ed afferma invece come certo l'assai meno impegnativo principio d'ininfluenza:

« Et profecto etiamsi maxime velimus non aliter motum aut quietem corporum statuere possumus quam ad alia corpora ipsa referendo et si quis diversam rationem motus investiget, qua nimirum revera ac per se nullaque aliorum consideratione corpora moveantur, frustra se fatigabit incidetque in quaestionem quae exitum non habet [...] Nos autem tam perplexae disputationi involvi nihil opus sed tantum de navigio hoc quod dictum est tenendum teneamus, eodem scilicet modo ijs qui ipso vehuntur sphaerulas repercuti atque in terra experientibus »³².

Nella versione del trattato lasciata alla morte, redatta dopo il 1673 ma con ogni probabilità prima degli ulteriori progetti di prefazione ora contenuti nel *Codex 7A*³³, Huygens rinuncia del tutto all'idea di esporre, preliminarmente alla teoria dell'urto propriamente intesa, le proprie concezioni sulla natura del moto e pone come terza ipotesi il semplice principio d'ininfluenza, senza corredarlo di alcuna considerazione filosofica:

« Motum corporum, celeritatesque aequales aut inaequales respective intelligendas esse, facta relatione ad alia corpora quae tanquam quiescentia considerantur, etsi fortasse & haec & illa communi alio motu involvantur »³⁴.

Pur non dubitando affatto della sua verità ed importanza, Huygens è incline a vedere nel "principio della nave" soprattutto un metodo dimostrativo, « une facon de demonstrer fort estrange mais qui pourtant est evidente »³⁵; proprio in virtù del suo significato circoscritto esso passa indenne attraverso le difficoltà che Huygens inizia invece a concepire riguardo al principio di relatività. Il principio d'ininfluenza, insieme a tutte le regole dell'urto che esso regge, viene infatti ripreso senza modificazioni nelle pagine inviate, all'inizio del 1669, alla Royal Society e nel trattatello

³¹ Degli abbozzi di prefazione degli anni '50 esso è probabilmente il più elaborato, pur essendo lontano dal possedere una forma accettabile ai fini della pubblicazione.

³² Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice II", in OC, XVI, pp. 142-143 [Hug. 26A, f. 41v].

³³ Si tratta della cosiddetta Copia F; cfr. *supra*, p. 11n. La datazione ad un periodo successivo al 1673 è inferita dalla presenza di un richiamo all'*Horologium Oscillatorium* (cfr. Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, in OC, XVI, p. 53 [Hug. 26A, f. 97v]).

³⁴ *Ibi*, p. 33 [Hug. 26A, f. 91r]; il corsivo è mio.

³⁵ Christiaan Huygens a Claude Mylon, 6 luglio 1656, in OC, I, p. 448.

De motu corporum reflexo sive de Percussione del 1670, scritto per il Gran Pensionario d'Olanda, e matematico, Johan de Witt; e questo nonostante, dal 1669 circa, Huygens avesse iniziato a ritenere che l'osservazione della forza centrifuga aprisse una via per la distinzione dei moti veri da quelli solamente relativi. Queste riserve erano destinate ad acquistare tanto peso da indurre Huygens a non pubblicare il trattato nella sua interezza; tuttavia esse non mettevano minimamente in questione la specifica trattazione fisico-matematica dell'urto, che è indipendente dal concetto di moto assunto³⁶, bensì la fondazione filosofica del principio d'ininfluenza, alla quale Huygens sarà per lungo tempo costretto a rinunciare.

§ 3. Nonostante a Huygens non sfugga dunque l'ampiezza delle questioni concernenti la natura del movimento, fin dalle prime scoperte sull'urto il suo principale proposito resta quello di ridurre l'intera materia a forma rigorosamente deduttiva, facendo ricorso ad un numero sempre più ristretto di assiomi e perfezionando lo stile delle dimostrazioni; queste ultime si attengono al metodo geometrico degli antichi, che Huygens continua a preferire per la sua maggiore eleganza ed intuitività ai procedimenti che si avvalgono dell'algebra, a suo dire ancora approssimativi ed utili più per i calcoli preliminari che per l'esposizione definitiva³⁷. Evidentissimo, negli appunti stesi tra il 1652 ed il 1656, è il costante sforzo di semplificazione dell'apparato dimostrativo: proposizioni che egli dapprima propone come assiomi vengono eliminate e reintrodotte come teoremi derivanti da enunciati più generali. In questo contesto l'applicazione generalizzata del

³⁶ In un abbozzo di prefazione al trattato sull'urto contenuto nel *Codex 7A* egli scrive: « Neque tamen ab hac demonstratione [sc. dell'impossibilità del moto assoluto], quam praevideo non aequè omnibus intelligendam, sequentium Theorematum veritas pendebit, sed maxime ab eo quod jam sumimus principio [sc. il principio d'ininfluenza] » (*Hug. 7A*, Frammento 7, rr. 43-45).

³⁷ Nel *Codex 7A* Huygens critica l'uso di *notulae algebraicae* da parte di Wallis; cfr. Frammento 9, rr. 55-57. L'uso del calcolo letterale negli appunti di Huygens sull'urto è tuttavia abbastanza libero e rivela anche aspetti innovativi, che testimoniano come la sua opposizione verso tali procedimenti fosse di natura formale ed "ideologica" più che di merito; il Vollgraff (*Biographie de Christiaan Huygens*, in OC, XXII, p. 459) nota ad esempio come Huygens usi a volte nella medesima equazione lettere che sostituiscono quantità fisiche eterogenee, quali la grandezza e la velocità (cfr. Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 98 [*Hug. 26A*, f. 9v] e pp. 132-135 [*Hug. 26A*, f. 26r-v]). Un atteggiamento di maggiore apertura verso i nuovi procedimenti è riscontrabile in un altro foglio del *Codex 7A* (Frammento 5, rr. 74-75), dove Huygens si chiede se non sia il caso di esprimere *algebraice* la regola generale di tutti i casi d'urto.

principio d'ininfluenza ha un ruolo portante³⁸, in quanto consente di ridurre a pochi casi elementari le possibili situazioni d'urto ed elimina i problemi che si originerebbero da una distinzione qualitativa tra il comportamento dei corpi in quiete e quello dei corpi in moto.

La consapevolezza di Huygens che le regole cartesiane dell'urto non fossero vere (fatta salva la prima, che Huygens continua ad accettare ma per ragioni che, come si vedrà, sono assai differenti da quelle addotte da Descartes) passa attraverso due stadi successivi, documentati in alcune lettere degli anni '50 e nei coevi abbozzi di prefazione, oltre che in quelli del *Codex 7A*. Nel 1657, in una lettera indirizzata a René François de Sluse³⁹, egli spiega così le ragioni dei primi dubbi:

« Mihi primum suspectae esse caeperunt quod experimentis omnibus repugnarent »⁴⁰.

È presumibile che egli sia dunque passato a valutare se la causa di tale difformità non potesse essere individuata negli ineliminabili accidenti che condizionano ogni esperienza reale: l'impedimento dell'aria o l'imperfetta durezza dei corpi erano in tal senso ragioni niente affatto trascurabili e certamente dovettero costituire per Huygens, abituato dai suoi precorsi studi archimedei⁴¹ a trattare corpi fisici in modo astratto, un motivo sufficiente per non rigettare immediatamente, sulla sola base del riscontro

³⁸ « Haec etsi levis consideratio videri queat, omne tamen impulsus fundamentum continet » (Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 109 [*Hug.* 26A, f. 21v]).

³⁹ Con il celebre matematico di Liegi Huygens concorda su numerosi punti; riguardo al ruolo dell'esperienza nella dimostrazione delle regole dell'urto Sluse professa infatti un atteggiamento simile al suo: « Ex [...] [experientia] sola ut pronuntiandum non existimo, ita contemnendam non censeo cum rationj adstipulatur » (René F. de Sluse a Christiaan Huygens, 19 ottobre 1657, in OC, II, p. 69). Anche Sluse aveva inoltre già concepito alcune critiche intorno alle regole dei *Principia* (nonostante fosse in sostanza un cartesiano) e ne aveva elaborate di proprie. Dopo aver appreso qualche dettaglio sulle conclusioni di Huygens, differenti dalle sue, egli rimase però incerto e preferì sospendere il giudizio; cfr. il loro scambio epistolare della fine 1657-inizi 1658 in OC, II, pp. 69, 79, 86-87, 93-94, 103, 115 e 123. In particolare egli si arrestò di fronte alla conseguenza, inevitabile nella teoria huygensiana, che la quantità di moto nell'universo possa variare; cfr. *infra*, pp. 36 e sgg. Su Sluse e le regole dell'urto cfr. *Correspondance de René-François de Sluse publiée pour la première fois et précédée d'une introduction par M.C. Le Paige*, in « Bullettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche », XVII (1884), pp. 427-554, 603-726 e Georges Monchamp, *Histoire du cartésianisme en Belgique*, F. Hayez, Bruxelles & chez l'Auteur, Saint-Trond 1886, pp. 455-456.

⁴⁰ Christiaan Huygens a René F. de Sluse, 2 novembre 1657, in OC, II, p. 79.

⁴¹ Si pensi ad esempio ai tre libri *De iis quae liquido supernatant* del 1650, in OC, XI, pp. 81-189 [*Hug.* 26, ff. 19-70].

empirico, quanto Descartes aveva sostenuto con tanta sicurezza. In seguito, però, Huygens rileva una contraddizione tra le regole seconda e quinta dei *Principia*: egli nota che, secondo Descartes, il corpo minore C sottrarrebbe più moto a B quando è fermo che quando gli muove contro; il che è contrario alla ragione⁴². La scoperta, che gli fornisce un solido argomento contro coloro che, come Frans van Schooten, rimanevano fedeli alla teoria cartesiana, dissipa i dubbi di Huygens sull'opportunità di dedicarsi ad una ricerca già affrontata da Descartes. Alle difficoltà già nominate si aggiunge infine un evidente disagio di fronte alla quarta regola cartesiana, secondo la quale un corpo in quiete non può mai essere messo in moto da un corpo più piccolo, per quanto velocemente questo lo vada ad urtare⁴³.

Il disaccordo tra alcune regole dei *Principia* ed il comportamento sperimentale dei corpi collidenti era ovviamente ben noto anche a Descartes, il quale l'aveva appunto motivato rilevando come, nella realtà, si diano diversi fattori perturbanti che, nel calcolo teorico, non vanno presi in considerazione:

« En effet, il arrive souvent que l'experience peut sembler d'abord repugner aux regles que je viens d'expliquer, mais la raison en est évidente. Car elles presupposent que les deux corps B & C sont parfaitement durs, & tellement separez de tous les autres, qu'il n'y en a aucun autour d'eux qui puisse ayder ou empescher leur mouvement; & nous n'en voyons point de tels en ce monde »⁴⁴.

⁴² Cfr. Christiaan Huygens a René F. de Sluse, 2 novembre 1657, in OC, II, p. 79.

⁴³ « Si corpus C plane quiesceret, essetque paulo majus quam B, quacunq̄ cum celeritate B moveretur versus C, nunquam ipsum C moveret; sed ab eo repelleretur in contrariam partem » (René Descartes, *Principia Philosophiae*, II, art. 49, in *Oeuvres de Descartes*, a cura di Charles Adam & Paul Tannery, nouvelle présentation en co-édition avec le Centre National de la Recherche Scientifique, Vrin, Paris 1974-1986, VIII-1, p. 68). È da notarsi che il caso della quarta regola era stato diversamente interpretato da Descartes nella lettera a Mersenne del 25 dicembre 1639, in margine alla quale, come informano i curatori, era stato annotato: « Cela est contraire à ses principes » (*Oeuvres de Descartes*, cit., II, p. 627n); su questo punto, ed in generale sull'evoluzione del pensiero cartesiano riguardo alle regole della comunicazione del moto, cfr. Anna De Pace, *Descartes critico di Descartes. Il concetto di quiete nelle leggi del moto da "Il Mondo" ai "Principi"*, in Aa.Vv., *Miscellanea Secentesca. Saggi su Descartes, Fabri, White*, Cisalpino-Goliardica, Milano 1987, pp. 10-11, pp. 20 e sgg. Della diversità delle due soluzioni cartesiane si accorse intorno al 1656 Huygens, che ne prese nota senza commentare; cfr. Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice III", in OC, XVI, p. 156 [Hug. 10, f. 70v].

⁴⁴ René Descartes, *Les Principes de la Philosophie*, II, art. 53, in *Oeuvres de Descartes*, cit., IX-2, p. 93; ho qui preferito fare riferimento alla versione francese (sulla cui

L'astrazione dalla materia che circonda i corpi appare però introdurre un elemento di rottura rispetto alla definizione di movimento avanzata da Descartes negli articoli precedenti; indispensabile premessa a quest'ultima è infatti l'ipotesi che il mondo sia uniformemente pieno, in quanto non è concepibile uno spazio distinto dalla materia. Se inteso come stato proprio alla materia che si separa, il moto non può essere attribuito ad un corpo *a reliquis omnibus divisum* né è lecito astrarre dalla relazione con quei corpi circostanti in virtù dei quali soltanto è stato possibile definirlo; a differenza del moto *proprie sumptus* teorizzato negli articoli 25 e sgg. della seconda parte dei *Principia*, dunque, il moto del quale Descartes fa questione nelle regole dell'urto è predicato in via assoluta e la sua attribuzione ad un corpo piuttosto che ad un altro non dipende dalla scelta del riferimento. L'adozione da parte di Descartes di nozioni assolute di moto e quiete nelle regole dell'urto, già ampiamente messa in evidenza dalla critica⁴⁵, risalta in modo chiarissimo da un confronto tra le regole quarta e quinta: in entrambe si considera la collisione tra corpi diseguali, uno dei quali – il maggiore nella IV, il minore nella V – si trova in stato di quiete. In quanto reciproci, i due casi d'urto dovrebbero, in una prospettiva relativistica, dare luogo ad esiti anch'essi reciproci, ottenibili cioè l'uno dall'altro mediante un semplice mutamento del riferimento prescelto; secondo Descartes, invece, nel caso della quarta regola il corpo maggiore resta fermo ed il minore si riflette con tutta la sua velocità, mentre, nel caso della quinta, i due corpi si muovono congiuntamente, dopo l'urto, secondo il verso originario del maggiore.

affidabilità, almeno in questo passo, non vedo ragioni per dubitare), che presenta significative aggiunte rispetto al conciso testo latino. Cfr. anche *Principia Philosophiae*, II, art. 45, ed. cit., VIII-1, p. 67.

⁴⁵ Il Mouy, nella sua fondamentale opera sullo sviluppo della fisica cartesiana, nota come la separazione operata da Descartes tra direzione e valore assoluto del moto, causa principale dell'errata formulazione delle regole dell'urto, derivi da questa incongruenza: « Il y a là une erreur, parce que cette manière de considérer le mouvement est en désaccord complet avec la relativité que Descartes lui avait attribuée en principe. Si le mouvement est relatif, sa "détermination" n'est pas une propriété absolue qui puisse être considérée à part et qu'on ait, par exemple, le droit d'inverser. C'est une relation » (Paul Mouy, *Le Développement de la Physique Cartésienne 1646-1712*, Vrin, Paris 1934, p. 22). Cfr. anche Gueroult (*op. cit.*, pp. 51 e sgg.) e Koyré: « Descartes, per quanto lo riguarda, non ha mai preso sul serio, e non hai impiegato come base delle sue deduzioni la nozione relativista che ha ora esposta così a lungo. In effetti, la relatività cinetica del moto si rivela incompatibile [...] con le leggi dell'urto » (Alexandre Koyré, *Études galiléennes*, Hermann, Paris 1939, trad. it. Einaudi, Torino 1976, p. 347). La medesima opinione è espressa anche in Richard J. Blackwell, *Descartes' Laws of Motion*, in « Isis », LVII (1966), p. 233.

Solamente nel secondo caso di ha dunque trasmissione di movimento da un corpo all'altro; in virtù dell'eccesso della propria grandezza su quella del corpo collidente, nel primo caso, il corpo in quiete esplica una resistenza o *force de repos* proporzionale alla velocità con la quale viene colpito e prevale sull'impulso tendente a smuoverlo⁴⁶. Nell'affrontare il problema delle « *causae particulares mutationum, quae corporibus accidunt* »⁴⁷, problema che mette in gioco l'esplicarsi dell'azione divina nel mondo fisico, Descartes nega dunque l'*aequipollentia hypothesis*, in quanto principio operante ad un grado differente e più astratto, quello del moto e della quiete intesi come *modus* e non come *causae*⁴⁸. Se un superamento delle regole dei *Principia* fosse o meno possibile a partire dalla stessa impostazione cartesiana è problema che non interessa qui in quanto lettori di Huygens. Egli non seguì questa strada, che lo avrebbe condotto ad esaminare con cura quella terza legge della natura sulla quale, più direttamente, si fondano le sette regole; né d'altra parte Huygens affrontò mai i problemi teorici connessi alla forza di quiete, concetto da lui rifiutato ma mai discusso. Per elaborare la nuova teoria egli abbandona invece il campo cartesiano ed adotta in funzione euristica il principio d'ininfluenza del moto comune, il mancato impiego del quale è secondo Huygens la causa prima degli errori nelle regole dei *Principia*; è infatti sua opinione che Descartes avrebbe potuto formulare le proposizioni corrette se solo avesse saputo avvalersi del punto di vista relativistico che la sua definizione di moto pareva far intravedere:

« Haec cum Cartesius recte satis considerasset, tamen consequentias utiles quae inde oriuntur non animadvertit. vidisset alioqui, ex 1^a regula sua de collisione, pendere 6^{tam} et 3^{iam} »⁴⁹.

⁴⁶ « Corpus quiescens magis resistit magnae celeritati quam parvae, idque pro ratione excessus unius supra alteram; & idcirco semper major esset vis in C ad resistendum, quam in B ad impellendum » (René Descartes, *Principia*, II, art. 49, ed. cit., VIII-1, p. 68).

⁴⁷ *Ibi*, p. 65 (II, art. 40).

⁴⁸ Cfr. Martial Gueroult, *Métaphysique et physique de la force chez Descartes et chez Malebranche*, in « Revue de Métaphysique et de Morale », LIX (1954), soprattutto le pp. 1-22.

⁴⁹ *Hug.* 7A, Frammento 6, nota <C>; cfr. anche *ibi*, Frammento 1, rr. 95-98. Ad un simile giudizio sulle regole dei *Principia* giunse anche Leibniz: « [Motus] quoad phaenomena in mero respectu [consistit], quod etiam Cartesius agnovit, cum translationem ex vicinia unius corporis in viciniam alterius definivit. Sed in consequentiis deducendis oblitus est suae definitionis, regulasque motuum constituit, quasi reale quiddam esset motus et absolutum » (Gottfried W. Leibniz, *Specimen Dynamicum*, a cura di Hans G. Dosch, Glenn W. Most e Enno Rudolph, Felix Meiner, Hamburg 1982, p. 42).

§ 4. Già nel gennaio del 1652 Huygens afferma di poter argomentare con successo contro la regola IV dei *Principia*⁵⁰; negli appunti dello stesso periodo egli enuncia il principio secondo il quale il valore assoluto della velocità relativa tra due corpi resta invariato nella collisione:

« Cum duo corpora sibi mutuo occurrunt, eadem celeritas est eorum elongationis quae accessus »⁵¹.

La proposizione, che Huygens evidenzia con un tratto di penna a rimarcarne l'importanza, non è ancora fornita di prova e si trova per di più inserita in una dimostrazione errata (corretta comunque immediatamente dopo); il fatto che essa compaia a questo primo stadio della ricerca mostra però come Huygens si collochi, sin dall'inizio, al di fuori dell'impostazione cartesiana. Egli concentra infatti l'attenzione sulla velocità complessiva con la quale i due corpi si scontrano, indipendentemente dalla sua distribuzione fra di essi. L'intenzione di riferirsi unicamente alle velocità relative, senza fare questione degli eventuali moti "veri" dei corpi singolarmente considerati, è confermata dall'immediata introduzione dell'esperimento mentale della nave, variante applicata all'urto di quello galileiano: egli immagina che le collisioni avvengano su una nave mossa uniformemente in linea retta con velocità a piacere, variabile secondo le diverse esigenze della dimostrazione. In tal modo egli è completamente svincolato dal problema delle velocità assolute e può ritenere quale dato essenziale, oltre alle grandezze dei corpi, la sola velocità di avvicinamento o di separazione. La potenza del metodo argomentativo huygensiano è dimostrata dall'estrema semplicità con la quale è affrontato e risolto il caso della sesta regola cartesiana:

⁵⁰ « Quanquam enim Autori suo ipsi [le regole dei *Principia*] tam manifestae dicantur ut nulla probatione indigeant, meo tamen iudicio adhuc omnes excepta prima veritatis dubiae videntur ne dicam suspectae falsitatis. Rationes meas adferre hic possem, et contra regulam 4am praecipue » (Christiaan Huygens a Gerard van Gutschoven, 17 gennaio 1652, in OC, I, p. 167). Dalla medesima lettera si apprende che il Gutschoven, medico cartesiano (esegui tra l'altro insieme a Louis de la Forge i disegni per *L'Homme de René Descartes*, pubblicato da Clerselier nel 1664) e dal 1659 professore di anatomia a Lovanio, aveva accettate le sette regole dell'urto in certi suoi commentari ai *Principia*; su questo lavoro non ho però altre informazioni. Con i suoi corrispondenti Huygens sottolinea appunto come risultato tra i più rilevanti delle proprie ricerche la confutazione della quarta regola di Descartes; cfr. Christiaan Huygens a Claude Mylon, 6 luglio 1656, in OC, I, p. 448 e Christiaan Huygens a René F. de Sluse, 2 novembre 1657, in OC, II, p. 79.

⁵¹ Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 92 [Hug. 26A, f. 9r]: il passo fu poi cancellato.

« Si A et B sint aequalia A autem quiescat: et B ad ipsum pergat. restabit B in loco concursus immotum, at A movebitur sinistram versus, tanta celeritate quantam prius habuit B »⁵².

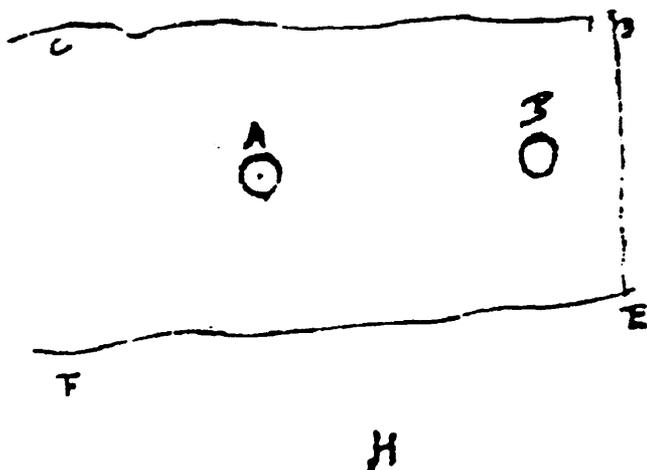


Figura da OC, XVI, p. 93 [Hug. 26A, f. 9r]

La dimostrazione inizia con l'affermazione che la forza dell'impatto resta immutata se immaginiamo che metà della velocità di B sia trasferita ad A; il caso diviene dunque identico a quello della prima regola cartesiana, unica ritenuta valida da Huygens, in quanto presenta due corpi eguali che si scontrano con pari velocità. Già questo primo passaggio mostra come, per Huygens, la quiete del corpo A dipenda esclusivamente dalla velocità che si conviene di attribuire a B e possa essere considerata come un movimento senza alterare l'essenza del fenomeno⁵³. Huygens procede immaginando che l'urto avvenga su una nave mossa verso sinistra con velocità pari a quella ora attribuita a ciascuno dei due corpi, in modo che l'osservatore H, situato sulla riva del fiume, veda B muoversi con velocità

⁵² *Ibi*, p. 93 [Hug. 26A, f. 9r]; come già quello della quarta regola, anche questo caso d'urto era stato risolto da Descartes, nella citata lettera a Mersenne del 25 dicembre 1639, in modo diverso che nei *Principia*.

⁵³ « Corpus idem moveri et quiescere [...] [potest], ad diversa scilicet alia corpora attendendo » (Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 109 [Hug. 26A, f. 21v]).

intera verso A in quiete; la situazione iniziale è così ricostruita esattamente, in riferimento all'osservatore esterno. In seguito all'urto ciascun corpo apparirà rimbalzare con pari velocità, a chi si trovi sulla nave; ma per l'osservatore H, posto sulla riva, la velocità di A risulterà doppia e la velocità di B sarà annullata da quella, eguale ma di verso opposto, propria della nave. Il corpo inizialmente fermo acquista dunque tutta la velocità del corpo urtante, non soltanto $1/4$ di essa come affermava Descartes, e quest'ultimo si ferma nel punto di collisione, anziché riflettersi con $3/4$ della velocità originaria secondo quanto stabiliva la regola VI dei *Principia*⁵⁴.

La legittimità delle due operazioni con le quali Huygens modifica le velocità dei corpi, dapprima distribuendo equamente tra i due corpi il moto di B e poi introducendo il movimento della nave, è fondata sul principio d'ininfluenza del moto comune, che consente di semplificare il problema e riportarlo al caso d'urto simmetrico della prima regola cartesiana; appare da qui in modo chiarissimo come, rispetto alla fonte galileiana, Huygens abbia il merito di passare dall'enunciazione della possibilità di comporre più moti alla costruzione di una teoria dell'urto fondata sull'invarianza della *vis collisionis* in sistemi di riferimento diversi. Vi è in lui, inoltre, la chiara affermazione che il moto "inerziale" è soltanto quello rettilineo ed uniforme e non quello equidistante dal centro, dunque circolare⁵⁵. Al di là della sua correttezza di merito il procedimento huygensiano si rivela ben più lineare e generale di quello cartesiano, come dimostra la sua capacità di risolvere qualsiasi caso d'urto tra corpi rigidi di pari grandezza e di semplificare in grande misura la casistica. Huygens perviene così ad una precisa sistemazione della fondamentale scienza dell'urto, che si trova a suo giudizio in uno stato estremamente arretrato⁵⁶: non coltivata

⁵⁴ Cfr. René Descartes, *Principia*, II, art. 51, ed. cit., VIII-1, p. 69.

⁵⁵ Grazie alla sua precoce familiarità con l'opera di Descartes, e con i *Principia* in particolare, Huygens possiede con assoluta sicurezza, sin dai primissimi saggi del 1646 sul moto di caduta dei gravi, il principio cartesiano dell'inerzia rettilinea, che difende anche di fronte ai dubbi dell'anziano Mersenne; cfr. *De motu naturaliter accelerato*, in OC, XI, p. 69 [Hug. 17, f. 51r-v] e Christiaan Huygens a Marin Mersenne, 28 ottobre 1646, in OC, I, p. 24. Assai interessante è a questo proposito un appunto del 1656: « Et primum quidem statuimus corpus unumquodque, non considerata gravitatis proprietate, tendere ut moveatur secundum lineam rectam, quaque celeritate semel motum est, ea pergere moveri nisi ab alio impediatur: Quod praeter Cartesium, Galileus quoque et alij multi dixerunt » (Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice II", in OC, XVI, p. 140 [Hug. 26A, f. 40r]). La frase sottolineata da Huygens indica con precisione la condizione essenziale perché sia possibile attribuire anche a Galileo la paternità del principio.

⁵⁶ « Subtilis disquisitio et jucunda. eoque magis necessaria quod percussio nis na-

dagli antichi né affrontata da Galileo, essa aveva ricevuto una prima sistemazione solo per opera di Descartes, le cui regole si erano però rivelate autocontraddittorie, oltre che del tutto discordanti con l'esperienza. Non per ciò, aggiunge Huygens, la via per una corretta riformulazione della materia può consistere nella semplice aderenza ai dati empirici, l'interpretazione dei quali non è mai esente da ambiguità⁵⁷. Egli pare avere idee assai chiare sullo statuto metodologico della meccanica e nega che l'urto sia argomento passibile di essere trattato *a priori*; assai interessante è a questo riguardo la risposta data al matematico Frans van Schooten, suo maestro fino a pochi anni prima, il quale cercava di persuaderlo a non sprecare tempo ed ingegno nel tentativo, secondo lui inutile, di confutare le regole di Descartes. A tal fine, tra l'altro, van Schooten aveva rivelato a Huygens un inedito quanto improbabile *dictum* del maestro, rivolto ad Abraham Heidanus, capofila dei cartesiani di Leida:

« Ipsum [*sc.* Descartes] enim Domino Heidano dixisse scio, se demonstrationem suarum de motu regularum ex Algebrae penetralibus petijsse »⁵⁸.

Huygens risponde così:

« Quod ex Algebra petitas regulas suas Cartesius ipse professus est; sane non ignoras solam in his Algebram nihil determinare posse, sed prin-

turam et potentiam explicat, Nihil enim usu frequentius et effectum potentius, at nullius rei aequae fundamenta ignorantur » (Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 99 [*Hug.* 26A, f. 13r]).

⁵⁷ Da un lato, infatti, Huygens sottolinea come sia improbabile che l'esperienza non sveli la falsità di una teoria erronea (cfr. *ibi*, p. 113 [*Hug.* 26A, f. 23v] e *ibi*, "Appendice II", p. 140 [*Hug.* 26A, ff. 39v-40r]); dall'altro lato, però, non esclude *a priori* questa possibilità: « Mirum esset tantumque non impossibile ut alter defectus ab altero tam praecise compensaretur » (*Hug.* 26A, f. 40v). L'esperienza, senza la guida della ragione, è « deceptrix » (*De motu naturaliter accelerato*, in OC, XI, p. 69 [*Hug.* 17, f. 51r]) e « lubrica » (Christiaan Huygens a René F. de Sluse, 3 gennaio 1658, in OC, II, p. 115). L'accordo tra la propria teoria dell'urto e l'esperienza è visto comunque da Huygens come garanzia di possibili applicazioni pratiche, laddove le regole cartesiane, sottoposte secondo il loro stesso autore a condizioni che non si verificano mai, erano in ogni caso sterili: « Ea vero quas ego inveni quum evidentibus causis nitantur, non dubito quin ad naturae contemplationem adjumentum daturae sint; certe quum experimentis plane respondeant plurimam adferre utilitatem humanis rebus necesse est » (Christiaan Huygens a Frans van Schooten, 27 dicembre 1654, in OC, I, p. 317). Ancora intorno al 1690 Huygens accuserà Descartes di aver sfruttato l'esperienza come *effugium* per evitare la confutazione delle sue regole piuttosto che come strumento per saggiarne la validità; cfr. *Hug.* 7A, Frammento I, rr. 93-95.

⁵⁸ Frans van Schooten a Christiaan Huygens, 23 dicembre 1654, in OC, I, p. 312; non mi sono note altre testimonianze su questo singolare episodio.

cipia ante ex motus penetralibus accersenda, quorum equidem plurima recte a Cartesio constituta fateor, neque tamen omnia »⁵⁹.

Il modello del trattato scientifico huygensiano è già definito: in esso i teoremi vengono dedotti per via geometrica da ipotesi sulla realtà fisica che solo una ricerca più generale, di indirizzo più specificamente filosofico, ha potuto stabilire.

§ 5. L'assunzione del principio d'ininfluenza all'interno dell'apparato assiomatico del trattato sull'urto ha come inevitabile conseguenza il rapido distacco di Huygens dall'ortodossia cartesiana che aveva caratterizzato la sua educazione scientifica⁶⁰. La presa di distanza di Huygens dalla scuola cartesiana non fu rilevante solo per la sua personale vicenda intellettuale ma ebbe importanti ripercussioni sull'intero ambiente scientifico; la nuova teoria dell'urto costituì infatti la prima innegabile confutazione di una parte rilevante del sistema cartesiano e si rivelò tanto più grave proprio in quanto proveniva da una cerchia ad esso non pregiudizialmente ostile. Gli effetti non tardarono a farsi sentire: subito dopo le prime comunicazioni pubbliche huygensiane, risalenti al 1669, apparvero gli scritti sull'urto di Pardies⁶¹, Wallis⁶², Mariotte⁶³ e Dechales⁶⁴, tutti palesemente ispirati ai

⁵⁹ Christiaan Huygens a Frans van Schooten, 27 dicembre 1654, in OC, I, p. 317.

⁶⁰ In alcune note a *La Vie de Monsieur Descartes* di Adrien Baillet (edita da Daniel Horthemels, Paris 1691) Huygens ricorda così quel periodo: « Il me sembloit lors que je lus ce livre des Principes la premiere fois que tout alloit le mieux du monde, et je croiois quand j'y trouvois quelque difficultè, que c'etoit ma faute de ne pas bien comprendre sa pensée. Je n'avois que 15 à 16 ans. Mais y ayant du depuis decouvert de temps en temps des choses visiblement fausses, et d'autres tres peu vraisemblables je suis fort revenu de la preoccupation ou j'avois estè » (Christiaan Huygens, *De la vie de Mr. Des Cartes par Baillet*, in OC, X, p. 403 [*Hug.* 15, f. 10v]). Si ricordi che i maestri scelti da Constantijn Huygens per il giovane Christiaan appartenevano quasi tutti alla folta schiera dei cartesiani olandesi.

⁶¹ Ignace-Gaston Pardies, *Discours du mouvement local*, A Paris, De l'Imprimerie d'Edme Martin. 1670. In quest'opera, uscita anonima e subito tradotta in inglese da Henry Oldenburg, il gesuita francese respinge le regole dell'urto dei *Principia*, nonostante sia sostanzialmente un cartesiano, proprio in seguito alle critiche di Huygens; cfr. August Ziggelaar, *Le physicien Ignace Gaston Pardies S.J. (1636-1673)*, Odense University Press, Odense 1971. Ispirate dal Pardies sono anche le *Theses Mathematicae* sostenute nel 1669 dal suo allievo Stephan Roux presso il Collegio dei Gesuiti di Bordeaux; in poche pagine il Roux compendia la teoria dell'urto pubblicata poi nel *Discours* di Pardies. Nei *marginalia* all'esemplare delle *Theses* in suo possesso, conservato ora a Leida, Huygens attribuisce senz'altro il lavoro al gesuita francese, « vir[o] ingenij non vulgaris », rilevando nondimeno come esso prendesse spunto dalle regole da lui stesso divulgate all'inizio del medesimo anno.

teoremi huygensiani e tutti, sia pure in misura diversa, di intonazione anticartesiana. Agli inizi, nel tentativo di moderare la portata critica del proprio lavoro, Huygens esprime frequentemente l'opinione che le regole dell'urto costituiscano quasi un corpo estraneo all'interno dei *Principia* e che la loro confutazione lasci pertanto inalterata la validità teorica del complesso dell'opera: nel 1656, ad esempi egli rassicura van Schooten circa la propria intenzione di difendere la dottrina cartesiana dalle critiche degli avversari e nega che l'opera, ormai quasi terminata, possa essere considerata come un attacco alla scuola cartesiana alla quale, in qualche modo, egli fa mostra di sentirsi ancora vicino:

« Credo te vereri, ne malevolis, qui tantopere nunc ipsum [*sc.* Descar-

⁶² John Wallis, *Mechanica: sive De Motu, Tractatus Geometricus*, in *Opera Mathematica*, E theatro Sheldoniano, Oxoniae 1695, ristampa Georg Olms, Hildesheim-New York 1972. Di questa vastissima opera, la cui prima edizione risale al 1670-1671, si veda soprattutto il capitolo XI: "De Percussione", dove Wallis prende in esame l'urto tra corpi perfettamente duri, cioè quelli che nell'impatto non perdono la propria figura originaria (come succede ai corpi molli) né la modificano per poi riacquistarla (come accade a quelli elastici). In questo contesto Wallis confuta la quarta regola cartesiana: « Manifestum [...] est, ex quovis minimo cujusvis exigui Gravis impulsu, etiam maximo cuivis quiescenti, motum inferri posse » (*ibi*, I, p. 1004). A conferma della derivazione di parte dei suoi argomenti da Huygens va ricordato come Wallis utilizzi, con i medesimi fini dell'olandese, il principio d'ininfluenza del moto comune: « Communis motus, additus vel demptus, Ictus magnitudinem non immutat [...] Hinc est, quod duorum in eadem Navi placide latorum alter alterum eadem vi percutit acsi uterque in littore staret; motu navis, utpote utriusque communi, ictum nec adjuvante nec impediante » (*ibi*, I, p. 1007).

⁶³ Chiaramente contraria a Descartes, a partire già dal titolo, è l'opera del Mariotte, il quale espone le proprie leggi come « principes d'experience »: Edme Mariotte, *Traité de la Percussion ou Choc des Corps. Dans lequel les principales Regles du mouvement, contraires à celles que Mr. Des Cartes, & quelques autres Modernes ont voulu établir, sont démontrées par leurs véritables Causes*, A Paris, Chez Estienne Michallet. 1673. All'inizio del trattato Mariotte definisce la « vistesse respective », in modo del tutto simile a Huygens, come velocità di allontanamento o di avvicinamento dei corpi nell'urto; cfr. *ibi*, pp. 2-3. Negli ultimi anni della sua vita Huygens denuncerà con amarezza le usurpazioni di Mariotte; cfr. *Hug.* 7A, Frammento 10, rr. 7-12. Si veda Pierre Costabel, *Mariotte et les règles du mouvement*, in *Aa.Vv., Mariotte, savant et philosophe († 1684). Analyse d'une renommée*, Vrin, Paris 1986, pp. 75-89.

⁶⁴ Claude F.M. Dechaux, *Traité du Mouvement Local, et du Ressort. Dans lequel, leur Nature, & leurs Causes, sont curieusement recherchées, & ou les Loix qu'ils observent dans l'accélération & les pendules, & encore dans la percussion & la reflexion des corps, sont solidement établies*, A Lyon, Chez Anisson, et Posuel. 1682. L'opera fu edita postuma; l'autore era infatti morto a Torino nel 1678. Il dotto gesuita respinge quasi tutte le opinioni di Descartes, non escluso il principio d'inerzia (cfr. *ibi*, pp. 116-117), e spiega grazie al concetto di *ressort* sia la comunicazione del moto nell'urto sia la continuazione del movimento dei proietti.

tes] oppugnant, ansam praebent, quo possint reliqua ipsius placita in suspicionem adducere. Sed ne metue; data enim opera istis occurram, moneboque in antecessum super hisce motus legibus minime fundata esse caetera physicae Cartesianae dogmata »⁶⁵.

Anche a non voler dubitare della sincerità di queste affermazioni, rivolte, si ricordi, ad un personaggio di punta della scuola cartesiana, si deve notare come esse rivelino fin troppo chiaramente la scarsa attenzione di Huygens per la filosofia del francese, dalla quale egli non si aspetta più indicazioni utili alle proprie ricerche e che può apprezzare, al più, per qualche singola riuscita, non certo come organico sistema del sapere. È indubbiamente vero, però, che tra gli oggetti delle ricerche di Descartes e di Huygens vi è perfetta identità; entrambi concentrano infatti la loro attenzione sull'esame dell'urto in linea retta, lungo la congiungente i centri di gravità, tra corpi perfettamente duri muoventisi senza alcun contatto con altri corpi e non sottoposti all'influenza della gravità⁶⁶. Per considerare in modo rigoroso la controversa questione del "cartesianesimo" del trattato sull'urto è necessario analizzare innanzitutto il rapporto tra gli assiomi adottati da Huygens e le proposizioni fondamentali della meccanica dei *Principia*. Le ipotesi autenticamente cartesiane, nella versione edita postuma del *De Motu Corporum ex Percussione*, sono le prime due: il principio d'inerzia rettilinea (Ipotesi I) e la prima regola dell'urto dei *Principia* (Ipotesi II). A proposito di quest'ultima va tuttavia notato come in Huygens, a differenza che in Descartes⁶⁷, tale enunciato non abbia valore "sintetico" o

⁶⁵ Christiaan Huygens a Frans van Schooten, 28 giugno 1656, in OC, I, p. 441. Il giudizio è ripetuto nel *Codex 7A*: « Des Cartes ne s'est nullement servi de ses regles de percussion, ainsi quoyque fausses elles ne detruisent rien das le reste de sa physique » (Frammento 10, rr. 35-37). Huygens poteva forse trovare una qualche conferma a questa sua opinione in un giudizio espresso dallo stesso Descartes cinque anni dopo la pubblicazione dei *Principia*, quando affermò che l'esperienza gli aveva insegnato non essere indispensabile per il lettore « s'arrester à examiner les regles du mouvement, qui sont en l'article 46 de la seconde Partie & aux suivans, à cause qu'elles ne sont pas necessaires pour l'intelligence du reste » (René Descartes a Pierre Chanut, 26 febbraio 1649, in *Oeuvres de Descartes*, cit., V, p. 291).

⁶⁶ « Primum itaque cum Cartesio dura omnino corpora esse fingemus quae sibi mutuo occurrant, tum eo loci librata ubi corpora circumambientia nihil motum ipsorum retardent neque adjuvent. Ubi denique nec gravitas sursum nec levitas deorsum tendere cogat » (Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice I", in OC, XVI, pp. 101-102 [*Hug.* 26A, f. 13r]); cfr. anche "Appendice II", *ibi*, p. 140 [*Hug.* 26A, f. 40r].

⁶⁷ Nella versione francese dei *Principia*, ad esempio, Descartes dimostra la regola spiegando come i due corpi siano oggetto dell'azione di cause eguali; cfr. René Descartes, *Les Principes de la Philosophie*, II, art. 46, ed. cit., IX-2, p. 89.

predittivo bensì definitorio ed esprima soltanto cosa egli intenda quando parla di corpi duri; il fatto stesso che egli lo presenti come ipotesi, rifiutando dunque la possibilità di fornirne una dimostrazione *per notiora*, rivela la sua insoddisfazione verso le spiegazioni fino a quel momento addotte intorno alla causa dell'azione reciproca dei corpi, ed in particolare verso quei concetti di *vis ad agendum* e di *vis ad resistendum* con i quali Descartes aveva costruito le regole dell'urto a partire dalla terza legge di natura. D'altra parte Huygens non ha ancora risolto il problema della causa della comunicazione del movimento, che non sa se attribuire ad una qualità intrinseca quale la durezza insuperabile delle parti ultime della materia (ed è la soluzione che verrà infine preferita negli ultimi anni), oppure all'elasticità (*ressort*), che può però esplicarsi soltanto nei corpi composti; in mancanza di una spiegazione certa egli ricorre pertanto ad un'implicita definizione *ex conventione*, il che gli permette di stabilire regole valide per qualsiasi spiegazione causale possibile del rimbalzo dei corpi nella collisione:

« *Quaecunque sit causa corporibus duris a mutuo contactu resiliendi cum in se invicem impinguntur; ponimus, cum corpora duo inter se aequalia, aequali celeritate, ex adverso ac directe sibi mutuo occurrunt, resilire utrumque eadem qua advenit celeritate* »⁶⁸.

La terza ipotesi del *De Motu Corporum* è il principio d'ininfluenza del moto comune; della sua origine galileiana si è già detto, e la formulazione che ne viene data nel trattato non presenta, dal punto di vista teorico, alcuna particolarità significativa. Dal punto di vista retorico e didattico va però rilevato come l'immagine della nave venga proposta, anche grazie ad alcuni disegni, come referente fisso all'immaginazione del lettore, persuadendolo così in modo ostensivo della correttezza del procedimento.

Le prime tre ipotesi sono a Huygens sufficienti per risolvere tutti i casi d'urto tra corpi di pari grandezza; la loro riconduzione al caso di urto simmetrico della Ipotesi II, operata per mezzo del principio di influenza, rende superflua una valutazione della forza che si esplica nell'urto e conferisce alle prime pagine dell'opera quel tono "cinematico" che è stato a volte considerato come la cifra dell'intero trattato; in effetti, secondo Huygens, nell'urto tra corpi eguali dotati di pari velocità non si verifica una vera e propria trasmissione di movimento, quanto piuttosto la conservazione, da parte di entrambi, del movimento iniziale. Non si tratta dunque propria-

⁶⁸ Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, in OC, XVI, p. 31 [*Hug.* 26A, f. 91r]; il corsivo è mio.

mente di una contrapposizione di carattere dinamico tra un'azione ed una reazione, come è invece il caso in Descartes; ogni corpo è semplicemente impedito nel suo cammino dall'altro e, in virtù della propria "durezza" (qualsiasi cosa si voglia intendere con questo termine), muta direzione.

Con le ultime due ipotesi Huygens affronta il problema della collisione tra corpi diseguali; in primo luogo egli attesta appunto la possibilità che nell'urto si verifichi una trasmissione di movimento da un corpo all'altro. La quarta ipotesi richiede infatti che questo sia concesso nel caso più ovvio, cioè quando un corpo in moto urta un corpo più piccolo in quiete:

« Si corpus majus minori quiescenti occurrat, aliquem ei motum dare, ac proinde de suo aliquid amittere »⁶⁹.

L'ipotesi non è ovviamente in contrasto con i principi cartesiani né potrebbe essere altrimenti, vista la sua estrema plausibilità; appare peraltro una forzatura il tentativo di vedere in essa una derivazione della quinta regola cartesiana, come ha per esempio proposto il Mouy⁷⁰. Prima di tutto essa è appunto un'ipotesi e non un teorema; la distinzione non ha solo valore formale, ovviamente, ma esprime ancora una volta il dissenso di Huygens verso il tentativo di derivare le regole dell'urto dalla considerazione delle forze in gioco e del loro equilibrarsi. Da questa ipotesi, inoltre, Huygens deriva immediatamente la Proposizione III, nella quale si afferma che un corpo, per quanto grande, viene messo in movimento da un corpo comunque piccolo e dotato di velocità piccola a piacere: ossia l'opposto della quarta regola cartesiana. Le quarta ipotesi e la terza proposizione del *De Motu Corporum* sono in realtà equivalenti, alla luce del principio d'ininfluenza, al punto che le loro denominazioni potrebbero essere invertite senza danno per la struttura del trattato; se Huygens opta per la formulazione citata, è solo perché intende naturalmente proporre assiomi dotati del massimo grado possibile di intuitività.

La quinta ipotesi del trattato stabilisce infine il principio della conservazione del movimento nel caso particolare in cui uno dei due corpi collidenti mantenga immutata la propria velocità; quando ciò accade, afferma Huygens, anche l'altro conserva inalterata la propria:

« Corporibus duobus duris sibi mutuo occurrentibus, si, post impulsu, contingat alteri eorum omnem quem habebat motum conservari, etiam alterius motui nihil decedere neque adjici »⁷¹.

⁶⁹ *Ibi*, p. 39 [*Hug.* 26A, f. 93v].

⁷⁰ Paul Mouy, *op. cit.*, p. 197.

⁷¹ Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, in OC, XVI, p. 41 [*Hug.* 26A, f. 94r].

Anche in questo caso Huygens non afferma niente di contrario a Descartes⁷² ma è in realtà distante dal senso della terza legge di natura dei *Principia*; Huygens si limita infatti a chiarire che un corpo può perdere il proprio moto *solo* se lo trasmette ad un altro, ovvero può acquistarne *solo* se lo riceve da un altro. L'assioma huygensiano, che risulta valido in qualunque modo si valuti la grandezza che si conserva, è assai più debole della legge cartesiana, che concorda con esso solo nel caso limite.

Bisogna infine notare come nel *De Motu Corporum* Huygens ricorra ad altri principi per nulla cartesiani che, pur non concernendo direttamente il fenomeno dell'urto, sono essenziali per la dimostrazione di alcuni importanti teoremi e della stessa regola generale, espressa nella Proposizione IX: uno di essi è il teorema galileiano secondo il quale il rapporto tra gli spazi percorsi da due corpi in caduta è uguale al rapporto tra i quadrati delle velocità massime da loro acquisite⁷³; sempre da Galileo è mutuato il principio secondo il quale la velocità acquistata da un corpo nella caduta è in grado di farlo risalire all'altezza di partenza⁷⁴. Di ancor maggiore rilevanza è l'applicazione del cosiddetto Principio di Torricelli (da Huygens già utilizzato nei precedenti studi sulla catenaria e sui corpi galleggianti), affermatosi in statica nella forma per la quale il centro comune di gravità di più corpi è sempre situato nel punto più basso possibile; in modo del tutto originale Huygens lo traspone al problema dinamico delle variazioni che la posizione del centro comune di gravità può subire in seguito ai moti liberi dei corpi del sistema, esprimendolo nella forma seguente:

« Motu corporum qui a gravitate ipsorum proficiscitur, centrum commune gravitatis ipsorum non posse attolli »⁷⁵.

L'analisi dei fondamenti della teoria huygensiana dell'urto ridimensiona dunque l'importanza dell'influenza cartesiana e mostra invece il pieno

⁷² In un abbozzo del 1656 Huygens aveva abilmente preposto all'elenco degli assiomi la seguente, ambigua precisazione: « Principia reliqua sive hypotheses quod attinet, aut iisdem utemur quae a Cartesio adhibitae sunt aut certe non contrarijs » (Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice II", in OC, XVI, p. 140 [Hug. 26A, f. 40r]).

⁷³ Cfr. Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, in OC, XVI, p. 53 [Hug. 26A, f. 97v].

⁷⁴ Cfr. *ibid.*

⁷⁵ *Ibi*, p. 57 [Hug. 26A, f. 98v]. Sul ruolo del Principio di Torricelli in Huygens cfr. Eduard J. Dijksterhuis, *Over een mechanisch axioma in het werk van Christiaan Huygens*, in « Christiaan Huygens. Internationaal Mathematisch Tijdschrift », VII (1928-1929), pp. 161-180.

inserimento dello scienziato olandese nel filone di ricerche originato dai *Discorsi e dimostrazioni galileiani*⁷⁶, a proposito dei quali Huygens si rammarica che l'autore non abbia adempito la promessa di trattare il problema della forza della percossa⁷⁷.

La manifestazione più evidente del precoce distacco di Huygens dall'impianto generale dei *Principia* – il *coup de grâce* a Descartes, come scrive Burch⁷⁸ – è però la confutazione del principio di conservazione della quantità di movimento (*mv*); a questo risultato egli perviene, già nel 1652, tramite l'estensione all'urto tra corpi diseguali del principio di conservazione della velocità relativa. Anche qui Huygens ha presente il caso di un corpo che vada ad urtare un corpo maggiore in quiete, cioè la situazione della cruciale quarta regola cartesiana: contrariamente a quanto sostenuto da Descartes, come si è visto, il corpo maggiore viene comunque messo in movimento, mentre quello minore si riflette con velocità diminuita. La quantità di moto complessiva è dunque necessariamente aumentata, in quanto la velocità di separazione è pari a quella di avvicinamento ma una sua parte è ora posseduta dal corpo maggiore, che all'inizio ne era del tutto privo; allo stesso modo è ovviamente possibile mostrare il caso inverso, cioè quello di un urto nel quale venga a perdersi parte della quantità di moto originariamente presente⁷⁹. La *quantitas motus* non gioca più alcun ruolo, per Huygens, nella teoria dell'urto; a Sluse, che vi aveva fatto cenno, egli scrive:

⁷⁶ Nel *Codex 7A* Huygens si pone tra i continuatori della scienza del moto inaugurata da Galileo; in tale contesto Descartes è semplicemente ricordato, insieme a Fabri e Borelli, come autore di una teoria falsa e contraddetta dall'esperienza. Si vedano del resto le già citate note a Baillet, dalle quali traspare l'evidente simpatia di Huygens per il pensatore pisano: « Galilee avoit, du costè de l'esprit, et de la connoissance des Mathematiques, tout ce qu'il faut pour faire des progres dans la Physique, et il faut avouer qu'il a estè le premier à faire des belles decouvertes touchant la nature du mouvement, quoy qu'il en ait laissè de tres considerables à faire: Il n'a pas eu tant de hardiesse ni de presumption que de vouloir entreprendre d'expliquer toutes les causes naturelles, ni la vanité de vouloir estre chef de secte. Il estoit modeste et aimoit trop la verité » (Christiaan Huygens, *De la vie de Mr. Des Cartes par Baillet*, in OC, X, p. 404 [Hug. 15, f. 11r]).

⁷⁷ Cfr. Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice I", in OC, XVI, pp. 99-100 [Hug. 26A, f. 13r] e pp. 112-113 [Hug. 26A, ff. 22v-23r]; Huygens non può conoscere la giornata "Della forza della percossa" aggiunta ai *Discorsi* e si affida a quanto scritto da Borelli nel proemio del *De Vi Percussionis*; cfr. Hug. 7A, nota 4 al Frammento 1 e nota 6 al Frammento 15.

⁷⁸ Christopher B. Burch, *op. cit.*, p. 55.

⁷⁹ Cfr. Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, in OC, XVI, pp. 49-51 [Hug.

« Hanc quantitatem Cartesius considerat, quod eandem semper servari contendat post occursum corporum, quae fuerat ante. Quod ego falsum reperi. Nescio autem an cum Cartesio hic sentias, sed vereor, quoniam alioqui non video quorsum opus sit quantitatem illam [...] expendere »⁸⁰.

La smentita dell'opinione cartesiana su una questione di tale importanza era sicuramente di maggior momento che non quella delle regole dell'urto; essa apriva infatti la strada a gravi dubbi sull'intera costruzione teorica dei *Principia*, in quanto con essa sembrava addirittura uscire compromessa la coerenza del sistema, nel quale Dio stesso è la causa prima del movimento e tutti i fenomeni sono retti dal principio dell'immutabilità della sua azione. Tale è appunto la preoccupazione espressa da Sluse nella risposta:

« Principium Cartesij de eadem constanter quantitate motus in universo, si non sibj constet, eiusdem Philosophiae fundamenta convellj necesse est. Accedit quod quj semel motus quantitatem minuj concessit, non habere videatur ubi sistat, nisi forte novam producj censeat ab agentibus naturalibus, saltem a liberis, de quo sententiam tuam rogo »⁸¹.

Ma a Huygens, che aveva lungamente esitato prima di rinunciare ad un principio in apparenza così convincente⁸², non interessa più salvare

26A, f. 96v]. I curatori delle *Oeuvres complètes* notano come in queste dimostrazioni Huygens si avvalga di una proposizione, non dimostrata probabilmente perché ritenuta intuitivamente vera, che nell'ultima versione del trattato verrà addirittura taciuta: « Majus corpus quiescens ab eodem corpore eadem celeritate impulsus minorem celeritatem acquirit quam corpus minus » (Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 95 [Hug. 26A, f. 9v]); cfr. anche *ibi*, p. 129 [Hug. 26A, f. 34r]. Essa può venire considerata come un'implicita definizione del concetto di massa, che nel primo Huygens, come in tutti gli scienziati del suo tempo, risulta sempre parzialmente oscuro; si noti però che in un passo inedito, risalente agli anni '50 o '60, Huygens si avvale dell'espressione *materiae massa* per indicare la massa inerziale [Hug. 26A, f. 40v]. Negli studi sulla forza centrifuga (cfr. ad esempio Christiaan Huygens, *De Vi Centrifuga*, in OC, XVI, p. 267 [Hug. 26, f. 13r]) Huygens impiegherà poi il termine *quantitas solida* per indicare una grandezza equivalente alla gravità di un corpo; cfr. Max Jammer, *Concepts of Mass in Classical and Modern Physics*, Harvard University Press, Cambridge (Massachusetts) 1961, trad. it. Feltrinelli, Milano 1974, pp. 68-69.

⁸⁰ Christiaan Huygens a René F. de Sluse, 7 dicembre 1657, in OC, II, p. 93.

⁸¹ René F. de Sluse a Christiaan Huygens, 18 dicembre 1657, in OC, II, p. 103.

⁸² « Veruntamen mirabile hoc videri potest quantitatem motus [...] multiplicari rursusque diminui, et me quidem diu suspensum tenuit, ita ut quid certi statuerem non invenirem » (Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 131 [Hug. 26A, f. 19v]). Ancora nel 1690 Huygens addurrà il principio della conservazione della quantità di moto come esempio di assioma ingannevole proprio perché estremamente verisimile; cfr. Hug. 7A, Frammento 5, rr. 33-35.

l'integrità del sistema cartesiano⁸³; egli si limita così a rispondere di non potere più accettare il principio di conservazione stabilito da Descartes preliminarmente alle tre *leges naturae*:

« Axioma Cartesij de conservatione motus ita ut eadem semper ejus quantitas supersit, olim mihi quoque plane verisimile ac rationi consentaneum videbatur. Sed nunc scio perpetuum esse non posse; evidentiori alio principio id evincente »⁸⁴.

Egli elabora comunque assai presto, sicuramente già dal 1656, una correzione al principio cartesiano, stabilendo che la *quantitas motus* si conserva a patto che si compia la somma algebrica dei moti nelle due direzioni⁸⁵; ancora nella comunicazione apparsa sul « Journal des Sçavans » del 18 marzo 1669, che rendeva pubblici per la prima volta i principali teoremi sull'urto, Huygens tende a presentare la propria critica come un'emendaione del principio cartesiano che, egli sembra intendere, non era integralmente falso ma solo applicato in modo troppo esteso:

« La quantité du mouvement qu'ont deux corps, se peut augmenter ou diminuer par leur rencontre; mais il y reste toûjours la mesme quantité vers le mesme costé, en soustrayant la quantité du mouvement contraire »⁸⁶.

⁸³ Già nel 1656 egli aveva convenuto con Roberval, grande avversario di Descartes, che l'opera di quest'ultimo non andava certo esente da errori: « [Descartes] n'a pas esté impeccable non plus dans la Phisique que dans la Geometrie » (Christiaan Huygens a Gilles Personne de Roberval, 20 luglio 1656, in OC, I, p. 457). Fra gli esiti anticartesiani del *De Motu Corporum* Costabel indica giustamente la Proposizione XIII, che evidenzia in modo clamoroso la possibilità di un aumento di *mv* nell'universo: « On peut [...] s'arranger pour augmenter démesurement la quantité de mouvement au sens cartésien, la quantité de mouvement "dans l'Univers". L'allusion est discrète. Huygens ne monte pas en épingle cette conclusion désastreuse pour le grand maître de sa jeunesse » (Pierre Costabel, *La septième règle du choc élastique de Christiaan Huygens*, in « Revue d'histoire des sciences », X (1957), p. 130).

⁸⁴ Christiaan Huygens a René F. de Sluse, 3 gennaio 1658, in OC, II, p. 115.

⁸⁵ « Contrarium huic theoremati a Cartesio assumptum est principij loco, statuit enim eandem semper motus quantitatem conservari, quod sane admodum verisimile videri queat. Attamen admittendum verum non esse si simpliciter sic proponatur manifestum fecimus. Si vero eandem semper motus quantitatem servari dicamus inque eandem partem, omnino verum erit potestque ex sequentibus demonstrari. motus tamen quantitate in hanc vel illam partem sic computata ut addantur in unum motus quantitates quas singula corpora constituent si in eandem partem utrumque moveatur; si vero in contrarias, ut auferatur quantitas minor a majori » (Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice II", in OC, XVI, pp. 146n-147n [Hug. 26A, f. 47r-v]); cfr. anche *ibi*, p. 116 [Hug. 26A, f. 25v] e p. 131 [Hug. 26A, f. 19v].

⁸⁶ *Extrait d'une lettre de M. Hugens à l'Auteur du Journal sur les regles du mouvement dans la rencontre des corps*, in OC, XVI, p. 180.

Ma nell'ultima versione del *De Motu Corporum* Huygens abbandona le reticenze e dichiara apertamente l'errore di Descartes senza nemmeno tentare di giustificarlo; la Proposizione VI riporta infatti solo la parte negativa del principio comunicato ai dotti europei nel 1669 e tace completamente sulla possibile limitazione del principio cartesiano:

« Corporibus duobus sibi mutuo occurrentibus non semper post impulsum eadem motus quantitas in utroque simul sumpto conservatur quae fuit ante, sed vel augeri potest vel minui »⁸⁷.

La critica huygensiana apriva così un problema filosoficamente assai grave, e non solo per la scuola cartesiana; l'idea che qualche grandezza permanga invariata nel continuo scontrarsi dei corpi, espressa da Descartes appunto con il principio di conservazione della quantità di movimento originariamente immessa da Dio nel mondo, è infatti uno degli argomenti più forti a sostegno della tesi che il divenire del mondo fisico sia retto da un ordine razionale⁸⁸. A questa esigenza non poteva rispondere pienamen-

⁸⁷ Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, in OC, XVI, p. 49 [Hug. 26A, f. 96v]. La decisione huygensiana di dichiarare errato il principio cartesiano della conservazione di *mv*, anziché limitarne la portata secondo il citato *amendement*, è così interpretata da Korteweg: « Blijkbaar acht hij het vóór alles nuttig een felle en welgemikte slag aan het gezag van Descartes toe te brengen, waar het zweren bij het woord van den meester een hinderpaal dreigt te worden voor verdere ontwikkeling der wetenschap » (Dirk J. Korteweg, *Een en ander over de Huygens-uitgave en over den invloed van Descartes op Christiaan Huygens*, in « Jaarboek van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen », (1909), Johannes Müller, Amsterdam 1910, p. 13). La critica di Huygens fu immediatamente fatta propria dal Pardies, nel XXIX paragrafo del suo già nominato *Discours*: « Il faut remarquer qu'il n'est pas vrai qu'il y ait toujours autant de mouvement absolu après la percussion, qu'il y en avoit devant. Mais il est fort aisé à démonstrer que le mouvement respectif est toujours le mesme; en sorte que les corps s'éloignent mutuellement l'un de l'autre après la percussion, aussi vite qu'ils s'en approchoient devant » (Ignace-Gaston Pardies, *op. cit.*, pp. 70-71). Anch'egli fa derivare tale critica da un presupposto relativistico, non si sa quanto ben compreso; nelle *Remarques* finali, scritte prima della pubblicazione in replica a chi lo accusava di rimanere comunque troppo legato alla fisica di Descartes, lo scienziato gesuita specifica meglio la propria posizione: « Le § 29. est contre M. Descartes qui n'a point distingué le mouvement, que l'on appelle ici absolu, d'avec celui qu'on appelle respectif. Et quand il a dit qu'il y avoit toujours une égale quantité de mouvement devant & après la percussion, il entend parler de ce mouvement absolu: or il est bien visible qu'il s'est trompé en cela » (*ibi*, "Remarques", p. [7]). La medesima opinione era stata sostenuta dal Roux alla p. 11 delle citate *Theses Mathematicae*.

⁸⁸ L'ipotesi che la *quantitas motus* presente nel mondo possa variare è definita « trop paradoxique » dall'autore di alcune *Animadversions* alle regole dell'urto di Huygens e Wren, probabilmente l'inglese Francis Willoughby; cfr. a riguardo il finale della lettera di Oldenburg a Huygens del 28 giugno 1669 (OC, VI, p. 464) e le relative note 6 e 7 dei curatori.

te il principio huygeniano di conservazione della velocità relativa, estremamente difficile a rappresentarsi su scala universale e, per ciò stesso, inadatto ad occupare il ruolo ontologico del principio respinto⁸⁹; contestualmente alla confutazione del principio cartesiano, però, Huygens elabora la formula destinata a sostituirlo come espressione di ciò che permane immutato nella collisione diretta tra corpi perfettamente duri:

« Non semper post duorum corporum collisionem, tantundem motus remanere quantum erat antea, eo videlicet sensu, ut corporum magnitudines cum velocitatibus multiplicatae, eundem numerum producant quem prius producebant. Sed necesse est quadrata velocitatum ducta in magnitudinem corporum semper eundem numerum producere »⁹⁰.

Negli scritti di questo periodo Huygens è molto cauto circa la possibilità di conferire alla grandezza fisica così definita (mv^2) un significato simile a quello attribuito da Descartes alla *quantitas motus* e solo molto tardi, probabilmente in seguito all'influenza di Leibniz, accetterà il principio della conservazione universale di quella *vis viva* (o, meglio, *vis extollendi ponderis*) la cui grandezza aveva egli stesso individuata⁹¹. In realtà Huy-

⁸⁹ Cfr. però Pardies: « Ayant égard généralement à tous les corps qui sont dans tout l'univers, il y a presentement autant de mouvement respectif, ni plus ni moins, qu'il y en avoit au commencement de la création du monde » (Ignace-Gaston Pardies, *op. cit.*, p. 71).

⁹⁰ Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 95 [Hug. 26A, f. 9v]. Nell'analisi delle leggi dell'urto di Huygens Lasswitz assegna un ruolo preminente al principio della conservazione di mv^2 : « Huygens gründete seine Ableitung der Stoßgesetze auf das Prinzip der Erhaltung der Kraft » (Kurd Lasswitz, *Geschichte der Atomistik vom Mittelalter bis Newton*, Leopold Voss, Hamburg-Leipzig 1890, ristampa Georg Olms, Hildesheim 1963, II, p. 368). Di parere differente è il Burch che, nella relativa Proposizione IX, vede soltanto « a mathematical convenience » (Christopher B. Burch, *op. cit.*, p. 59).

⁹¹ « Il se perd souvent du mouvement, sans qu'on puisse dire qu'il s'est consumé à rien, comme dans plusieurs cas du choc de deux corps durs, suivant ce que j'ay remarqué en publiant les loix de ces sortes de mouvement [...]; de sorte que ce n'est pas une nécessité que la quantité de mouvement se conserve toujours, si elle ne se consume à quelque chose; mais c'est une loy constante, que les corps doivent garder leur *force ascensionelle*, & que pour cela la somme des quarez de leurs vitesses doit demeurer la même. Ce qui n'a pas seulement lieu dans les poids des pendules, & dans le choc des corps durs [...] mais aussi en beaucoup d'autres recherches de Mechanique » (Christiaan Huygens a Henri Basnage de Beauval, "Appendice II", luglio 1690, in OC, IX, p. 463). Cfr. anche *ibi*, pp. 455-456 e Christiaan Huygens, *La conservation des forces*, "Pièce III" (1693), in OC, XVIII, p. 477 [Hug. 6, f. 87r]. Huygens rimase da principio alquanto perplesso quando apprese che Leibniz intendeva fare della grandezza mv^2 la misura della forza motrice ed asserirne l'invariabilità nell'Universo: « [Leibniz] ne peut pas pretendre qu'on luy accorde ce principe de la conservation de la force motrice

gens, pervenuto giovanissimo ad un risultato scientifico così rilevante, sembra poi quasi disinteressarsene⁹² e lasciare ad altri il compito di interpretarlo; mai egli si sforza di dare alla sua formula, matematicamente molto semplice ma del tutto priva di contenuto intuitivo, il valore di un principio universale di conservazione della “attività” e tanto meno egli pretende di superare per suo tramite l'impostazione relativistica della meccanica dell'urto rinnovata e pervenire così ad una valutazione assoluta della forza che si esplica nell'urto. Anche in questo, dunque, Huygens appare molto lontano dall'impostazione cartesiana, smentita nella sua fondamentale pretesa di ancorare all'essenza divina le basi teoriche della filosofia naturale.

§ 6. Il trattato sull'urto, come si è già ricordato, non fu dato alle stampe da Huygens né nel 1656, quando egli afferma di averne completata una prima stesura⁹³, né dopo il 1673, quando esso aveva ormai assunto la forma che oggi conosciamo; non si trattò tuttavia di un ripudio, ché anzi fino all'ultimo egli progettò l'edizione ed incaricò infine de Volder e Fulenius di farsene carico dopo la sua morte, bensì di una scelta dettata dalla consapevolezza di non avere risolto tutte le difficoltà. E tuttavia è arduo, se si esamina il contenuto dell'opera con in mente l'immagine di un Huygens “risolutore di problemi”, capire le ragioni della sua cautela; il problema di come si comportino i corpi rigidi nell'urto è risolto in modo perfetto né si trova nelle sue carte alcun tentativo di modificare i risultati conseguiti, dei quali egli era evidentemente del tutto soddisfatto. Un suggerimento ci è offerto da un'annotazione risalente al 1690:

comme qui n'auroit pas besoin de preuve » (Christiaan Huygens, *Dynamique*, “Pièce X”, in OC, XIX, p. 164 [Hug. 1, f. 128v]). L'intera disputa sulla *vis viva* e la *vis mortua*, della quale egli può vedere solo gli inizi, appare a Huygens poco importante e frutto, tutto sommato, di un equivoco quasi interamente verbale; a Papin, che aveva preso contro Leibniz le parti dei cartesiani, Huygens scrive: « Vostre demeslé avec M. Leibnits [...] n'a pour fondement que des definitions peu exactes, et des mesentendus, de sorte que je m'etonne de ce qu'il croit que de vostre dispute depend de l'establisement des regles du mouvement » (Christiaan Huygens a Denis Papin, 2 novembre 1691, in OC, X, pp. 176-177).

⁹² Nei sommari dei risultati raggiunti nel campo dell'urto Huygens non dà al principio di conservazione di mv^2 il risalto conferitogli invece, ed a ragione, dagli storici; tale risultato, inoltre, non è mai nominato nel *Codex 7A*.

⁹³ Tale versione è identificata dai curatori delle *Oeuvres complètes* con il manoscritto B del *Codex Hugeniorum* 26A (ff. 39-56) ed è parzialmente pubblicata, come “Appendice II” al *De Motu Corporum ex Percussione*, in OC, XVI, pp. 137-149. Cfr. *supra*, pp. 10n-11n.

« Me jam inde ab anno 1652 [variante autografa: 1654] veras leges reperisse quae ad dura seu resistantia pertinent. sed ijs in lucem edendis supersedissee, quod praeter eas leges superessent quaedam de motus natura nondum penitus mihi nec satis liquido perspecta, quae longiorem meditationem requirebant »⁹⁴.

La difficoltà, che riguardava la sola prefazione, era dunque di natura filosofica e risiedeva nella determinazione del concetto di moto, ciò che non può stupire ove si pensi alle riserve con le quali era stato avanzato il principio di relatività: nuove riflessioni sembravano infatti metterne in discussione la validità universale e la possibilità di costituire, come era nelle intenzioni di Huygens, il fondamento più autentico del principio d'influenza.

⁹⁴ *Hug.* 7A, Frammento 15, nota <C>.

CAPITOLO SECONDO
RELATIVITÀ E ROTAZIONE ASSOLUTA

Negli studi sull'urto Huygens prende in esame esclusivamente moti rettilinei ed uniformi; ad essi soltanto è dunque rigorosamente limitata l'applicazione del principio d'ininfluenza del moto comune, come è esplicitamente dichiarato nella precisazione apposta, intorno al 1654, ad una delle ripetute enunciazioni della proposizione:

« Sed conveniat hoc inter nos ut corporibus duobus mutuo sibi occurrentibus etiamsi alio adhuc motu utrumque simul obnoxium sit, haud aliter invicem repellant respectu ejus qui eundem motum sequitur, quam si omnibus alter iste motus abesset. Sciendum autem de motibus ijs tantum nos agere qui sunt secundum lineam rectam et aequabiles »¹.

La concentrazione su quest'unico genere di traslazione è pienamente giustificata dalle finalità del lavoro, con il quale Huygens si propone di determinare le leggi che governano il caso più semplice di trasmissione del movimento; l'intenzione di fondare il principio d'ininfluenza su quello di relatività, espressa a più riprese negli abbozzi per la prefazione al trattato, comportava però un riesame complessivo della nozione di movimento. Proprio su questo punto Huygens incontra una grave ragione di perplessità: il principio di relatività, quale egli lo concepisce in questi primi anni, riguarda infatti qualsiasi movimento, mentre quello d'ininfluenza pare applicabile solo a quello rettilineo ed uniforme. Lo scarto impedisce di istituire un rapporto di dipendenza necessaria tra i due principi e dunque di fondare *ex penetrabilibus motus* la validità del metodo dimostrativo della nave; la prefazione al trattato viene così lasciata in sospenso per essere ripresa solo quando il problema parrà essere giunto a soluzione. Ciò

¹ Hug. 26A, f. 22r.

non avverrà che dopo il 1687, allorché un'interpretazione relativistica del tutto nuova del moto e della quiete si sostituirà a quella fin qui descritta; ed il fatto che Huygens avverta la necessità di approfondire l'esame di tale questione, prima di procedere alla pubblicazione, è chiaro segnale del rilievo da lui conferito, sin dagli anni '50, agli aspetti fondativi della filosofia naturale².

§ 1. Prima di considerare le difficoltà incontrate da Huygens nell'ulteriore indagine sul concetto di moto, intendo però tornare brevemente sul principio di relatività definito nel capitolo precedente; benché infatti egli non spenda molte parole per illustrarlo e si riprometta di affrontarne successivamente una più matura disamina (in seguito alla quale esso verrà abbandonato), la sua formulazione è assai innovativa. La dottrina del moto esposta da Huygens negli anni '50 si differenzia non solo, com'è ovvio, dalle teorie che postulano un riferimento unico per tutti i movimenti, ma anche dalla definizione "relativistica" proposta nei *Principia* da Descartes³, e difesa da alcuni suoi discepoli, quali il de Raei⁴ ed il Rohault⁵, con la quale pure viene spesso fatta coincidere. Nell'interpretazione che emerge dagli appunti sull'urto, moto e quiete sono determinati unicamente dalla relazione spaziale tra corpi: qualsiasi corpo o punto dello spazio può essere inteso come l'origine di un insieme di coordinate che definiscono i *situs*; un corpo che, rispetto ad un sistema di riferimento, modifichi la propria posizione, viene considerato in moto relativamente ad esso. Nulla vieta però che l'origine degli assi possa a sua volta essere giudicata in movimento rispetto ad un altro sistema qualsiasi, così che l'attribuzione del moto o della quiete sia ora differente:

² Cfr. il seguente passo inedito, probabilmente la traccia per una lettera a Golius degli anni '50 o '60: « Hic compendio tantum motus symptomata describimus. alia fortasse aetate accuratius et copiosius eadem tractaturi » (*Hug.* 26A, f. 40v).

³ « Si non tam ex vulgi usu, quam ex rei veritate, consideremus quid per motum debeat intelligi, ut aliqua ei determinata natura tribuatur: dicere possumus esse *translationem unius partis materiae, sive unius corporis, ex vicinia eorum corporum, quae illud immediate contingunt & tanquam quiescentia spectantur, in viciniam aliorum* » (René Descartes, *Principia Philosophiae*, II, art. 25, ed. cit., VIII-1, p. 53).

⁴ Cfr. *Clavis Philosophiae Naturalis, seu Introductio ad Naturae Contemplationem, Aristotelico-Cartesianam*: Authore, Joanne de Raei, L.A.M. ac Med. Doct. & in Acad. Lugd. Bat. Philos. Profess. Lugd. Batavor. Ex Officina Johannis & Danielis Elsevier. Academ. Typograph. 1654, p. 60.

⁵ Cfr. Jacques Rohault, *Traité de Physique*, Denys Thierry, Paris 1671, pp. 57-59.

« Itaque cum corpora quaedam moventur possumus motum eorum expendere cujusvis corporis alius respectu quod tanquam quiescens spectamus »⁶.

La scelta del riferimento, intende Huygens, è del tutto libera e non si vede alcuna ragione per limitarla ai corpi circonvicini, come pretendeva Descartes; la causa di questa differenza non risiede tanto nella pur indubbia inclinazione di Huygens a credere nell'esistenza del vuoto, quanto piuttosto nella sua concezione euclidea dello spazio fisico. Già nel 1654, dunque, l'indipendenza di Huygens dalla nozione di movimento dei *Principia* è totale⁷. Se da un lato Huygens rifiuta il riferimento materiale ed oggettivo (ma non universale) di Descartes⁸, dall'altro egli non condivide con gli oppositori del filosofo francese la tesi che l'immateriale *spacium mundanum* possa fungere da fisso ed univoco sostrato della collocazione spaziale dei corpi; per ammettere la presenza di una componente assoluta nello spazio fisico, che rimane costituito fino a prova contraria secondo il modello di quello infinito ed isomorfo della geometria, si dovrebbe poter dimostrare l'esistenza di un corpo immobile. Ma ciò non è possibile, neanche in via teorica:

« Motum quidem corporum esse liquido percipimus, sed quietem nusquam certo invenimus. Ubicunque enim duo corpora inter se distantiam mutant motum intervenire intelligimus sed corpus aliquod quiescens commonstrare neque aliquid tale esse asseverare possumus »⁹.

⁶ Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 103 [Hug. 26A, f. 13v].

⁷ Della definizione cartesiana del movimento Huygens scriverà intorno al 1690: « Male etiam quod immediate contingentium respectu motum corporis definit. quidni enim etiam longissime dissitorum? » (Hug. 7A, Frammento 9, rr. 31-32). La necessità di giudicare dello stato di moto o di quiete di un corpo solo in relazione ai corpi immediatamente adiacenti è argomentata ancora nel 1671 da Rohault, il quale difende la definizione cartesiana sostenendo che ogni altro riferimento non sarebbe altro che una « denomination exterieure, qui ne change rien en la chose, et qui ne dit rien de réel dans le sujet où on la considere » (Jacques Rohault, *op. cit.*, p. 57).

⁸ La posizione di Descartes appare a Huygens del tutto ingiustificata, al punto che giunge a dubitare della sua sincerità: « En ce qu'il [*sc.* Descartes] a escrit du mouvement il est certain qu'il s'est aucunement contraint pour eviter que sa Philosophie ne fut pas condamné a Rome pour avoir supposé la Terre mobile » (Christiaan Huygens a Franz W. de Nulandt, 26 aprile 1669, in OC, VI, pp. 420-421).

⁹ Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 108 [Hug. 26A, f. 21r]. In questo Huygens è d'accordo con Descartes: « Sed si tandem cogitemus, nulla ejusmodi puncta vere immota in universo reperiri, [...] inde concludemus nullum esse permanentem ullius rei locum, nisi quatenus a cogitatione nostra determinatur » (René Descartes, *Principia Philosophiae*, II, art. 13, ed. cit., VIII-1, p. 47).

Ogniqualevolta si afferma la quiete o il moto assoluto di un corpo non si fa altro che rimandare la questione, perché si cerca di considerare un termine isolatamente dalla relazione che, sola, ne determina il significato:

« Quidnam in corporibus quies sit aut motus nisi aliorum corporum respectu non videtur intelligi posse. Nihil enim de motu nobis imaginari aliud possumus quam quod permutet corporum ad se invicem distantiam et dispositionem »¹⁰.

Con il principio di relatività Huygens apre la via ad una considerazione del movimento libera da vincoli oggettivi: a seconda del riferimento prescelto, la velocità dello stesso mobile può assumere qualsiasi valore ed anche essere nulla. L'identità ontologica di moto e quiete che ne consegue caratterizza la teoria del primo Huygens come la più radicale espressione del relativismo fisico sorto nell'ambito del dibattito sul copernicanesimo, alternativa sia all'idea cartesiana del moto come mutamento dei rapporti di contiguità nel *plenum*, sia alla concezione sostanzialistica dello spazio ed al suo corollario dell'esistenza di luoghi in sé immobili.

§ 2. Il generale principio di relatività, sul quale Huygens ambisce a fondare il principio d'ininfluenza, viene messo in discussione dalla scoperta delle limitazioni imposte a quest'ultimo dall'esperienza: essa mostra infatti come gli effetti *fisici* della traslazione rettilinea ed uniforme siano nulli e, di conseguenza, il moto e la quiete siano relativi non soltanto *per noi*, che li consideriamo da un punto di vista limitato, ma *per la natura stessa*, che non ha posto in essi la capacità di produrre effetti diversi. Nell'analisi del moto circolare, affrontata a partire dal 1659¹¹, Huygens inizia invece a prendere coscienza della singolarità di tale movimento, nel quale si origina-

¹⁰ Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 111 [Hug. 26A, f. 22v].

¹¹ Il *De Vi Centrifuga*, a differenza del trattato sull'urto, non era stato espressamente indicato da Huygens, nel testamento, come opera da pubblicarsi; de Volder e Fullenius ritennero però che la teoria del moto circolare meritasse di essere conosciuta nella sua interezza ed approntarono una versione dei manoscritti huygensiani (pubblicata nel 1703 alle pp. 399-428 dei già citati *Opuscula postuma*) considerevolmente rimaneggiata ed incrementata con l'aggiunta di alcune dimostrazioni non originali. Tale versione fu adottata anche dai curatori delle *Oeuvres complètes*, che si limitarono ad avvertire in nota il lettore della manipolazione compiuta dai primi editori; sull'intera questione si vedano le osservazioni di Joella G. Yoder in *Unrolling Time. Christiaan Huygens and the Mathematization of Nature*, Cambridge University Press, Cambridge [...] 1988, soprattutto p. 186. L'influenza della teoria huygensiana del moto circolare sui contemporanei fu comunque assicurata dalla pubblicazione nel 1673 di tredici proposi-

no effetti fisici assenti nei corpi mossi di moto rettilineo ed uniforme, e giunge infine a negare, almeno per esso, il principio di relatività fino ad allora difeso. Uno dei principali impulsi allo studio del moto rotatorio è senz'altro la necessità di perfezionare il funzionamento dell'orologio oscillatorio, descritto per la prima volta nel 1658¹², sostituendo l'impreciso pendolo ordinario con un pendolo conico (il cui peso descrive cioè una traiettoria circolare); l'argomento è però affrontato da Huygens in tutta la sua ampiezza, anche per la consapevolezza che le precedenti trattazioni non erano pervenute ad una soddisfacente quantificazione della forza prodotta dalla rotazione. Egli ha presente la discussione galileiana intorno all'argomento anticopernicano secondo il quale « una vertigine veloce ha facultà di estrarre e dissipare le materie aderenti alla machina che va in volta »¹³ ma ritiene errata la soluzione offerta nella Giornata Seconda del *Dialogo* e riconsidera l'argomento dal principio¹⁴. Non tenterò nemmeno di accennare qui al complesso discorso huygensiano, il cui oggetto esula dall'argomento di questo studio¹⁵, e mi limiterò a mettere a fuoco un punto che illumina l'evolversi delle sue idee riguardo alla natura del movimento. Uno dei problemi preliminari che egli si pone è quello di determinare la causa della tensione nel filo che unisce un corpo ruotante al centro di rotazione. La seguente figura mostra una ruota parallela all'orizzonte; si ricordi che Huygens astrae qui sia dall'attrito sia dalla gravità.

zioni, sotto forma di appendice all'*Horologium Oscillatorium*; le dimostrazioni ivi promesse da Huygens, delle quali era già in possesso dalla fine degli anni '50, non furono però mai divulgate lui vivente e non mancarono i tentativi, come ad esempio quello del newtoniano John Keill (*An introduction to Natural Philosophy: or, Philosophical Lectures Read in the University of Oxford, Anno Dom. 1700. To which are added, The Demonstrations of Monsieur Huygens's Theorems, concerning the Centrifugal Force and Circular Motion*, William and John Innys & John Osborn, London 1720), di colmare la lacuna; nell'opera uscita dopo gli *Opuscula postuma*, Keill sostiene di essere giunto alle dimostrazioni prima del 1703.

¹² Christiaan Huygens, *Horologium*, in OC, XVII, pp. 41-73.

¹³ Galileo Galilei, *Dialogo*, ed. cit., VII, p. 214.

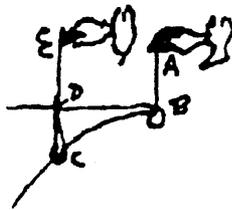
¹⁴ In un foglio del 1659, probabilmente il primo appunto steso sul problema del moto circolare, Huygens cita il verso oraziano « Libera per vacuum posui vestigia princeps » (Christiaan Huygens, *De Vi Centrifuga*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 302 [*Hug.* 26, f. 4r]), che verrà poi ripreso nel *Codex 7A* (Appendice I, rr. 8-9), dove sarà preceduto dalla frase « Galileus deceptus » (*ibid.*). Cfr. *Hug.* 7A, note 2 e 3 all'Appendice I.

¹⁵ Il recente studio della Yoder, sopra citato, fornisce una completa disamina degli scritti huygensiani in questione, che vengono analizzati alla luce di un'accurata ricostruzione dell'ordine di composizione dei fogli manoscritti e degli obiettivi originali di Huygens.

vera e quale solo apparente, in quanto le considera valide entrambe, ciascuna relativamente al proprio riferimento. Egli sa bene che il corpo, lasciato libero, si muoverebbe di moto inerziale ma, nondimeno, afferma che il *conatus recedendi a centro* risiede realmente nella sferetta: « Hunc conatum inesse plumbo recte dicemus »¹⁶.

L'argomentazione, con l'introduzione di un duplice punto di osservazione del moto, richiama a prima vista l'artificio della nave impiegato nello studio dell'urto, ed è anzi chiaro che la sua applicazione al moto circolare richiede una concezione del movimento pienamente relativistica, ancora più ampia di quella implicita nel principio d'ininfluenza. Proprio l'osservazione sulla reale presenza di un *conatus* nel corpo ruotante costituisce però, allo stesso tempo, il primo passo verso una revisione di tale assunto relativistico generale; in un'annotazione esplicativa al passo citato, infatti, Huygens afferma che la realtà del *conatus* autorizza a parlare di un valore assoluto della forza prodottasi, che viene paragonata a quella che si manifesta come gravità:

« Non respiciendum quomodo a filo separari conetur situm AB servante, sed quomodo ab eodem moveri pergente recessurum sit. Quod exemplo globuli ex filo suspensi quod quis aequabili motu horizontali defert clarum fiet. hoc enim si separetur a filo in B parabolam describet BC quae ad rectos angulos occurrit AB. Verumtamen conatum integrum gravitatis manus sentit. quoniam respectu manus moveri pergentis descendere conatur globus secundum extensionem fili, nam ubi manus pervenerit in E, globus a filo separatus esset spatio DC. Et plane rectam lineam percurreret respectu manus motae licet respectu quiescentis parabolam percurrat »¹⁷.



3

Figura da OC, XVI, p. 260 [Hug. 26, f. 11v]

¹⁶ Christiaan Huygens, *De Vi Centrifuga*, in OC, XVI, p. 261 [Hug. 26, f. 11v].

¹⁷ *Ibi*, pp. 260n-261n [Hug. 26, f. 11v]; il corsivo è mio. Tra il passo citato e la figura Huygens aggiunse a penna: « dit niet »; essi non furono perciò inseriti nell'edizione del 1703.

Nonostante quest'importante accenno, tuttavia, Huygens non vede ancora con chiarezza che l'ingenerarsi di una reale forza centrifuga nei corpi ruotanti, e la conseguente necessità di limitare il principio d'influenza ai soli moti rettilinei ed uniformi, costringe ad una revisione della sua prima interpretazione relativistica del movimento; è solo intorno al 1669, a quanto sappiamo, che egli darà espressione alla difficoltà, limitando ai soli moti retti la qualifica di "relativi" ed attribuendo invece a quelli circolari la peculiarità di poter essere distinti in "veri" o "soltanto relativi" a seconda che il corpo ruotante manifesti o meno la tendenza ad allontanarsi dal centro o dall'asse.

§ 3. Prima che il nuovo argomento modifichi in modo irreversibile il senso dell'intera questione, inducendo Huygens a postulare per quasi vent'anni la presenza nel moto circolare di un *kritèrion* atto a distinguere gli spostamenti reali da quelli solo relativi, egli ha modo di riprendere le tematiche proprie degli appunti sull'urto in alcuni scritti, risalenti alla fine degli anni '60, nei quali il suo giudizio circa la natura del movimento è ancora espresso in termini sostanzialmente simili a quelli impiegati nel periodo 1652-1656 e senza alcun riferimento al tema della rotazione assoluta. Di particolare interesse è l'opinione espressa in un appunto del 1668¹⁸ riguardo alla « piccola Guerra litteraria in 3° fra [Borelli] [...], Il Padre Riccioli, et il Padre de Angelis sopra gl'argumenti, ò dimostrazioni circa il moto ò stabilità della Terra »¹⁹, sorta in Italia l'anno precedente, che aveva messo a rumore gli ambienti scientifici del nostro paese²⁰; dalla legge ga-

¹⁸ Nelle *Oeuvres complètes* questo appunto è inserito nell'epistolario (OC, VI, p. 327) come lettera dal destinatario ignoto; la datazione al 1668, data in forma dubitativa, è inferita dal fatto che in esso Huygens discute delle osservazioni contenute in un resoconto di James Gregory pubblicato nelle « Philosophical Transactions » del 15 giugno 1668 (egualmente pubblicato in OC, VI, pp. 328-332). In realtà il 1668 è solo il *terminus a quo* ed il fatto che il testo sia la minuta di una lettera non è accertabile con sicurezza; esso occupa le prime due pagine di un foglio doppio (attualmente incluso nel *Codex Hugeniorum* 45) che contiene anche, alle pagine 2 e 3 (la p. 4 è bianca), disegni e calcoli, che non offrono però indicazioni sufficienti per l'identificazione e la datazione. Vollgraff non è probabilmente lontano dal vero quando definisce questo appunto huygeniano « a page written for himself » (Johan A. Vollgraff, *The Life and Works of Christiaan Huygens (1629-1695)*, dattiloscritto inedito conservato presso la Biblioteca dell'Università di Leida, s.d., p. 279).

¹⁹ Leopoldo de' Medici a Christiaan Huygens, 10 febbraio 1667, in OC, VI, pp. 105-106.

²⁰ Riguardo a questa disputa cfr. soprattutto Paolo Galluzzi, *Galileo contro Copernico. Il dibattito sulla prova "galileiana" di G.B. Riccioli contro il moto della Terra alla*

lileiana sulla caduta dei gravi, a detta di Giovanni Battista Riccioli, si poteva infatti ricavare un argomento definitivo contro l'ipotesi copernicana, tanto tenacemente avversata dal suo Ordine. Naturalmente Huygens non entra nel merito della questione, poiché non ha alcun dubbio né sulla correttezza della legge galileiana né sulla verità dell'ipotesi di Copernico, e si limita perciò a criticare una tesi implicitamente contenuta negli argomenti del Riccioli. L'astronomo gesuita, nel sostenere la propria opinione, faceva rilevare la contraddizione esistente tra il moto retto ed accelerato che, secondo l'evidente testimonianza dei sensi, è proprio ad un grave lasciato cadere sul piano dell'Equatore, e la traiettoria circolare percorsa con moto uniforme che lo stesso grave si troverebbe a descrivere se la Terra fosse mossa. Su questo punto Huygens si sofferma brevemente, evitando altre questioni sulle quali pure avrebbe avuto molte osservazioni da fare (fu soprattutto Borelli a svelare l'inconsistenza dell'argomento "fisico-matematico"): la coesistenza rilevata dal Riccioli fra un'accelerazione « *realis ac notabilis* » quale quella che osserviamo quotidianamente nei gravi e della cui esistenza non possiamo effettivamente dubitare, ed un'altra accelerazione « *tantum apparens* », che può essere interpretata come un moto circolare ed uniforme, non è da intendersi come indizio di una contraddizione. Al medesimo movimento possono benissimo adattarsi due differenti descrizioni, anche del tutto opposte, senza che una debba necessariamente ritenersi *più vera* dell'altra:

« Pour moy je demanderois devant toute chose ce qu'il entend [...] par acceleration reelle, et en quoy elle differe d'acceleration apparente. Car s'il dit que les corps tombent avec acceleration reelle, parce qu'on void qu'ils approchent de la terre de plus en plus viste, je diray que cette approche acceleree se peut faire aussi bien quand la terre tourne que quand elle est immobile, et qu'il n'aura pas plus raison de dire de l'une que de l'autre qu'elles sont reelles »²¹.

Il limite del ragionamento del Riccioli consiste dunque nel mantenere la Terra come riferimento fisso del moto e della quiete anche quando, per ipotesi, ne ammette il movimento; in quest'ultimo caso, infatti, egli descri-

luce di nuovi documenti, in « Annali dell'istituto e museo di storia della scienza di Firenze », II (1977-II), pp. 87-148; cfr. inoltre Alexandre Koyré, *A Documentary History of the Problem of Fall from Kepler to Newton, De Motu Graviorum Naturaliter Cadentium in Hypothesi Terrae Motae*, in « Transactions of the American Philosophical Society », XLV (1955), n.s., pp. 329-395, dove vengono riportate, in traduzione, ampie parti dei testi.

²¹ Christiaan Huygens a (?), 1668 (?), in OC, VI, p. 327 [Hug. 45].

ve la traiettoria del grave come la giudicherebbe un osservatore esterno alla Terra e non solidale col moto di questa, situato cioè in una posizione analoga a quella di un osservatore posto sulla Terra immobile. Riccioli, in altre parole, non è in grado di disancorarsi dalla prospettiva di un mondo finito e dotato di un centro stabile e continua a considerare velocità e direzione di un movimento come determinazioni assolute, indipendenti dall'osservatore, o meglio osservabili in un unico modo: quello della cosmologia geocentrica. A questa posizione ormai insostenibile, ed ancora una volta espressione delle ultime resistenze alla filosofia copernicana, Huygens contrappone la concezione del moto emersa dai suoi studi sull'urto e propone una teoria relativistica estremamente radicale, indubbiamente spinta al di là delle stesse convinzioni dei copernicani del suo tempo:

« Le mouvement d'un corps peut estre en mesme temps veritablement egal et veritablement accelerè selon qu'on raporte son mouvement a d'autres differents corps »²².

Che il moto di caduta abbia una causa certa che ne spiega il costante incremento di velocità è per Huygens del tutto irrilevante; *in quanto movimento* esso non è che relazione, e non vi è un solo punto di riferimento per giudicarlo, ma infiniti.

§ 4. Con il *De Motu Corporum* Huygens ha individuate le regole che presiedono alla comunicazione del movimento tra corpi duri; l'importanza di questo risultato è per Huygens grandissima, dal momento che nell'urto egli vede l'unica forma di causalità razionalmente ammissibile in natura:

« Si natura universa corpusculis quibusdam constat e quorum motu omnis rerum diversitas oriatur, quorumque celerrimo impulsu lux momento temporis propagetur et per immensa caeli spatia defluat, ut probabile esse multi philosophi existimarunt, non parum adjuvari haec contemplatio videbitur si verae motus leges innotuerint quaque ratione de corporibus in corpora transferatur »²³.

La questione della causa fisica di tale comunicazione, e cioè di quale sia la ragione della durezza dei corpi, era però restata aperta, in quanto Huygens non aveva ancora optato decisamente per l'esistenza di atomi, ossia per l'attribuzione di una *dureté parfaite* o *infinie* alle parti ultime dei corpi. Già rilevante di per sé, in quanto fondamentale argomento per l'in-

²² *Ibid.*

²³ Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice III", in OC, XVI, p. 150 [Hug. 26A, f. 39r].

dagine circa la costituzione della materia, questo tema acquista interesse ancor più grande perché evidenzia una peculiare caratteristica della metodologia huygensiana: se infatti Huygens mutua da Descartes la visione meccanicistica del mondo, il ruolo che essa riveste nella sua attività scientifica concreta è assai differente, concretizzandosi principalmente nella funzione di vaglio delle spiegazioni possibili. Per essere accettabile, la determinazione di una causa deve in primo luogo essere espressa in termini di materia e movimento; l'individuazione del meccanismo causale, tuttavia, non è sempre immediatamente raggiungibile. Il ricercatore deve saper pazientare e fermarsi alla fase intermedia, nella quale si definiscono le leggi di un fenomeno ma non se ne conosce ancora la causa.

Una chiara manifestazione di questo atteggiamento è riscontrabile nella breve disputa epistolare che Huygens sostiene nel 1669, per il tramite del segretario della Royal Society²⁴ Henry Oldenburg, con il giovane studioso inglese William Neile (1637-1670); in essa, da un lato egli difende con forza il valore di una ricerca che dia anche soltanto una corretta descrizione dei fenomeni e permetta di ridurre a legge i dati dell'esperienza, dall'altro riconosce che l'investigazione delle cause profonde che determinano il comportamento della natura, in questo caso appunto la trasmissione del movimento nell'urto, deve proseguire fino al completo disvelamento dei meccanismi nascosti. Nella *Theory concerning Motion*, il breve scritto che Neile sottopone al giudizio di Huygens, viene avanzata l'ipotesi che in ogni corpo vi sia un « intestin motion »²⁵, che ne spiega la coesione e l'elasticità senza peraltro interferire con il moto complessivo; senza questo movimento interno, ritiene Neile, l'esito dell'urto tra corpi che si scontrano in linea retta sarebbe in ogni caso la quiete di entrambi. Egli pensa di avere in tal modo trovato anche la *causa fisica* del movimento laddove, a suo dire, Huygens aveva soltanto stabilito le leggi dalle quali è governata la sua comunicazione. A Huygens sembra però assai difficile individuare questa causa:

« Pour sçavoir si la communication du mouvement des corps se fait

²⁴ Circa i rapporti di Huygens con i dotti inglesi cfr. soprattutto Thomas Birch, *The History of the Royal Society of London for improving of natural knowledge, from its first rise. In which The most considerable of those Papers communicated to the Society, which have hitherto not been published, are inserted in their proper order, as a supplement to The Philosophical Transactions [...]*, A. Millar, London 1756-1757, ristampa Johnson Reprint, London-New York 1968, II, *passim*. Inoltre: A. Rupert Hall, *Mechanics and the Royal Society, 1668-1670*, cit. e Marie Boas Hall, *Huygens' Scientific Contacts with England*, in Aa.Vv., *Studies on Christiaan Huygens*, cit., pp. 66-82.

²⁵ William Neile, *Theory concerning Motion*, in OC, VI, p. 467. Il trattatello fu inviato da Oldenburg a Huygens unitamente alla lettera del 28 giugno 1669.

par le ressort que font les parties ou par celuy de l'air ou autre matiere qui est serree entre deux, ou par la durezza seule, c'est une question qui n'est pas encore bien decidée, mais dans la demonstration de mes regles, il ne m'importe point lequel des trois on suppose »²⁶.

Oldenburg gli fa sapere che Neile non si ritiene del tutto appagato da questa risposta; gli pare piuttosto che Huygens intenda rinunciare anzitempo alla ricerca:

« JI souhaite pourtant, que quelque habile homme entrepris de decouvrir la veritable nature et les vrais principes du mouvement, d'ou procedent ces regles là, que vous, Monsieur Wren, et Doctor Wallis avez si doctement avancées; adjoustant, que tout ce qui a esté fait iusques icy, nous apprend seulement, que la Nature observe telles et telles loix et proportions en mouvant les corps; mais que rien qui vaille n'a pas encore esté avancé touchant la cause physique, qui fait qu'un corps se meut et change de place »²⁷.

Nella replica conclusiva Huygens rivendica l'importanza delle proprie ricerche, che avevano svelato la regolarità del comportamento della natura, e nega che si possa pervenire alla determinazione della causa senza introdurre ipotesi estranee alla meccanica, come ad esempio quella di una *durezza parfaite* intrinseca alle parti minime della materia²⁸:

« Pour la raison que demande Monsieur Neile pourquoy un corps donne du mouvement a un autre qu'il rencontre, je ne crois pas qu'on la puisse trouver par des principes plus connus. Et je pense avoir fait quelque chose d'avoir démontré les regles de communication de mouvement que la nature observe. Quoy que je ne montre que le τὸ ὄτι »²⁹.

²⁶ Christiaan Huygens a Henry Oldenburg, 10 agosto 1669, in OC, VI, p. 481.

²⁷ Henry Oldenburg a Christiaan Huygens, 17 ottobre 1669, in OC, VI, p. 504. Leibniz, l'anno successivo, muoverà alle regole di Huygens e Wren una critica assai simile a questa: « [Leibniz] semble de juger que ny vous ny Monsieur Wren ayez assigné les causes de ces Phaenomenes, que vous avez consideré en establiissant vos regles » (Henry Oldenburg a Christiaan Huygens, 7 aprile 1671, in OC, VII, p. 56). Gli scritti leibniziani sul moto degli anni 1670-1671 sono tra l'altro dedicati a risolvere questa questione, a suo giudizio ancora aperta.

²⁸ Nel *Codex 7A* Huygens proporrà infatti la tesi della durezza assoluta come ipotesi estremamente probabile ma indimostrabile: « An perfecte dura resilient? [...] verisimile propter atomos ne adherescant » (Frammento 5, rr. 62-64); cfr. anche Frammento 10, rr. 13-28. Sul ruolo del concetto di durezza nell'opera di Huygens cfr. Christopher B. Burch, *op. cit.*, pp. 142 e sgg. e Henricus A.M. Snelders, *Christiaan Huygens and the Concept of Matter*, in Aa.Vv., *Studies on Christiaan Huygens*, cit., soprattutto le pp. 113-117.

²⁹ Christiaan Huygens a Henry Oldenburg, 30 ottobre 1669, in OC, VI, p. 514.

Come si può evincere da quest'ultima affermazione, Huygens coglie perfettamente la distinzione tra il piano descrittivo e quello esplicativo; il suo rifiuto di determinare la *cause physique* del rimbalzo dei corpi nella collisione non deriva da un'epistemologia di tipo prepositivista o da una volontà di geometrizzazione ad oltranza della fisica ma piuttosto dalla convinzione di avere condotto l'analisi ad un grado di generalità non superabile *all'interno della scienza del movimento*. La soluzione del problema deve dunque venire da una più approfondita considerazione filosofica, alla quale Huygens si sottrae solo temporaneamente, intorno alla natura del corpo.

Oltre alla questione epistemologica lo scritto di Neile contiene anche un implicito accenno critico al principio di relatività; nel quarto paragrafo egli afferma infatti:

« Wherever there is resistance or reaction, there is motion; for if ye matter were quiescent, there would be no resistance to motion »³⁰.

Alla base di questa proposizione c'è ovviamente la convinzione che la quiete di un corpo sia una condizione ontologica predicabile in via assoluta ed essenzialmente distinta dal moto³¹; in particolare, la quiete è da Neile caratterizzata come lo stato in cui un corpo non è in grado di agire su un

³⁰ William Neile, *op. cit.*, in OC, VI, p. 467.

³¹ Una posizione assai vicina a quella di Neile è espressa nel medesimo torno di tempo dal giovane Leibniz, ad esempio in una lettera del 1670 indirizzata ad Oldenburg e da questi fatta poi pervenire a Huygens per presentargli il brillante « nouveau Philosophie » tedesco. In un contesto analogo a quello della *Theory* del Neile, e cioè in seguito ad una riflessione sulle leggi della comunicazione del movimento pubblicate da Huygens e Wren, Leibniz espone le proprie idee sulla metodologia dell'indagine fisica, che egli pensa doversi condurre secondo modalità rigorosamente aprioristiche; tra le proposizioni delle quali egli afferma l'assoluta validità, nonostante la testimonianza contraria dei sensi, vi è la seguente: « Corporis vere quiescentis nullam resistantiam ac reactionem esse posse » (Gottfried W. Leibniz a Henry Oldenburg, 28 settembre 1670 v.st., in Gottfried W. Leibniz, *Sämtliche Schriften und Briefe*, serie II [Philosophischer Briefwechsel], a cura di Erich Hochstetter *et al.*, Otto Reichl, Darmstadt 1926, I, p. 63). Nella *Theoria motus abstracti*, composta nel medesimo anno, egli sostiene posizioni analoghe; cfr. ad esempio la sesta proposizione dei "Fundamenta praedemonstrabilia": « Quietis ad motum non est ratio quae puncti ad spatium, sed quae nullius ad unum » (Gottfried W. Leibniz, *Theoria motus abstracti*, in *Sämtliche Schriften und Briefe*, serie VI [Philosophische Schriften], a cura di Willy Kabitz e Heinrich Schepers, Akademie-Verlag, Berlin 1966, II, p. 265). Riguardo alla quarta regola cartesiana, di conseguenza, Leibniz si limita a notare l'incongruenza per cui la quiete prevarrebbe sul moto, cioè il nulla sull'unità; cfr. *ibi*, II, p. 275. L'incapacità ontologica della quiete ad operare alcunché è già sostenuta nel *De rationibus motus*, steso nel 1669, immediatamente dopo che Leibniz venne a conoscenza delle regole huygensiane: « Quies nullius rei causa est, seu corpus quiescens alii corpori nec motum tribuit, nec quietem, nec directionem, nec velocitatem. Hoc jam theorema Hugenianae regulae primae et quae ex ea pendent,

altro in quanto la sua grandezza, non animata da alcun principio attivo, resta inerte ed inoperante nello scontro. La risposta di Huygens ribadisce la convinzione che moto e quiete siano situati su un medesimo piano ontologico ed esclude che nell'uno ci sia "qualcosa" in più che nell'altro, come ad esempio questa capacità di opporsi all'azione di altri corpi che Neile attribuisce al movimento e nega alla quiete. Huygens individua in questo pregiudizio l'errore fondamentale della teoria di Neile e, riaffermando la propria concezione relativistica, ne vanifica l'intera efficacia:

« Le raisonnement de Monsieur Neile touchant le mouvement est fort metaphysique et subtil, mais je ne scaurois demeurer d'accord de la plus part des principes qu'il avance, comme entre autres ce qu'il dit [...] que les corps qui sont en repos ne font nulle resistance au mouvement des autres. Car selon moy le repos et le mouvement ne peuvent estre considerez que relativement, et le meme corps qu'on dit en repos a l'egard de quelques uns, peut estre dit se mouvoir a l'egard d'autres corps, et mesme il n'y a pas plus de realité de mouvement dans l'un que dans l'autre »³².

Nella lettera successiva Oldenburg gli comunica l'argomento che Neile, pur convinto sugli altri punti, oppone al principio di relatività huygensiano: egli immagina il caso di un corpo che, essendo del tutto solo nell'universo, non possa essere considerato che in relazione a se stesso. A questo corpo, secondo Neile, deve necessariamente competere lo stato di moto o di quiete assoluta, in mancanza di qualsiasi riferimento possibile:

« Posé qu'il n'y ait qu'un seul corps au monde, (ce qui n'est pas impossible) ce corps lá devroit estre considéré absolument, et estre ou en repos ou en mouvement, sans aucune relation »³³.

Evidentissima, in queste parole riportate dall'Oldenburg, è la convinzione che moto e quiete siano stati assoluti del corpo, differenti l'uno dall'altro in virtù di qualche proprietà indipendente sia dall'osservatore sia

sequentibus, adversum est » (Gottfried W. Leibniz, *De rationibus motus*, in *Sämtliche Schriften und Briefe*, serie VI [Philosophische Schriften], cit., II, p. 161). Ma una successiva annotazione marginale a questo passo indica che Leibniz ha rimeditato le ragioni huygensiane: « Objectio haec mea nullius est momenti, nisi posita quiete absoluta, sed videtur omnis motus et quies esse relativa; et ideo potest dici A moveri ad B quiescens, vel ea ad se invicem tendere » (*ibi*, p. 161n); ad attenuare la « distinction tranchée » (Martial Gueroult, *Leibniz. Dynamique et métaphysique*, cit., p. 33) tra moto e quiete, inoltre, interverrà in seguito il postulato della continuità della natura. Sarà paradossalmente proprio Huygens ad indicare a Leibniz una possibile via per dubitare della relatività generale; cfr. *infra*, p. 63.

³² Christiaan Huygens a Henry Oldenburg, 10 agosto 1669, in OC, VI, p. 481.

³³ Henry Oldenburg a Christiaan Huygens, 17 ottobre 1669, in OC, VI, p. 504.

dalla situazione nella quale il corpo si trova; ciascun corpo si deve necessariamente trovare in uno dei due stati e sicuramente non in entrambi. In altre parole, Neile applica il principio del terzo escluso al caso del corpo solitario senza porsi la domanda se il moto sia la qualità di *un* corpo e non piuttosto una relazione tra più corpi; al quesito se un corpo sia “maggiore” o “minore”, ad esempio, non c'è evidentemente risposta, perché questi termini esprimono una relazione ed il loro significato decade fuori da essa. Allo stesso modo, i termini “mosso” e “in quiete” sono per Huygens da intendersi come predicabili solo rispetto a qualche altro corpo o punto dello spazio; nell'ultima lettera egli ribadisce questa tesi, della cui novità è peraltro consapevole, ed accusa piuttosto il Neile di parlare di moto assoluto senza averne una definizione accettabile ed univoca:

« Pour ce qui est de sa supposition d'un seul corps dans tout le monde, je dis qu'on ne pourroit considerer ni du mouvement ni du repos dans ce corps, par ce qu'il n'y auroit rien a quoy les rapporter. Et s'il ne veut pas m'accorder que le mouvement et le repos ne se peuvent considerer que relativement, je le prie de me dire et definir ce que c'est l'un ou l'autre a les prendre absolute et sans relation »³⁴.

§ 5. Dal 1666 Huygens risiede a Parigi, dove è stato chiamato da Colbert, su indicazione di Jean Chapelain, quale membro preminente della nascente Académie Royale des Sciences³⁵; qui egli lavora a progetti scientifici della più varia natura e trova l'occasione di riprendere argomenti ai quali non si dedicava più da tempo. Nelle sedute del 4, 11 e 18 gennaio 1668 egli ha modo di esporre le proprie regole circa la comunicazione del movimento tra corpi duri, che vengono divulgate così ufficialmente per la prima volta; proprio per tale occasione, secondo i curatori del sedicesimo volume delle *Oeuvres complètes*, Huygens avrebbe steso i brevi appunti che si trovano in un volume rilegato di *adversaria* siglato con la lettera D. In realtà è assai probabile che queste note siano posteriori di almeno un anno³⁶, in quanto sembrano riflettere un'opinione più matura di quella

³⁴ Christiaan Huygens a Henry Oldenburg, 30 ottobre 1669, in OC, VI, p. 514.

³⁵ Cfr. Jacques Roger, *La politique intellectuelle de Colbert et l'installation de Huygens à Paris*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*. Table ronde du C.N.R.S., Paris 27-29 mars 1979, Vrin, Paris 1982, pp. 41-47.

³⁶ Nella sua *Biographie de Christiaan Huygens* (OC, XXII, pp. 637-638) il Vollgraff opinò che la redazione di questi appunti dovrebbe risalire alla fine del 1668 o agli inizi del 1669; essi si trovano infatti sul f. 59r-v del *Codex D* (ora *Codex Hugeniorum 2*), che reca le date « 28 Oct. 1668 » sul f. 44v e « 1669 » sul f. 60v. L'osservazione è molto

espressa nella nota sul Riccioli discussa nel terzo paragrafo del presente capitolo. Nella storia dell'idea di moto questi appunti rivestono un'importanza non secondaria: oltre a segnare una svolta nelle convinzioni di Huygens, essi contengono infatti la prima formulazione di un tema, quello della differente natura del moto retto e di quello circolare riguardo al principio di relatività, destinato ad avere per lungo tempo un ruolo importante nella filosofia della natura.

Con un chiaro progresso rispetto alle enunciazioni del principio contenute negli appunti sull'urto e ribadite ancora successivamente, Huygens afferma qui la necessità di operare una limitazione alle radicali conclusioni alle quali era pervenuto, circoscrivendole al solo moto rettilineo; sulla natura di quest'ultimo, infatti, Huygens non ha affatto cambiato idea:

« Il n'y a rien qui distingue le mouvement droit d'avec le repos, et que l'un et l'autre n'est que relatif, l'estendue du monde estant infinie »³⁷.

Il frammento conferma la prima posizione di Huygens, che nel movimento non vedeva altro che il mutato rapporto spaziale tra corpi e rifiutava di porre nel corpo mosso qualità che non siano proprie alla materia in quanto tale. Su questo punto egli mantiene ferma la sua convinzione nell'identità ontologica di moto e quiete che, per quanto potesse essere il frutto di una lezione cartesiana o galileiana, mai aveva trovato prima di lui una formulazione del tutto priva di remore; anche in questi appunti, che pure segnano una revisione del principio di relatività, egli non si appella mai ad una differenza intrinseca che ponga la quiete su un grado di realtà minore, o comunque diverso, rispetto al moto³⁸. L'osservazione citata appare dunque ispirata alle posizioni più avanzate da Huygens raggiunte fino

probabilmente esatta, anche se va ricordato che la successione delle pagine nei volumi rilegati non coincide sempre con l'ordine cronologico delle note, in quanto Huygens lasciava a volte in bianco degli spazi per tornare a riempirli anche molto tempo dopo. Se la congettura di Vollgraff risponde a verità, come mi sembra assai probabile, risulta errata l'identificazione di questi appunti con quelli utilizzati per le citate sedute dell'Accademia, sul contenuto delle quali non si avrebbe pertanto alcuna notizia precisa. Nei *Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences*, conservati a Parigi nell'archivio dell'Accademia, non è in effetti rintracciabile alcun resoconto del discorso di Huygens e del dibattito da esso provocato; cfr. *Hug.* 7A, nota 4 al Frammento 5.

³⁷ *Extrait d'une lettre de M. Hugen à l'Auteur du Journal sur les regles du mouvement dans la rencontre des corps*, "Appendice", in OC, XVI, p. 183 [*Hug.* 2, f. 59r].

³⁸ Nel *Codex* 7A egli illustrerà l'argomento che, a suo dire, induceva molti, anche tra i cultori della nuova scienza, a porre una distinzione sostanziale tra il moto e la quiete: « An putas esse aliquid in corpore quod quiescit, per quod quiescat. aut dices illud per quietem quiescere? Sic neque aliquid in corpore moto est per quod movetur, non motus, non impressio. sed hoc solum moveri » (*Hug.* 7A, Frammento 3, nota <D>).

a quel momento, le medesime espresse anche nelle osservazioni sull'argomento fisico-matematico del Riccioli contro il moto della Terra. L'appunto che (secondo la numerazione data successivamente dallo stesso Huygens) precede immediatamente quello riguardante il moto retto rivela però che è intervenuto un ripensamento:

« Mouvement droit n'est que relatif entre divers corps, le circulaire autre chose et a son κριτηριον que le droit n'a point. mais on en parlera dans un [*sic*] autre occasion »³⁹.

La distinzione che Huygens opera qui tra il moto retto e quello circolare, molto "datata" a prima vista, non è in realtà da ricondursi a quella tradizione, pure importante ed ancora operante ad esempio in Galileo, che vede in questi due generi l'esaurirsi dei casi semplici o naturali di spostamento⁴⁰; sulla scorta di Descartes Huygens si è già da tempo definitivamente affrancato da questo schema classificatorio e non tenta certo di reintrodurlo in questa sede. Il motivo che spinge Huygens ad attribuire caratteristiche singolari al moto circolare è piuttosto illustrato nella memoria da lui letta davanti alla stessa Accademia il 28 agosto 1669 ed alla quale già pensava, come appare dall'ultima frase riportata, quando stese gli appunti contenuti nel *Codex 2*. In tale lavoro egli introduce la bipartizione dei movimenti in retti e circolari al fine di determinare la causa della gravità: a questo scopo, coerentemente con l'impostazione meccanicistica che sempre orienta la sua scelta delle ipotesi, egli ritiene che si debbano considerare soltanto le differenti grandezze, figure e movimenti, « en ne supposant dans la nature que des corps faits d'une mesme matiere, dans lesquels on ne considere nulle qualité, ny inclination a s'approcher les uns des autres »⁴¹. L'indagine è poi ristretta al solo movimento, poiché la gravità è « une tendance ou inclination au mouvement »⁴² e deve perciò essere prodotta da un movimento. Si tratterà dunque di trovare un moto il cui effetto sia simile a quello prodotto dalla gravità:

« Mais tant que l'on ne considere que le mouvement droit et les reflexions qui en arrivent entre les parties de la matiere on ne trouve rien qui

³⁹ *Extrait d'une lettre de M. Hugen*, "Appendice", in OC, XVI, p. 183 [*Hug. 2*, f. 59r].

⁴⁰ La distinzione è puramente fenomenologica: « Nous voyons deux sortes de mouvements dans le monde, le droit et le circulaire » (Christiaan Huygens, *Mémoire du 28 août 1669*, in OC, XIX, p. 631).

⁴¹ *Ibid.*

⁴² *Ibid.*

les determine vers un centre. Il faut donc venir necessairement aux proprietes du mouvement circulaire, et voir s'il y en a quelqu'une qui nous puisse servir en cecy »⁴³.

Nel riprendere in modo esplicito la nota spiegazione di Descartes⁴⁴, dalla quale pure si discosta sensibilmente per il modo di intendere la materia fluida ed il suo continuo movimento vorticoso, Huygens perviene alla conclusione che il meccanismo che produce la gravità è « l'action de la matiere fluide qui tourne circulairement autour du centre de la terre en tous sens par laquelle elle tend a s'en esloigner et pousser en sa place des corps qui ne suivent pas ce mouvement »⁴⁵. La proprietà del moto circolare che causa tale comportamento della materia è la sua capacità di ingenerare, nel corpo che ruota intorno ad un centro, una forza di allontanamento dall'asse della rotazione; come si è visto, Huygens si era interessato già da tempo alle caratteristiche della *vis centrifuga* (l'espressione è di suo conio) ed era giunto già alla fine del 1659 a calcolarne la grandezza in funzione della rapidità del moto e della distanza dal centro⁴⁶. Poco prima delle citate riunioni dell'Accademia Huygens comunicava al fratello Constantijn di avere compiuto alcune esperienze sul moto circolare con una tavola ruotante forata nel mezzo:

« Je crois avoir trouvé par ces speculations la cause de la gravité, qui est de consequence »⁴⁷.

Che il *kritèrion* al quale egli si riferisce nel *Codex 2* sia appunto il manifestarsi della *vis centrifuga* appare perciò indubbio da quanto detto finora e la critica si è mostrata concorde su questo punto; non va però trascurata l'importanza del dibattito sulla *cause de la pesanteur*, che, a mio avviso, costituisce il tramite tra le ricerche relative ai corpi ruotanti e la riflessione generale sulla natura del movimento. Non v'è infatti alcuna ragione apparente che possa spiegare il rinnovato interesse di Huygens per le

⁴³ *Ibid.*; cfr. anche il posteriore *Discours de la Cause de la Pesanteur*, in OC, XXI, p. 451.

⁴⁴ Cfr. la lettera di Descartes a Marin Mersenne del 16 ottobre 1639 in *Oeuvres de Descartes*, cit., II, pp. 593-594. Tale lettera, conosciuta da Huygens nell'edizione di Clerselier del 1659, è citata testualmente e per esteso in alcuni appunti latini *De Gravitate* [Hug. 3, ff. 122v-123r] redatti nel 1668, la prima versione delle sue idee sulla causa della gravità; il *De Gravitate* è pubblicato in OC, XIX, pp. 625-627.

⁴⁵ Christiaan Huygens, *Mémoire du 28 août 1669*, in OC, XIX, p. 636.

⁴⁶ Cfr. Christiaan Huygens, *De Vi Centrifuga*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 303 [Hug. 26, f. 4r].

⁴⁷ Christiaan Huygens al fratello Constantijn, 2 dicembre 1667, in OC, VI, p. 164.

proprietà del movimento circolare, salvo appunto le prospettive che questo schiudeva riguardo al disvelamento del meccanismo della gravità. La convinzione huygensiana del carattere relativo di *ogni* moto era stata fino a quel momento sorretta dal principio d'ininfluenza del moto comune, che consentiva l'estensione al moto fisico e reale di quella reciprocità che, per il moto considerato geometricamente, era un'ovvietà. Nello studio del moto circolare egli ha invece incontrato il problema del *conatus a centro recedendi*, al quale non può che attribuire un'esistenza reale ed indipendente dal sistema di riferimento prescelto:

« La tendence du centre est donc un effect constant du mouvement circulaire »⁴⁸.

§ 6. La ricostruzione delle idee sostenute da Huygens nel periodo di circa venti anni che intercorre tra le ricerche sulla causa della gravità e le riflessioni contenute nel *Codex 7A*, nelle quali si fa luce un nuovo concetto di moto e di quiete, presenta numerose difficoltà; in tale lasso di tempo, infatti, Huygens non redige alcuno scritto sull'argomento né affronta la questione con alcuno dei numerosi corrispondenti che egli conta nell'intera Europa. Dopo le citate note del 1668-1669 Huygens tace su questa questione almeno fino al 1687; sappiamo però che non cessa di interessarsi al problema, come è dimostrato dal fatto che nelle sue letture di opere contemporanee, quali il *De Vi Percussionis* di Borelli (1667)⁴⁹, il *Discours du mouvement local* di Pardies (1670) ed il *Traité du Mouvement Local, et du Ressort* di Dechales (1682), egli ritiene memoria anche dei più fuggevoli accenni a questa tematica che, in esse, è del tutto marginale. Egli continua a professare la convinzione che il moto circolare possieda la capacità di distinguersi da quello retto, considerato puramente relativo; tale idea comunica anche a Leibniz, il quale, circa vent'anni dopo, avrà modo di ricordargli l'episodio. Nel 1694 Leibniz e Huygens, che da lungo tempo mantenevano un serrato commercio epistolare, trattano della natura del movimento in una serie di lettere che viene interrotta soltanto dall'aggravarsi delle condizioni di salute dell'olandese, morto l'anno successivo. Tornerò in seguito su questo dibattito, che è originato da un giudizio critico di

⁴⁸ Christiaan Huygens, *Mémoire du 28 août 1669*, in OC, XIX, p. 632; cfr. anche Christiaan Huygens a Franz W. de Nulandt, 26 aprile 1669, in OC, VI, p. 421 ed il *Discours de la Cause de la Pesanteur*, in OC, XXI, p. 452.

⁴⁹ *De Vi Percussionis Liber Io: Alphonsi Borelli In Patria Messanensi pridem, nunc vero in Pisana Academia Matheseos Professoris*. Bononiae, 1667. Ex Typographia Iacobi Montij.

Leibniz, espresso nelle *Animadversiones in partem generalem Principiorum Cartesianorum*, riguardo alla definizione cartesiana del movimento; per il momento intendo ricordarlo soltanto allo scopo di trovarvi conferma a quanto si è detto sulle ragioni che spinsero Huygens ad attribuire per lungo tempo carattere assoluto al moto circolare, in contrasto con le sue opinioni precedenti e con quelle maturate dopo la lettura dei *Principia* newtoniani. Nella lettera del 29 maggio 1694 Huygens scrive a Leibniz di credere fermamente che non si dia altro moto che quello relativo e di ritenere in errore su questo punto tanto Leibniz stesso che Newton; nella risposta Leibniz specifica meglio la propria opinione, distinguendola soprattutto da quello dell'inglese, ed aggiunge una breve osservazione, in cortese polemica con Huygens:

« Il me semble cependant que vous même, Monsieur, estiés autres fois du sentiment de M. Newton à l'égard du mouvement circulaire »⁵⁰.

L'accenno leibniziano, non riconducibile ad alcuno scritto conosciuto di Huygens (salvo naturalmente gli appunti del *Codex 2*), viene confermato da quest'ultimo nella risposta:

« Pour ce qui est du mouvement absolu et relatif, j'ay admiré vostre memoire, de ce que vous vous estes souvenu, qu'autrefois j'estois du sentiment de Mr. Newton, en ce qui regarde le mouvement circulaire. Ce qui est vray, et il n'y a que 2 ou 3 ans que j'ay trouvé celuy qui est plus veritable »⁵¹.

Sulla natura di queste opinioni, che Huygens sostiene di avere abbandonate intorno al 1691-92 (ma che sono in realtà espressamente criticate già in una pagina risalente con ogni probabilità al 1688⁵²), ci informa ancor più chiaramente l'ulteriore lettera di Leibniz, quantunque il preciso richiamo alle posizioni newtoniane sia già in grado di metterci sulla strada giusta; il filosofo tedesco ricorda infatti che la discussione, avvenuta a Parigi e da

⁵⁰ Gottfried W. Leibniz a Christiaan Huygens, 22 giugno 1694, in OC, X, pp. 645-646. Cfr. anche il seguente passo, tratto da una lettera leibniziana successiva alla morte di Huygens: « [Huygens] et moy nous avions esté justement de l'opinion de Mons. Newton sur le mouvement absolu, et par la même raison de la force centrifuge que Mons. Newton allegue; mais quand le livre de Mons. Newton parut, nous avions déjà changé de sentiment tous deux de la même façon, sans que l'un en eût communiqué avec l'autre, comme nous le reconnusmes depuis par nos lettres » (Gottfried W. Leibniz a Thomas Burnett, 18 maggio 1697, in *Die Philosophische Schriften von Gottfried Wilhelm Leibniz*, a cura di Carl I. Gerhardt, Weidmann, Berlin 1875-1890, ristampa Georg Olms, Hildesheim 1960-1961, III, p. 205).

⁵¹ Christiaan Huygens a Gottfried W. Leibniz, 24 agosto 1694, in OC, X, pp. 669-670.

⁵² Si tratta dell'Appendice II al *Codex 7A*.

collocarsi perciò tra il marzo 1672 ed il luglio 1676, verteva proprio sulla possibilità di distinguere il moto circolare vero da quello puramente relativo, esattamente come Huygens aveva sostenuto nell'appunto tratto dal *Codex 2*:

« Comme je vous disois un jour à Paris qu'on avoit de la peine à connoistre le veritable sujet du Mouvement, vous me répondez que cela se pouvoit par le moyen du mouvement circulaire, cela m'arresta; et je m'en souvins en lisant à peu près la même chose dans le livre de Mons. Newton »⁵³.

Il riferimento ai *Principia* è chiaramente da ricollegarsi alla pagina dello "Scholium" alle "Definitiones" nella quale Newton espone l'esperimento della *situla* ed argomenta la possibilità di discernere i moti assoluti da quelli relativi mediante l'osservazione delle forze di allontanamento dall'asse della rotazione:

« Effectus quibus motus absoluti et relativi distinguuntur ab invicem, sunt vires recedendi ab axe motus circularis. Nam in motu circulari nude relativo hae vires nullae sunt, in vero autem et absoluto majores vel minores pro quantitate motus »⁵⁴.

Alla testimonianza di Leibniz si possono inoltre affiancare alcune righe del *Codex 7A*, nelle quali Huygens si esprime in termini del tutto simili riguardo alle proprie passate convinzioni:

« Me in circulari motu diu credidisse κριτήριον existere veri motus »⁵⁵.

E, in modo ancor più esplicito:

« Diu putavi in circulari motu haberi veri motus κριτήριον, ex vi centrifuga »⁵⁶.

⁵³ Gottfried W. Leibniz a Christiaan Huygens, 14 settembre 1694, in OC, X, p. 681. Cfr. anche il seguente passo del 1689-1690: « Memini quidem, viro cuidam praeclaro olim visum ex motibus quidem rectilineis non posse discerni sedem subjectumve motus, posse tamen ex curvilineis, quoniam quae revera moventur, recedere conantur a centro motus sui » (Gottfried W. Leibniz, *Dynamica de potentia et legibus naturae corporeae*, in *Leibnizens Mathematische Schriften*, a cura di Carl I. Gerhardt, Berlin e Halle, 1849-1863, ristampa Georg Olms, Hildesheim-New York 1971, VI, p. 508). La novità dell'argomento huygeniano della rotazione assoluta è dimostrata in modo eloquente dalla frase di Leibniz « Cela m'arresta ».

⁵⁴ *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Autore Is. Newton, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali. [...] Londini, Jussu Societatis Regiae ac Typis Josephi Streater. [...] 1687, ristampa Culture et Civilisation, Bruxelles 1965, p. 9.

⁵⁵ *Hug. 7A*, Frammento 5, rr. 47-48.

⁵⁶ *Hug. 7A*, Frammento 9, rr. 7-8.

Appare dunque sicuro, nonostante l'esiguità dei documenti a nostra disposizione, che l'argomento elaborato da Huygens a favore dell'esistenza di moti assoluti nel periodo tra il 1669 ed il 1687 circa fosse quello desunto dal manifestarsi della forza centrifuga in corpi ruotanti attorno ad un centro o su se stessi. Se ad esempio immaginiamo che due corpi collegati da un filo si trovino in quiete, il filo rivelerà questa situazione non mostrando alcuna tensione; se poi i due corpi, pur permanendo in quiete l'uno rispetto all'altro, vengono animati dal medesimo moto rettilineo ed uniforme, nessun mutamento si renderà avvertibile, in quanto il filo continuerà ad essere allentato, a conferma dell'indifferenza tra moto inerziale e quiete. Non esistono dunque effetti fisici che permettano di distinguere un sistema di corpi in quiete da uno mosso di moto rettilineo ed uniforme; su questo punto Huygens non ha mai nutrito dubbi e Newton è pienamente d'accordo con lui, come afferma nel quinto corollario agli "Axiomata sive Leges Motus", il contenuto del quale è esposto, prima ancora che nei *Principia*, nel trattato *De Motu* ed in altri scritti di preparazione all'opera maggiore:

« Corporum dato spatio inclusorum iidem sunt motus inter se, sive spatium illud quiescat, sive moveatur idem uniformiter in directum absque motu circulari »⁵⁷.

Se i due corpi dell'esempio precedente vengono invece posti in rotazione intorno ad un centro comune, il risultato sarà diverso; nonostante essi continuino ad essere in quiete uno rispetto all'altro, in quanto la loro distanza non muta, il filo che li unisce sarà soggetto ad una tensione la cui intensità dipende tra l'altro dalla velocità di rotazione; questa forza si esercita sempre in direzione opposta al centro ed appartiene ai corpi ruotanti solo in virtù di questo loro movimento. Allo stesso modo, un corpo che ruoti su se stesso provocherà una tendenza evidentissima e costante delle parti a distaccarsi dalla superficie, tendenza che mancherà invece di manifestarsi qualora questo moto appartenga al sistema di riferimento e sia perciò solo relativo. In questi casi, che considerano le forze ingenerate nei corpi dal moto circolare, Huygens vede in questi anni il discrimine tra i moti rotatori solo apparenti e quelli veri, limitando così il suo precedente assunto secondo il quale ogni moto può essere attribuito a qualsiasi sistema di riferimento senza che alcun effetto fisico appaia a rivelarne il *veritable sujet*.

Appare evidente anche da questo ripensamento, intervenuto già nella maturità della sua carriera di scienziato, che l'atteggiamento di Huygens

⁵⁷ Isaac Newton, *Principia*, ed. cit., p. 19.

riguardo al problema del moto non si limita ad un'interpretazione geometrizzante del dato fisico; Huygens considera il movimento nella sua pienezza ed è perfettamente in grado di vedere, al di là della pura foronomia, le grandezze intensive che si manifestano nel mondo fisico. Se la scoperta dell'invarianza dei fenomeni dell'urto in diversi sistemi di riferimento lo aveva incoraggiato ad abbozzare una generale teoria relativistica, successivamente, dopo le scoperte intorno alla forza centrifuga e le speculazioni sulla causa della gravità, egli ritiene possibile individuare il moto circolare assoluto, che non ottempera al principio di reciprocità ed ingenera forze indipendenti dal riferimento prescelto. L'affinità sussistente tra queste conclusioni huygensiane e quelle alle quali stava contemporaneamente giungendo Newton è innegabile; i due filosofi inquadrano tuttavia le loro tesi sulla natura assoluta della rotazione in interpretazioni del moto e dello spazio completamente differenti e il fatto stesso che Huygens riveda nuovamente le proprie opinioni *dopo* essere venuto a conoscenza dell'opera dell'inglese è sicuro indice della piena originalità delle loro ricerche, che si svilupparono sempre in modo indipendente.

CAPITOLO TERZO
UNA NUOVA TEORIA DEL MOTO

Come era già accaduto nel 1670 e nel 1676, nel settembre 1681 Huygens è nuovamente costretto a tornare in patria per tentare di guarire da un attacco della malattia che periodicamente lo assale, un'oscura forma di « Melancholia Hypochondrica vera et mera »¹ nella quale i medici non trovano autentici motivi di preoccupazione ma che mina il suo corpo e fa sprofondare la sua mente in pensieri angosciosi. Durante il lungo soggiorno di convalescenza all'Aja vengono però meno le condizioni favorevoli per il ritorno a Parigi: al crescere della politica di intolleranza di Luigi XIV verso i non-cattolici, culminata nel 1685 nella revoca dell'editto di Nantes, si accompagna infatti nel 1683 la morte di Colbert e la sua sostituzione, nel ruolo di protettore dell'Académie Royale, con il marchese di Louvois; questi risponde assai freddamente alle lettere di Constantijn Huygens nelle quali si chiedevano garanzie circa il rispetto dei patti stipulati dal figlio con il predecessore, così che Christiaan decide di abbandonare la carica parigina. Si avverano così, almeno per quanto riguarda la sua vicenda personale, le fosche previsioni sulla sorte dell'Accademia privatamente espresse da Huygens all'amico inglese Francis Vernon già nel 1670, allorché il primo grave attacco della malattia gli aveva fatto temere di essere prossimo alla morte; con il lucido pessimismo che caratterizza il suo atteggiamento nei riguardi del potere politico, egli aveva infatti previsto « the dissolution of this academie because it was mixt with tinctures of Envy because it was supported upon suppositions of profitt because it wholly depended upon the Humour of a Prince & the favour of a minister, either of which coming

¹ La diagnosi, operata dal medico Diderik van Liebergen, si trova in una lettera di Constantijn il giovane al fratello Lodewijk (17 aprile 1670, in OC, VII, p. 22).

toe relent in their Passions the whole frame & Project of their assembly cometh to Perdition »².

Negli anni successivi al definitivo ritorno dalla Francia Huygens continua ad occuparsi di ogni sorta di argomenti, concretizzando tra l'altro in una fondamentale pubblicazione del 1690 le ricerche sulla luce e sulla causa della gravità alle quali aveva lavorato negli anni precedenti. Si tratta di un periodo estremamente felice, almeno dal punto di vista scientifico; nonostante il suo unico viaggio all'estero sia quello dell'estate 1689 in Inghilterra³, dove finalmente conosce di persona Newton e Locke, i suoi contatti con i dotti europei continuano ad essere intensissimi e la sua attività non pare risentire troppo delle difficoltà ed amarezze causategli dal comportamento ostile di parte degli ambienti scientifici parigini e dalla morte, nel 1687, del padre Constantijn. A questo periodo finale della vita di Huygens risale la redazione dei fogli ora raccolti nel *Codex Hugeniorum 7A*, nei quali la nuova teoria maturata riguardo alla natura del movimento trova la sua espressione più precisa e radicale; del 1694 sono poi le già citate lettere a Leibniz, ultime dell'ormai ventennale carteggio, che restano l'unica formulazione pubblica delle estreme speculazioni huygensiane prima dell'edizione moderna.

§ 1. Per un discorso introduttivo circa la natura degli scritti ora inclusi nel *Codex 7A* rinvio alla premessa generale ed alle note ai frammenti, situate nella seconda parte del libro, dove vengono discussi i principali problemi filologici e di datazione. Per comprendere questo complesso di scritti è innanzitutto necessario individuare le finalità o, meglio, l'occasione esterna per la quale Huygens torna ad occuparsi di argomenti già più volte

² Francis Vernon a Henry Oldenburg, 25 febbraio 1670, in OC, VII, p. 12. A differenza del fratello maggiore Constantijn, che, seguendo la tradizione familiare, fu diplomatico al servizio della casa d'Orange, Huygens rifiutò sempre di dedicarsi alla vita politica; egli pare identificarsi volentieri con gli *otiosi* epicurei, dediti ad una tranquilla contemplazione della verità, che negavano « versari in re publica esse sapientis » (Marco Tullio Cicerone, *De oratore*, III, 64; la frase fu copiata da Huygens in uno dei suoi *adversaria*, cfr. OC, XXII, p. 168 [*Hug. 5*, f. 32v]). A Leibniz, che gli aveva parlato del progetto per il *Codex juris gentium*, Huygens scrive: « Le peu d'attachement et d'estime que j'ay per queste canzoni politiche, comme le P. Paolo [Sarpì] les appelloit, me tient hors de commerce pout tout ce qui les regarde, et je souffre mesme avec peine qu'un esprit comme le vostre y emploie du temps » (Christiaan Huygens a Gottfried W. Leibniz, 17 settembre 1693, in OC, X, p. 512).

³ Il fratello Constantijn aveva seguito a Londra lo *stadhouder* Guglielmo III d'Orange, divenuto da poco re d'Inghilterra.

trattati: in alcuni frammenti del *Codex 7A* egli volge uno sguardo retrospettivo alla filosofia naturale del suo secolo che, a suo dire, ha avuto il merito di risolvere numerose questioni relative al moto dei corpi « de quibus ne quaerere quidem priscis philosophis in mentem venerit, quae tamen et cognitione dignissima erant, et ad Mechanicas physicasque rationes apprimè utilia »⁴. In questo il maggior merito va attribuito a Galileo ed alla sua analisi matematica del moto dei proietti e dell'accelerazione dei gravi contenuta nei *Discorsi e Dimostrazioni*; nel contesto di questa "nuova scienza", creata da Galileo mezzo secolo prima, Huygens colloca con grande lucidità la propria attività scientifica, rivendicando in particolare le scoperte sui pendoli ed i centri d'oscillazione contenute nell'*opus magnum* del 1673, l'immediatamente celebre *Horologium Oscillatorium*. Oltre a ciò, aggiunge, anche nei settori della comunicazione del moto nell'urto e della forza centrifuga i risultati da lui conseguiti erano del tutto originali oppure costituivano la definitiva confutazione degli erronei tentativi compiuti da altri; ma mentre gli *augmenta* introdotti con l'*Horologium* facevano ormai parte delle sue glorie riconosciute, degli altri due studi egli aveva pubblicato solo alcuni teoremi e quasi nessuna dimostrazione. La parziale divulgazione degli stessi teoremi sull'urto, tra l'altro, era stata accompagnata da un malinteso con gli studiosi inglesi che, benché poi risolto, aveva comunque gettato qualche ombra sulla prima grande teoria fisica elaborata da Huygens⁵. Tra le opere huygensiane rimaste inedite, come si è visto, quelle

⁴ *Hug. 7A*, Frammento 16, rr. 3-6. Nonostante ammiri moltissimo i matematici dell'antichità, Huygens riconosce con realismo i limiti del loro sapere e non concorda affatto con chi ritiene che il progresso, in fisica e nelle stesse scienze matematiche, consista nel recupero di conoscenze andate perdute; cfr. ad esempio il seguente passo: « Monsieur Newton fait bien de l'honneur aux Pythagoriciens de croire qu'ils aient esté assez bons geometres pour trouver de pareilles demonstrations a celles qu'il a données touchant les Orbes Elliptiques des Planetes. Pour moy j'ay de la peine à croire qu'ils ayent seulement connu le mouvement de Mars, Jupiter, et Saturne au tour du Soleil, et la proportion de leurs cercles » (Christiaan Huygens a Nicolas Fatio de Duillier, 29 febbraio 1692, in OC, XXII, p. 155). Parimenti, nella dedica dell'*Horologium Oscillatorium* a Luigi XIV, egli afferma che i geometri dell'ultimo secolo « veterum [...] inventa longissime praeterverti [sunt] » (Christiaan Huygens, *Horologium Oscillatorium*, in OC, XVIII, p. 75).

⁵ Ancora nel secolo scorso, fino alla pubblicazione nel 1895 del sesto volume delle *Oeuvres complètes*, era opinione corrente che Huygens, Wren e Wallis avessero elaborato più o meno contemporaneamente le regole dell'urto ma che Wallis fosse stato il primo ad esporle pubblicamente e Wren il primo a confermarne la verità tramite esperimenti compiuti con l'ausilio del pendolo; cfr., ad esempio, Ernest Mach, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt*, Brockhaus, Leipzig 1883¹, trad. it.

sull'urto e la forza centrifuga hanno una vicenda del tutto particolare; il *Codex 7A* contiene tra l'altro alcuni abbozzi per una prefazione unitaria a questi due lavori che, ancora negli anni '90, Huygens contava di rendere pubblici, probabilmente come le due parti di un'unica grande opera sulla meccanica a carattere fondativo⁶. Nel *Traité de la Lumière* e nel *Discours de la Cause de la Pesanteur* del 1690, inoltre, Huygens si era avvalso di conclusioni alle quali era pervenuto in quelle ricerche⁷; a maggior ragione, dunque, si sentiva in dovere di rendere finalmente note le dimostrazioni da tempo promesse.

La necessità di difendere e chiarire i propri lavori sull'urto e la forza centrifuga, circostanza che spiega il tono a volte insolitamente polemico degli abbozzi e l'intenzione stessa di tracciarvi un quadro storico degli studi precedenti, va dunque considerata senz'altro come la principale tra le cause esterne che indussero Huygens a ritornare sulla questione del moto, a proposito della quale egli annuncia a Leibniz nel 1692 l'intenzione di far conoscere le nuove riflessioni:

« Sur la matiere du mouvement j'ay bien des choses nouvelles et paradoxes à donner, que l'on verra, quand je publieray mes demonstrations des Regles de la Percussion, inserées autrefois dans les Journaux de Paris et de Londres »⁸.

Il Frammento 16 costituisce la versione più corretta della mai completata prefazione che doveva servire per l'edizione congiunta dei trattati; redatto non prima del 1690, esso è una versione riveduta della parte iniziale del Frammento 15, assai più lungo, il quale procede con un esame delle dottrine sull'urto precedenti quella di Huygens e dei lavori usciti numerosi dopo le sue prime comunicazioni del 1669. Di questo *excursus* storico,

Boringhieri, Torino 1968, p. 331. Tra le fonti di tale errata convinzione c'è naturalmente Newton (cfr. *Principia*, ed. cit., pp. 20-23), il quale non poteva però conoscere gli studi e le lettere huygensiane degli anni '50, che dimostrano inequivocabilmente la priorità dell'olandese in entrambi i campi; cfr. Masahiko Yokoyama, *Origin of the Experiment of Impact with Pendulums*, in « Japanese Studies in the History of Science », XI (1972), pp. 67-72.

⁶ Già da tempo Huygens progettava di pubblicare il trattato sull'urto unitamente a quello sulla forza centrifuga; cfr. Christiaan Huygens, *Projet de 1660 d'une édition amplifiée de l'"Horologium" de 1658* [...], "Pièce II", in OC, XVII, p. 125n [*Hug.* 10, f. 80v].

⁷ Cfr. ad esempio Christiaan Huygens, *Traité de la Lumière*, in OC, XIX, p. 473 e *Discours de la Cause de la Pesanteur*, in OC, XXI, p. 452 e p. 458.

⁸ Christiaan Huygens a Gottfried W. Leibniz, 11 luglio 1692, in OC, X, p. 302.

scritto in forma abbastanza rozza e mai arrangiato in forma definitiva, esistono nel *Codex 7A* altre stesure, che si differenziano tra di loro in alcuni particolari ma sono sostanzialmente concordi nei giudizi di fondo; nell'illustrarlo mi servirò pertanto indifferentemente di più frammenti.

L'importanza della scienza dell'urto deriva sia dai suoi legami con la tecnica sia da ragioni teoriche; da un lato, infatti, essa ha molteplici applicazioni nel campo delle arti e delle operazioni meccaniche, nelle quali l'immensa forza dei martelli e dei cunei è da sempre largamente usata senza che se ne conoscano le regole. Dall'altro lato, l'urto fra le parti minime della materia si presenta come l'unico agente causale in natura e la conoscenza delle leggi che lo governano costituisce la premessa indispensabile per qualsiasi indagine fisica; la prospettiva huygensiana è meccanicistica ed atomistica:

« Cum in naturae investigatione hoc jam fere inter philosophos conveniat atomorum seu minimorum quorundam corpusculorum varijs motibus occursibusque occultas rerum causas esse explicandas, plurimum interest ut cognoscamus qualesnam sint eorum inter se impulsiones ac reflexus »⁹.

La descrizione del meccanicismo concisamente proposta da Huygens ha il tono semplice di una verità indiscutibile ed ormai definitivamente acquisita; egli non polemizza contro concezioni diverse, che ritiene semplicemente improponibili¹⁰.

Tra gli autori che lo avevano preceduto nello studio della collisione Huygens cita Fabri, Galileo, Descartes e Borelli. Del primo, il gesuita francese che, per il tramite del costruttore di cannocchiali Eustachio de Divini, aveva intrapreso un'aspra quanto vana polemica contro la teoria di Huygens circa la struttura del pianeta Saturno, egli ha in mente il *Tractatus physicus de motu locali* del 1646; della trattazione dell'urto ivi contenuta Huygens si limita però a registrare la totale inattendibilità. Su Galileo, « sagacissimus naturae inspector »¹¹, vengono invece ribaditi i giudizi ampiamente elogiativi che sempre Huygens riserva a questo autore, uniti però

⁹ *Hug.* 7A, Frammento 1, rr. 7-11. Si noti che questa concezione era stata inizialmente definita da Huygens « democriti sententia » (*ibi*, nota k alla r. 9).

¹⁰ « Dans la vraye Philosophie [...] on conçoit la cause de tous les effets naturels par des raisons de mechanicque. Ce qu'il faut faire à mon avis, ou bien renoncer à toute esperance de jamais rien comprendre dans la Physique » (Christiaan Huygens, *Traité de la Lumière*, in OC, XIX, p. 461).

¹¹ *Hug.* 7A, Frammento 1, nota r alla r. 14; la frase fu poi cancellata.

alla constatazione che, nella questione dell'urto, egli non era stato in grado di conseguire risultati brillanti quanto quelli ottenuti in altre parti della *scientia motus*:

« Credibile est virum summum ne tunc quidem sibi satisfacisse eoque nihil potius quam non satis explorata tradere consultius duxisse. In eodem enim extremo dialogo [*sc.* la Giornata Quarta dei *Discorsi*] differt rursus tractationem hanc, summam difficultatem obtrudens qua factum sit ut a nemine qui hactenus eam aggressus sit, penetrari potuerint intimi ejus recessus, utpote maximis tenebris obsepti, et a primo hominum conceptu prorsus alieni »¹².

In positivo, Galileo si era limitato ad affermare che la forza dell'urto è *quodammodo* infinita, cioè incommensurabile a quella della pressione, ciò che Huygens approva senz'altro. Assai meno prudente era invece stato Descartes, i cui errori Huygens elenca abbastanza analiticamente ma senza significative novità rispetto a quanto aveva scritto negli appunti degli anni 1652-1656; oggetto delle critiche di Huygens è in particolar modo il principio di conservazione della *quantitas motus*, la validità del quale è per Huygens limitata alla collisione tra corpi molli, ossia tra quei corpi che, dopo la collisione, non rimbalzano ma restano congiunti. Anche il galileiano Borelli, del quale Huygens ha grande stima¹³, si era occupato dell'urto nel *De Vi Percussionis* del 1667, apparso dunque dopo le ricerche huygeniane ma prima della loro divulgazione; secondo Huygens, però, anch'egli aveva fallito nel suo intento come gli altri studiosi, « qui omnes non certa satis Principia usurpantes et quibusdam quasi demonstrationibus veris falsa miscuerunt, non nunquam experimentis consona afferentes, nonnunquam prorsus contraria »¹⁴.

L'intento polemico ed apologetico di Huygens si evidenzia soprattutto nelle accuse di plagio, o quanto meno di scorrettezza, che egli rivolge a

¹² *Hug.* 7A, Frammento 15, rr. 46-51.

¹³ Nelle *Animadversiones ad Theoriam plan. Mediceorum Borelli* del 1667, un foglio manoscritto conservato presso il Leibniz-Archiv di Hannover (L.H., XXXV Mathem., VIII/30, f. 160r) e recentemente edito da Heinz-Jürgen Hess in *Bücher aus dem Besitz von Christiaan Huygens (1629-1695) in der Niedersächsischen Landesbibliothek Hannover*, in «*Studia Leibnitiana*», XII (1980), pp. 33-34, Huygens si mostra impaziente di vedere il libro « de ictus vi » che Borelli annuncia di avere redatto (Giovanni A. Borelli, *Theoricae Mediceorum Planetarum ex causis physicis deductae*, Florentiae, ex Typographia S.M.D. 1666, p. 62). Il *De Vi Percussionis* fu inviato nello stesso 1667 a Constantijn Huygens padre da Leopoldo de' Medici.

¹⁴ *Hug.* 7A, Frammento 15, rr. 57-59.

numerosi suoi contemporanei; dal resoconto di Huygens emerge in primo luogo che l'amarezza per i torti che riteneva di aver subito nel 1669 ad opera degli inglesi non era ancora scomparsa, nonostante ci fosse allora stato un pronto chiarimento. A suo giudizio, infatti, il comportamento della Royal Society nei suoi confronti aveva peccato di nazionalismo:

« *Eo magis commemorandus eram quod Regiae Societati jam pridem nomen dederam. debebant non solum omnium sociorum gloriam ex aequo favere, sed et omnium philosophiae studiosorum quacunquē terrarum existerent. Hanc suam nationem reputare potius quam quae Britanniae litore circumscriberetur* »¹⁵.

Huygens ripercorre anche l'episodio del 1661, allorché egli si era recato per la prima volta in Inghilterra ed aveva risolto con successo tutti i problemi sull'urto propostigli da un gruppo di studiosi locali¹⁶; tra questi, che formavano il nucleo della Royal Society, erano anche Wren e Wallis, e cioè gli autori delle due memorie sull'urto pubblicate in anticipo su quella huygensiana nelle « *Philosophical Transactions* » dell'11 gennaio 1669. In particolare Huygens avanza qualche sospetto su Christopher Wren, che non aveva fornito alcuna dimostrazione delle proprie regole¹⁷, sostanzialmente equivalenti alle sue anche se espresse in forma differente; Huygens non pensa che Wren si fosse appropriato dei suoi teoremi (che egli non aveva svelato in quella riunione, essendosi limitato a predire, « *paucula facta Computatione Algebraica* »¹⁸, l'esito di alcuni casi sperimentali), ma piuttosto che fosse stato portato sulla giusta strada dalle indicazioni tratte in quell'occasione:

« *Potuit tamen juvari illorum casuum solutione quos anno 1661 me dedisse ab ipso Wrennio Rookioque rogatum. Etenim ex variis casibus experientia compertis regulas suas formasse fatetur* »¹⁹.

¹⁵ *Hug. 7A*, Frammento 4, nota q alla r. 21; il passo fu poi cancellato.

¹⁶ Cfr. *Hug. 7A*, nota 9 al Frammento 4; cfr. inoltre J.A. Bennett, *The Mathematical Science of Christopher Wren*, Cambridge University Press, Cambridge [...] 1982, pp. 71-73.

¹⁷ Wren aveva anzi affermato che non era possibile dimostrarle a partire da principi più noti; cfr. Henry Oldenburg a Christiaan Huygens, 14 febbraio 1669, « *Appendice I* », in *OC*, VI, p. 359. Su questa posizione dello scienziato inglese cfr. J.A. Bennett, *op. cit.*, pp. 118-119.

¹⁸ Henry Oldenburg a Baruch Spinoza, 8 dicembre 1665, in *The Correspondence of Henry Oldenburg*, a cura di A. Rupert Hall e Marie Boas Hall, The University of Wisconsin Press, Madison and Milwaukee-London 1965-1986, II, p. 634.

¹⁹ *Hug. 7A*, Frammento 4, rr. 26-28. A riprova dell'assoluta priorità di Huygens

Anche il gesuita Pardies è indicato nel *Codex 7A* come debitore delle regole pubblicate nel 1669; e in verità lo stesso Pardies non trascura di citare con grande rispetto il nome di Huygens nella prefazione al *Discours du mouvement local*, anche se afferma di essere giunto alle proprie scoperte indipendentemente dall'olandese²⁰.

Se nella formulazione delle regole Huygens pensa che i citati studiosi possano aver tratto suggerimenti dai suoi esperimenti o dalle sue proposizioni, per quanto riguarda l'utilizzazione del metodo della nave nelle dimostrazioni egli accusa apertamente di plagio Wallis e Dechaes. L'artificio era stato esposto da Huygens per la prima volta nelle riunioni del 1668 all'Accademia parigina dedicate alle sue ricerche sull'urto; in tale sede erano probabilmente sorte alcune difficoltà sull'impiego dell'esperimento mentale della nave, che, come egli ricorda, « vix Parisiensibus intelligi [potuit] »²¹. Nella lettera di accompagnamento alle proposizioni per la Royal Society, dalla quale era stato genericamente invitato a contribuire al dibattito sul moto che in essa si stava allora sviluppando soprattutto su impulso di Hooke²², egli aveva infatti scritto:

« Ce que je vous envoye est un commencement d'un traitè du mouvement de percussion et la raison pourquoy j'ay choisy de commencer par cette partie du mouvement plustost que par une autre, est l'envie que j'ay de sçavoir le jugement de vos Illustres touchant la maniere de demontrer dont je me sers, qui quoy qu'evidente a moy et à quelques uns de nos Messieurs n'a pu satisfaire a d'autres, moins versez dans ces speculations, ou prevenus par d'autres faux principes »²³.

Anche i dotti inglesi avevano però espresso perplessità analoghe a quelle dei loro colleghi francesi, eccezion fatta per il presidente William Brouncker, il quale si era subito dichiarato convinto della validità del me-

rispetto agli inglesi si veda il seguente passo, scritto pochi mesi dopo la visita di Huygens a Londra da uno degli studiosi che avevano assistito al suo saggio: « Nous attendons avec impatience [...] vostre Traitté du mouvement. faites moy sçavoir quand nous pourrons esperer de [...] [le] voir. Car quelques belles et necessaires que ces choses là soyent, personne ne s'en meslera d'entre nous, mais tout le monde sen remet a vous » (Robert Moray a Christiaan Huygens, 6 settembre 1661, in OC, III, p. 317).

²⁰ Cfr. Ignace-Gaston Pardies, *op. cit.*, "Preface", p. [5]. Si veda anche la lettera con la quale Pardies fece omaggio a Huygens del proprio libro (Ignace-Gaston Pardies a Christiaan Huygens, 12 aprile 1670, in OC, VII, pp. 18-19).

²¹ *Hug. 7A*, Frammento 5, rr. 36-37.

²² Cfr. Thomas Birch, *op. cit.*, II, p. 315.

²³ Christiaan Huygens a Henry Oldenburg, 5 gennaio 1669, in OC, VI, pp. 334-335.

todo huygensiano; a maggior ragione Huygens dovette ritenersi danneggiato quando vide, prima nella *Mechanica* di Wallis²⁴ e poi nel *Traitté* di Dechales²⁵, un procedimento identico al suo:

« [Dechales] se sert de ma demonstration par le Batteau, qu'il aura prise de Wallis, qui l'a prise de moy »²⁶.

Riguardo a Wallis va chiarito che la sua memoria del 1669 affronta solo l'urto tra corpi non elastici, argomento non considerato da Huygens nelle regole pubblicate; è solo nel trattato del 1670-1671 che Wallis propone il problema della collisione elastica e pubblica regole equivalenti, nella sostanza, a quelle di Huygens e Wren²⁷. È comunque contro l'accademico Mariotte che Huygens lancia le accuse di plagio più forti e circostanziate:

« Mariotte a tout pris de moy. comme peuvent attester ceux de l'academie des Sciences [...] la machine, l'experience du ressort des boules de verre. l'experience d'une ou plusieurs boules poussees ensemble contre une rangee de boules pareilles. les theoremes que j'avois publiè. Il devoit avoir fait mention de moy. Je le luy dis un jour, et il ne sceut que respon-dre »²⁸.

Dagli abbozzi per la prefazione si evince inoltre che Huygens intendeva divulgare alcune proposizioni, relative alla collisione tra corpi molli, che egli afferma di aver trovato successivamente alle altre e che non erano infatti state rese note alla fine degli anni '60²⁹; a parte questo, però, non vi sono tracce di una sua intenzione di operare modifiche alla teoria dell'urto elaborata quasi quarant'anni prima.

²⁴ Cfr. *supra*, p. 31n.

²⁵ Cfr. ad esempio Claude F.M. Dechales, *op. cit.*, pp. 134-136, ed in generale il secondo ed il quinto libro. Nonostante si avvalga del metodo della nave, Dechales non ne condivide (o non ne comprende) il presupposto relativistico, come appare chiaramente dalla seguente affermazione: « Vere in motu aliquid esse debet, propter quod unum potius corpus moveri dicatur quam aliud » (*R.P.Cl.Fr. Milliet Dechales Camberrisensis e Societate Jesu Cursus seu Mundus Mathematicus*. Editio altera ex Manuscriptis Authoris aucta & emendata, opera & studio R.P. Amati Varcin ejusdem Societatis. Lugduni, Apud Anissonios, Joan. Posuel & Claud. Rigaud. 1690, I, p. 676). Il giudizio di Huygens su Dechales (curiosamente omissso dai curatori dell'edizione nazionale) è lapidario: « Il est bien stupide » (*Hug. 7A, Frammento 5*, rr. 89-90).

²⁶ *Hug. 7A, Frammento 3*, rr. 33-34.

²⁷ Su Wallis, Wren e le altre teorie dell'urto coeve a quella huygensiana cfr. Richard S. Westfall, *Force in Newton's Physics*, trad. cit., pp. 247 e sgg.

²⁸ *Hug. 7A, Frammento 10*, rr. 7-12. L'intero Frammento 10 è un'aspra critica a Mariotte; cfr. anche *supra*, p. 31n.

²⁹ Cfr. *Hug. 7A*, nota 5 al Frammento 15.

§ 2. Se la decisione di riprendere il progetto di edizione dei trattati giovanili, e con essi della prefazione, può senz'altro essere giudicata come una valida ragione del rinnovato interesse di Huygens per la questione del movimento, tuttavia non è certo una coincidenza il fatto che questi appunti siano stati stesi poco dopo il 1687, anno d'apparizione di quei *Principia Mathematica* che segnano una tappa fondamentale nella storia delle idee di moto e di spazio. L'autorevolissima presa di posizione del filosofo inglese a favore dello spazio e del moto assoluti costituiva in effetti un elemento nuovo ed attirò immediatamente l'attenzione di Huygens che, fra i pochi in quello scorcio degli anni '80, aveva subito compreso la straordinaria importanza del libro di Newton³⁰. Il più autentico motivo d'interesse del *Codex 7A* risiede appunto nelle estese riflessioni sulle nozioni di moto e quiete, delle quali Huygens sostiene la natura relativa con argomentazioni assai più articolate ed approfondite di quanto non avesse fatto negli anni degli studi sull'urto. Dal punto di vista formale, la caratteristica che emerge immediatamente alla lettura di quelle pagine è l'assenza di un discorso assiomatico; non troviamo qui il consueto procedere huygensiano *more geometrico* dai principi ai teoremi, né ciò pare essere dovuto all'incompiutezza del testo o ad un'ancora insufficiente elaborazione della materia. Le argomentazioni si sviluppano in modo libero, incuranti del rigore dimostrativo, e sembrano dettate a Huygens più dalla necessità di chiarire a se stesso i problemi irrisolti che dalla volontà di affrontarli in modo sistematico; assai rari, d'altra parte, sono i riferimenti ad esperimenti concreti, dal momento che Huygens riflette qui su concetti ed enti generalissimi. Il piano sul quale si muovono queste riflessioni è logicamente anteriore a quello della meccanica quale egli aveva fino ad allora coltivata e pare piuttosto costituirne la fondazione filosofica³¹. In questo senso il problema della deduzione del principio

³⁰ Ciò vale soprattutto per la meccanica celeste; sulla recezione della teoria newtoniana del moto planetario da parte di Huygens cfr. Alexandre Koyré, *Newtonian Studies*, Harvard University Press, Cambridge (Massachusetts) 1965, trad. it. Einaudi, Torino 1972, pp. 127-153.

³¹ La natura di queste riflessioni è assai bene sintetizzata nella celebre frase: « Non est mathematicae difficilis materia, sed physice aut metaphysice » (*Hug. 7A*, Frammento 2, r. 62); l'ultima parola, troppo compromessa con concezioni nelle quali Huygens non voleva entrare in modo esplicito, fu poi sostituita con « hijperphysice », ciò che non muta certamente il significato del giudizio. Mi sembra molto difficile vedere in queste pagine huygensiane « il vero riserbo dello scienziato positivo, che rifiuta di pronunciarsi ogni volta che si oltrepassino certi limiti, cioè i "fatti" stessi », secondo il giudizio di Cassirer (Ernst Cassirer, *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit*, Bruno Cassirer, Berlin 1906-1907, trad. it. Einaudi, Torino 1952-1958, II, p. 439).

d'influenza (la validità del quale resta ovviamente indiscussa³²), che aveva arrestato Huygens molto tempo prima, acquisisce rilievo minore; diverso e più ambizioso è ormai l'obiettivo di Huygens che, partito con l'intenzione di difendere i propri trattati inediti, aspira infine a rifondare la meccanica mediante un ripensamento critico dei suoi concetti più elementari.

Principale obiettivo polemico del *Codex 7A* è la teoria del moto assoluto³³, che egli giudica filosoficamente errata e priva di qualsiasi valore per lo sviluppo della scienza. Nel proporre la propria interpretazione relativistica del movimento, Huygens proclama la propria originalità rispetto a tutti coloro che lo hanno preceduto, i quali avevano dato per certo, o anche soltanto implicitamente ammesso, che il moto è il cambiamento di luogo rispetto allo spazio immobile. Gli autori espressamente nominati da Huygens come sostenitori di una concezione assoluta del movimento sono Mariotte, Borelli e Newton³⁴; il riferimento ai primi due è a prima vista singolare e rivela più che altro l'attenzione con la quale egli guardava a quest'argomento. In Mariotte manca infatti qualsiasi discussione su questo problema e l'opinione che Huygens gli attribuisce è desunta da considerazioni nelle quali la questione del moto è del tutto marginale³⁵. Un'osserva-

³² « Si quaeram utrum in navi aequaliter progrediente eodem modo se habeat collisio et repercussio corporum ac in quiescente. intelligo nempe utrumque illud quiescere et moveri respectu terrae et ripae. Non possum autem dubitare quin utrobique eadem contingant corporibus, quia navis quae movetur haec eadem alterius cujuscumque corporis respectu quiescit puta navis alterius una delatae vel insulae natantis, ideoque haud secus quiescit quam illa quae ripae respectu immota est. quia motus omnis relativus est, nec refert ad quae corpora referatur » (*Hug. 7A*, Frammento 1, rr. 114-121).

³³ Per indicare tale nozione, nel *Codex 7A*, Huygens non usa l'espressione *motus absolutus* ma piuttosto *motus realis*, *motus physicus*, *motus proprius*, oppure definizioni in negativo, quali *motus absque corporum respectu* o *motus non relativus*, il significato delle quali risulta comunque del tutto equivalente. Assai di frequente è riscontrabile anche il termine *motus verus*, che si può invece prestare ad un'interpretazione ambigua in quanto non è sempre usato come sinonimo di "moto assoluto"; Huygens accetta infatti come ovvio che esistano moti veri ma non assoluti, quello della Terra essendone, come si vedrà in seguito, l'esempio più evidente. L'espressione «mouvement absolu» è usata da Huygens nella lettera a Leibniz del 24 agosto 1694 (OC, X, p. 669), probabilmente per analogia con quanto scritto da Leibniz nella lettera precedente (OC, X, p. 645); poche righe dopo, però, scrive « mouvement veritable » in sostituzione del « mouvement absolu » inizialmente impiegato nella minuta [*Hug. 45*], a conferma del suo scarso favore per questo termine.

³⁴ *Hug. 7A*, Frammento 5, rr. 44-46. Sia pure in forma dubitativa Huygens attribuisce la medesima opinione anche a Wallis ed a Pardies, nei cui scritti mancano espliciti accenni al problema; cfr. *Hug. 7A*, nota 7 al Frammento 5.

³⁵ « Mariotte dans sa 3 definition distingue la vitesse respective de deux corps

zione simile vale per Borelli, il quale si avventura maggiormente nelle definizioni di luogo, spazio e moto ma non le pone certo al centro della propria trattazione; è solo all'inizio del *De Vi Percussionis* che egli illustra questi concetti, attribuendo al movimento locale un carattere assoluto fondato sul postulato dell'immobilità dello spazio:

« Insuper transitus motus localis aut fit ab uno ad alium locum spatii mundani, aut in spatio relativo alicuius continentis vasis, ille appellabitur motus realis, & physicus, hic vero vocabitur motus relativus, licet multoties situm non mutet in loco, vel spatio universi »³⁶.

Ma Huygens ha buon gioco nello svelare la circolarità di tale definizione:

« Motus localis, inquit Borellus, est transitus successivus ab uno ad alium locum &c. sed quid est locus? an spatium immobile. quid autem immobile dicemus cum motus definitionem adhuc quaeramus. an locus est spatium corporis capax ac positum definitum. Ergo definitur aliorum corporum respectu »³⁷.

Tra i pensatori che lo hanno preceduto, Huygens non vede dunque nessuno che abbia compreso la reale natura del movimento; un'unica eccezione sembra esser fatta per Descartes:

« Omnes qui de motu egerunt, quorum quidem scripta videre mihi contigit, (uno tantum Cartesio excepto qui aliquid amplius hic vidit, sed quo tamen uti nescivit) vel ponunt hoc tanquam certissimum, vel silentio agnoscunt, quaedam scilicet corpora vere quiescere, aut vere moveri, prout in spatio mundano locum eundem servant, vel alio permutant »³⁸.

Secondo un'interpretazione tra le più diffuse, sostenuta tra l'altro da studiosi quali Dugas³⁹ ed Elzinga⁴⁰, la svolta relativistica dell'ultimo Huy-

d'avec leurs vitesses propres. Je dis qu'il n'y en a point de propre. au lieu de dire, *quelles que soient leurs vitesses propres*, il devoit dire, *quelles que soient leurs vitesses a l'égard de quelqu'autre corps* » (Hug. 7A, Frammento 10, rr. 2-6).

³⁶ Giovanni A. Borelli, *De Vi Percussionis*, cit., p. 3.

³⁷ Hug. 7A, Frammento 3, rr. 1-5.

³⁸ Hug. 7A, Frammento 7, rr. 35-40.

³⁹ Cfr. René Dugas, *La mécanique au XVIIe siècle. (Des antécédents scolastiques à la pensée classique)*, Éditions du Griffon, Neuchâtel 1954, pp. 310-311.

⁴⁰ Cfr. Aant Elzinga, *On a Research Program in Early Modern Physics with Special Reference to the Work of Ch. Huygens*, Institution for the Theory of Science, University of Gothenburg, Göteborg 1971, cap. I, pp. 13-17 e *Id.*, *Notes on the Life and Works of Christiaan Huygens (1629-1695)*, Department of Theory of Science, University of Göteborg, Göteborg 1976, pp. 153-155.

gens sarebbe dettata dalla preoccupazione di vedere distrutte, per opera dei *Principia* newtoniani, le fondamenta meccanicistiche della filosofia naturale cartesiana. Benché la massima parte dei risultati scientifici cartesiani fosse infatti giudicata da Huygens in modo severo, pure il fondamentale assunto per il quale ogni fenomeno deve risolversi in materia e movimento resta per lui un principio irrinunciabile, senza il quale non c'è scienza né comprensione; Huygens avrebbe così ripresa e difesa la teoria tipicamente cartesiana della relatività del movimento, attaccata da Newton nei *Principia*, dopo avere compreso che l'abbandono della fisica cartesiana poteva portare a mostruosità concettuali come l'*actio in distans*. Contro tale giudizio, che tende a vedere in questa terza fase del pensiero huygeniano più un ripiegamento che un progresso, si deve innanzitutto far notare che Descartes non espose mai una vera teoria relativistica e smentì anzi il principio di reciprocità proprio nelle regole dell'urto, dove Huygens ne trova la più chiara conferma. In ogni caso non mi pare che si possa leggere il relativismo dell'ultimo Huygens come « a return to the fathers-house of Cartesianism »⁴¹; in primo luogo è fuorviante parlare di “ritorno” perché, come è stato mostrato nel secondo capitolo, nemmeno nei primi anni le riflessioni di Huygens sulla natura del moto e della quiete si erano modellate su quelle di Descartes. In secondo luogo, il presunto riavvicinamento a Descartes sarebbe stato del tutto inutile, data l'evoluzione che il problema aveva conosciuto in seguito alle riflessioni di Huygens stesso e di Newton: il problema fondamentale del *Codex 7A* è infatti quello della rotazione assoluta, mai affrontato da Descartes. Infine, sarebbe assai strano che Huygens si proponesse di salvare l'edificio teorico cartesiano, che egli stesso aveva contribuito a far crollare, argomentando la validità di un aspetto non centrale e da lui ritenuto in parte strumentale ed insincero⁴²; il riconoscimento, peraltro molto limitato, che Huygens concede a Descartes è soltanto quello di essersi saputo differenziare dall'opinione comune, non certo di aver raggiunto la soluzione corretta.

Quanto al rapporto con Newton, che pure Huygens considera certamente come il più importante tra i sostenitori della tesi opposta, sarebbe riduttivo, se non addirittura errato, giudicarlo come di semplice contrap-

⁴¹ Aant Elzinga, *On a Research Program in Early Modern Physics*, cit., cap. VI, p. 21; cfr. anche Marie Antoinette Tonnelat: « La lecture des Principes de Newton semble inciter Huygens à un retour à la Relativité Cartésienne » (*Histoire du principe de relativité*, Flammarion, Paris 1971, p. 65).

⁴² Cfr. *supra*, p. 45n.

posizione. È senz'altro vero che fra i due uomini c'erano state divergenze ed incomprensioni (si pensi ad esempio alla polemica circa la natura dei colori), che avevano impedito lo stabilirsi di rapporti più cordiali⁴³; negli stessi *Principia* comparivano inoltre numerosi assunti che Huygens non poteva accettare, dal principio dell'attrazione universale all'uso della misura cartesiana della *quantitas motus* nella teoria dei fluidi. A partire da quando scrive « Ayons le livre de Newton »⁴⁴, nelle lettere e negli scritti di Huygens compaiono numerose osservazioni sui *Principia* e, su alcune questioni, i giudizi espressi sono negativi; come tenterò di spiegare, tuttavia, la distanza tra Huygens e Newton nell'analisi del concetto di moto non è così grande come la critica, con la sola eccezione di Howard Stein⁴⁵, ha sostenuto sin dall'epoca di Lange, che per primo collocò il pensatore olandese, insieme a Berkeley e Leibniz, tra i « Newtons Gegner »⁴⁶. Se si pone mente in particolare all'interpretazione del moto circolare che Huygens aveva dato a partire dal 1669 circa, si può anzi ritenere che l'argomento newtoniano della *situla* dovette costituire una riprova della validità della sua intuizione di venti anni prima: l'ingenerarsi o meno di una forza di allontanamento dall'asse di rotazione costituiva appunto per Huygens il criterio di distinzione tra un movimento circolare reale ed uno solo apparente. Questa scoperta aveva provocato il ventennale silenzio di Huygens ed egli non pensa certo di smentirla ora, anche perché, grazie ad esperimenti com-

⁴³ Sul primo ed unico incontro fra i due scienziati, avvenuto in Inghilterra nell'estate del 1689, cfr. Richard S. Westfall, *Never at Rest. A Biography of Isaac Newton*, Cambridge University Press, Cambridge 1980, trad. it. Einaudi, Torino 1989, pp. 511-512 e A. Rupert Hall, *Huygens and Newton*, in Aa.Vv., *The Anglo-Dutch Contribution to the Civilization of Early Modern Society*, cit., p. 45.

⁴⁴ Christiaan Huygens a Nicolas Fatio de Duillier, 11 luglio 1687, in OC, IX, p. 191.

⁴⁵ Cfr. Howard Stein, *Newtonian Space-Time*, in Aa.Vv., *The Annus Mirabilis of Sir Isaac Newton 1666-1966*, a cura di Robert Palter, The MIT Press, Cambridge (Massachusetts)-London 1970, pp. 258-284; *Id.*, *Some Philosophical Prehistory of General Relativity*, in Aa.Vv., *Foundations of Space-Time Theories*, a cura di John S. Earman, Clark N. Glymour e John J. Stachel, University of Minnesota Press, Minneapolis (Minnesota) 1977, pp. 3-49; *Id.*, *On Newton and Einstein*, in « The Library Chronicle of the University of Texas at Austin », XII (1978), n.s., pp. 63-78. Alla pregevolissima lettura huygensiana di Stein si è finora richiamato il solo Palter, che vi accenna brevemente nel contesto di uno studio sul *De gravitatione* newtoniano; cfr. Robert Palter, *Saving Newton's Text: Documents, Readers, and the Ways of the World*, in « Studies in History and Philosophy of Science », XVIII (1987), soprattutto le pp. 430-431.

⁴⁶ Ludwig Lange, *Die geschichtliche Entwicklung des Bewegungsbegriffes und ihr voraussichtliches Endergebnis. Ein Beitrag zur historischen Kritik der mechanischen Principien*, Wilhelm Engelmann, Leipzig 1886, pp. 72 e sgg.

più con pendoli collocati a differenti latitudini, la dottrina della forza centrifuga aveva permesso di confermare al di là di qualsiasi dubbio l'esistenza del moto terrestre⁴⁷. Il ruolo giocato dai *Principia* nelle speculazioni dell'ultimo Huygens è di stimolo e di conferma insieme, essendo i due studiosi d'accordo su alcuni punti essenziali: entrambi considerano infatti il problema della *aequivalentia hypothesisum* a partire dai dati empirici. La loro comune posizione sull'ininfluenza del moto rettilineo uniforme, e dunque sul suo carattere puramente relativo, nasce infatti da considerazioni sperimentali; e sempre per le medesime ragioni essi individuano nella forza ingenerata nei corpi ruotanti la capitale aporia della tesi relativistica⁴⁸. In questo essi si differenziano nettamente da Leibniz per il quale, rigorosamente parlando, anche un moto rettilineo è dinamicamente fondato in un corpo piuttosto che in un altro.

§ 3. Gli argomenti a favore dell'esistenza del moto assoluto analizzati e confutati da Huygens possono essere classificati, a scopo di chiarezza, in due gruppi principali: da un lato quelli che si fondano sull'immobilità dello spazio e la natura assoluta del luogo, dall'altro quelli che traggono origine dall'attribuzione ai corpi mossi di proprietà intrinsecamente differenti da quelle dei corpi in quiete. Gli autori di tali argomentazioni non vengono quasi mai nominati da Huygens, che si riferisce solitamente ai suoi avversari con una generica terza persona plurale e se, talvolta, è possibile attribuire a qualche fonte le opinioni riportate, nella maggioranza dei casi i controesempi sono certamente dello stesso Huygens, che cerca di immaginare tutte le possibili difficoltà di una teoria tanto paradossale quale, egli riconosce, è la sua.

⁴⁷ Cfr. *infra*, pp. 95 e sgg.

⁴⁸ Negli stessi anni nei quali Huygens andava elaborando le sue concezioni relativistiche, Newton svolgeva nel *De gravitatione et aequipondio fluidorum* una serrata critica alla dottrina cartesiana del moto, da lui interpretata in senso spiccatamente relativistico; gli argomenti allora adoperati erano assai diversi da quelli poi utilizzati nei *Principia* ma il risultato era il medesimo: il moto e la quiete non possono essere intesi che in riferimento alle parti dello spazio immobile. Sul concetto di moto avanzato in questo scritto newtoniano, edito per la prima volta in *Unpublished Scientific Papers of Isaac Newton*, a cura di A. Rupert Hall e Marie Boas Hall, University Press, Cambridge 1962 alle pp. 89-156, cfr. John W. Herivel, *The Background to Newton's "Principia". A Study of Newton's Dynamical Researches in the Years 1664-84*, Clarendon Press, Oxford 1965; Robert Palter, *op. cit.*, pp. 421 e sgg. ed il mio *Newton contro Descartes: il concetto di estensione nel "De Gravitatione"*, in « Rivista di storia della filosofia », XLIV (1989), n.s., pp. 99-114.

La tesi che sta alla base della prima classe di considerazioni è quella dell'esistenza di uno spazio immobile, oggettivo riferimento universale dello stato di quiete o di moto dei corpi; nell'opporci a questa visione Huygens non inclina però ad una concezione relazionale dello spazio, quale quella che Leibniz sosterrà ad esempio nelle lettere a Clarke del 1715-16, ma resta invece fermo all'idea di uno spazio realmente esistente, infinito ed isotropo, che egli condivide con il rinnovato atomismo gassendiano. L'interpretazione dello spazio come *ordo coexistentium*, comunemente considerata il primo motivo di distinzione tra le teorie relativistiche antinewtoniane in generale e la concezione dei *Principia Mathematica*, risulta in effetti del tutto assente dal pensiero di Huygens, il quale si dimostra anche in questo assai più vicino all'inglese che non a Leibniz⁴⁹; Huygens non dubita dell'intelligibilità di un'oggettiva ed autonoma nozione di spazio, che difende anzi contro la concezione cartesiana dell'identità di estensione e corpo:

« Ego aliam notionem spatij habeo, aliam corporis. Spatium nempe est quod a corpore occupari potest. Corpus quod spatium occupat. quod quidem sine extensione concipi non potest, sed praeter extensionem necessario quoque ei convenit ut in spatium quod occupat, non admittat aliud corpus. Hanc ideam corporis omnes philosophi, imo omnes homines habuere, ante Cartesium »⁵⁰.

Nel brano citato, tratto da un brevissimo appunto del 1692 avente

⁴⁹ « Cet espace est infiniment étendu de tous costez, sans bornes, sans milieu ce qui est trop clair pour avoir besoin de preuve » (*Hug.* 7A, Frammento 11, rr. 28-29); cfr. anche Frammento 7, rr. 54-57. La tesi dell'affinità tra le concezioni dello spazio di Huygens e Leibniz è sostenuta invece nella dissertazione di Wilfried Kuhn (*Das Problem der Relativbewegung bei Huygens*, non pubbl., tesi presentata alla Johann Wolfgang Goethe-Universität di Frankfurt am Main nel 1970, pp. 74-75), l'unico lavoro di una certa ampiezza che affronti il tema del movimento nell'ultimo Huygens. Anche Elzinga attribuisce a Huygens « a relational theory of space » (Aant Elzinga, *On a Research Program in Early Modern Physics*, cit., cap. VI, p. 15) salvo affermare, poco dopo, che Huygens giudica lo spazio « truly homogeneous and isotropic » (*ibi*, cap. VI, p. 23). Howard Bernstein giunge a sostenere che Huygens « did want to reduce space to be distribution of some sort of material entities » (Howard R. Bernstein, *Leibniz and Huygens on the "Relativity" of Motion*, in Aa.Vv., *Leibniz' Dynamica*. Symposium der Leibniz-Gesellschaft in der Evangelischen Akademie Loccum, 2. bis 4. Juli 1982, a cura di Albert Heinekamp, Franz Steiner, Wiesbaden 1984, p. 89); egli fonda però la sua tesi su una traduzione del tutto errata di *Hug.* 7A, Frammento 6, rr. 105-107.

⁵⁰ Christiaan Huygens, *Propriétés générales de la matière*, "Pièce II", in OC, XIX, p. 325 [*Hug.* 6, f. 49r]; il passo è del 1692. La posizione di Huygens era già chiarissima nel 1669: « Ce que j'entens par le vuide est la mesme chose que ce qu'il [sc. Descartes] dit estre corps » (Christiaan Huygens a Franz W. de Nulandt, 26 aprile 1669, in OC, VI, p. 420); il medesimo concetto è espresso anche in *Hug.* 7A, Frammento 12, rr. 34-50.

come titolo *Contra Cartesij dogma, Corporis naturam seu notionem in sola extensione consistere*, Huygens afferma inoltre che la ragione della stravagante opinione di Descartes risiedeva nella necessità di negare l'esistenza del vuoto, che avrebbe reso impossibile la sua spiegazione della propagazione istantanea della luce:

« [Cartesius] suam istam [ideam corporis] eapropter commentus videtur, ut inde efficeret non dari spatia vacua, quo putabat se opus habere ad probandam lucis emanationem momentaneam, sine ulla mora temporis, quae et ratione et experientia refellitur »⁵¹.

Per Huygens, che ha sempre creduto nella velocità finita della luce e ne ha anche avuta la conferma sperimentale dalle ricerche di Roemer⁵², l'argomento non ha alcun valore: egli ritiene che si dia realmente uno spazio infinitamente esteso, all'interno del quale i corpi si muovono anche in virtù del vuoto. Proprio l'infinità dello spazio impedisce però di pensare alla presenza in esso di punti o direzioni privilegiate sulle quali fondare l'esistenza di un riferimento unico per il moto e la quiete:

« Sed quoniam spatium hoc infinite extenditur in omnem partem, nullis finibus circumscriptum, nihil medium aut extremum habens; hoc enim apertius est quam ut probatione indigeat; fateantur necesse est, nihil esse unde certus locus illic definiri possit; neque etiam esse quo locus a loco differat, ejusdem spatij infiniti respectu »⁵³.

Come si ricorderà, questo punto era già stato stabilito da Huygens negli anni '50 ma egli lo riprende ora con maggiore forza di fronte alle obiezioni miranti a fondare sul concetto assoluto di luogo la nozione di moto: non si può dire che A è in quiete quando resta nel medesimo luogo dell'universo, argomenta Huygens, perché « in infinito spatio non est Ubi, nec Ibi, nisi respective ad aliud »⁵⁴. L'identità di un luogo è sempre relativa ad altri luoghi, così che chi si forma l'idea dell'esistenza di luoghi permanenti, li immagina in realtà surrettiziamente in rapporto ad un riferimento *posto* come stabile:

« Spatij quiescentis hanc ideam habent, ut si à foco ad fenestram rece-

⁵¹ Christiaan Huygens, *Propriétés générales de la matière*, "Pièce II", in OC, XIX, p. 325 [Hug. 6, f. 49r].

⁵² Su Huygens e Roemer cfr. Jean-Pierre Verdet, *La théorie de la lumière de Huygens et la découverte de Roemer*, in Aa.Vv., *Roemer et la vitesse de la lumière*. Table ronde du C.N.R.S., Paris 16 et 17 juin 1976, Vrin, Paris 1978, pp. 169-178.

⁵³ Hug. 7A, Frammento 7, rr. 54-59.

⁵⁴ Hug. 7A, Frammento 1, rr. 70-71.

dam, manere dicant spatium juxta focum a quo excessi. sed nimirum cubi-
culi respectu »⁵⁵.

L'immobilità del riferimento va sempre a sua volta riferita ad altro, senza che si possa arrivare ad un punto assolutamente in quiete; in questo Huygens vede in errore tanto gli anticopernicani, per i quali la Terra fungeva da perno immobile dell'universo, tanto gli stessi copernicani, che pretendevano di sostituire le stelle fisse al nostro pianeta nel ruolo di fonte assoluta della determinazione dei luoghi nello spazio⁵⁶.

Se dunque è impossibile stabilire la quiete delle parti dello spazio, ancora meno si potrà attribuire la quiete allo spazio infinito nel suo insieme:

« In hoc tota quaestio vertitur an spatium mundi infinite extensi, immotum sit ac dici et intelligi possit. Visum est autem mihi falsam hanc esse notionem. unde enim ideam immoti hausimus nisi a quiete relativa corporum inter se? quis alio modo quiquam quiescere unquam conspexit? cui ideae itaque adjunctum est ut praeter corpus quiescens sit aliud praeterea vel plura quorum respectu ipsum quiescat. Spatium vero illud quod immotum volunt, cujusnam respectu quiescit? Nullius sane »⁵⁷.

La vacuità dello spazio fornisce poi un ulteriore argomento contro la tesi della sua immobilità:

« Motus nempe ut volunt, est translatio e spatio mundano in aliud. quies mora in eodem spatio. Cujus rei? nempe corporis. cum igitur motus et quies non nisi corpori conveniant, quomodo jam immobilitatem spatio tribuunt, et quidem in infinitum undique extento. nam nec translatio nec quies est nisi substantiae alicujus. quomodo igitur conveniet quies spatio vacuo in quo nihil existit? »⁵⁸.

L'evidente assurdità che comporterebbe il considerare mosso lo spazio nel suo insieme non deve condurre all'altrettanto assurda posizione opposta, e cioè a pensare che esso sia in quiete; in quanto vuoto, lo spazio non è sostanza e non si può dunque attribuirgli una qualificazione che ha

⁵⁵ *Hug. 7A*, Frammento 6, rr. 94-96.

⁵⁶ « Plerique verum corporis motum statuunt cum ex loco certo ac fixo in spatio mundano transfertur. male. nam cum infinite spatium undique extensum sit quae potest esse definitio aut immobilitas loci? Stellas affixas, in Copernicano systemate, forsitan revera quiescentes dicent. Sint sane inter se immotae sed omnes simul sumtae cujus alterius corporis respectu quiescere dicentur, vel qua in re different a celerrime motis in partem aliquam? » (*Hug. 7A*, Frammento 9, rr. 20-25)

⁵⁷ *Hug. 7A*, Frammento 2, rr. 43-50.

⁵⁸ *Ibi*, rr. 56-61.

senso solo se riferita ad una *res*⁵⁹. A salvare la nozione di spazio immobile non basta per Huygens la considerazione che di essa sia possibile, come affermano alcuni, avere un'idea chiara e certa:

« Sic plurimi e vulgo notionem habent ejus quod Sursum ac deorsum dicitur, idque nec Terrae nec ullius alterius rei respectu. Et hinc olim antipodes dari non posse concludebant, quod capitibus eorum deorsum tendentibus, in terra haerere non possent, sed necessario deberent decidere. haec notio est illorum opinione evidentissima, et tamen falsa, quoniam illud sursum et deorsum relativa sunt ad centrum Terrae »⁶⁰.

L'analogia istituita da Huygens tra l'ingenua assolutizzazione delle direzioni dello spazio operata dagli « idiotae »⁶¹ e la credenza nell'immobilità dello spazio rivela la sua fiducia nel fatto che quest'ultima sia destinata col tempo ad essere abbandonata, per lo meno dai dotti, in quanto si fonda esclusivamente su un pregiudizio radicato nella concezione del mondo precopernicana, che egli ritiene per certi aspetti ancora operante anche tra i cultori della nuova scienza.

La seconda classe di argomenti discussa nel *Codex 7A* è contraddistinta dall'idea che un corpo mosso possieda proprietà diverse da quelle di un corpo in quiete; si è già visto nel capitolo precedente come una simile concezione, talmente diffusa da poter essere considerata un luogo comune, si trovasse alla base della teoria del moto abbozzata da William Neile e come i saggi leibniziani di fisica teorica del 1670-71 la ponessero egualmente come presupposto. Huygens immagina dunque che si diano due corpi A e B, in quiete reciproca e soli nello spazio infinito del mondo; se A riceve un impulso ed inizia ad allontanarsi da B, il suo moto uniforme in linea retta persisterà indefinitamente, in mancanza di ostacoli. Se B venisse dunque annichilito da Dio subito dopo l'impulso, il moto di A non sarebbe più riferibile ad alcun corpo e potrebbe così essere detto assoluto⁶².

⁵⁹ « Viderunt puto, absurdum fore, si dicerent spatium mundi infinitum moveri, atque ita concluderunt ipsum quiescere. Cum potius cogitare debuissent, neque quietem neque motum spatio isti convenire, sed corporibus tantum » (*Hug. 7A*, Frammento 7, rr. 62-65). Cfr. anche *Hug. 7A*, Frammento 11, rr. 36-40.

⁶⁰ *Hug. 7A*, Frammento 6, rr. 43-49. Un uso analogo del motivo degli antipodi si trova anche in Descartes (René Descartes a Marin Mersenne, aprile 1634, in *Oeuvres de Descartes*, cit., I, p. 288) e nella lettera di Boulliauld a Gassendi del 21 giugno 1633 (Pierre Gassendi, *Opera Omnia*, cit., VI, p. 412).

⁶¹ *Hug. 7A*, Frammento 5, rr. 51-52.

⁶² Cfr. *Hug. 7A*, Frammento 7, rr. 111 e sgg. e Frammento 11, rr. 55 e sgg. Circa l'opportunità di immaginare situazioni-limite di tale natura Huygens ha comunque qual-

La prima risposta a questa argomentazione è che la quiete attribuita ad A e B prima dell'impulso non può essere definita se non rispetto allo spazio immobile, concetto che Huygens ha già dimostrato essere insostenibile; nulla impedisce infatti di pensare che i due corpi si trovassero in moto, prima dell'impulso, e che quest'ultimo abbia proprio ricondotto A ad uno stato di quiete che ora, annichilito B, persiste indefinitamente. L'argomento, in altre parole, non può dimostrare l'esistenza del moto assoluto a meno di presupporla nelle condizioni iniziali e si rivela pertanto un circolo logico. Ma Huygens vede giustamente come implicita in quest'argomento la convinzione che la spinta ricevuta da A abbia prodotto in esso qualche mutamento che, al di là del suo moto di allontanamento da B, debba persistere anche quando quest'ultimo viene a mancare:

« Ils s'imaginent que l'impression demeure dans un corps, et qu'il se meut par cette impression »⁶³.

Per Huygens è assolutamente esatto pensare che la *impressio* si mantenga indefinitamente, purché con questo si intenda che in A resterebbe un moto *relativo a B*, se questo continuasse ad esistere; e questo è l'unico senso nel quale si può intendere il perdurare dell'impulso:

« Non habet A, sublato B, aliquid quod ante [...] impulsum non habebat, nisi quod jam solum existit in mundo. antea enim hoc solum habebat ut una cum B existeret et ejus respectu quiesceret. Nunc illius respectu non amplius quiescit nec movetur neque enim ullum ad B respectum habet. Ergo hoc solum habet ut jam unicum in mundo existat »⁶⁴.

Huygens ritiene del tutto illegittimo connettere lo stato di moto di un corpo con un impulso ricevuto; da un lato, infatti, tale tesi implica già l'affermazione che il corpo fosse in quiete prima di essere spinto, che è appunto ciò che deve ancora essere dimostrato. Dall'altro, essa comporterebbe un'interpretazione del moto e della quiete del tutto nuova, da nessuno ancora tentata seriamente, e l'esclusione da essi di ogni riferimento alla nozione di luogo, che è invece strettamente connaturata a qualsiasi loro genuina definizione:

« Ils diront qu'un corps que dieu aura créé, et au quel il n'aura donné

che dubbio: « Forsan nil opus est deum hisce admisceri » (*Hug.* 7A, Frammento 6, nota <E>).

⁶³ *Hug.* 7A, Frammento 11, nota <A>.

⁶⁴ *Hug.* 7A, Frammento 3, r. 65 e nota t alla r. 69. Il passo fu poi cancellato ma l'argomento è altrove ripreso da Huygens in termini analoghi; cfr. ad esempio *Hug.* 7A, Frammento 11, rr. 61-75.

aucune impulsion, sera dans un vray repos: de sorte qu'estre en repos ce sera exister sans avoir receu d'impulsion [...] Je respons voicy donc une nouvelle definition du repos, dans la quelle on n'a plus egard a la continuation d'un mesme lieu. Et par consequent, se mouvoir sera exister ou avoir esté créé, et avoir en suite receu de l'impulsion. Ce qui est dire la cause du mouvement mais non pas ce que c'est, ni en quoy il consiste »⁶⁵.

Tutti i tentativi di vedere il moto come effetto assoluto di un impulso si fondano in realtà su un antico pregiudizio, che Huygens illustra con un trasparente richiamo ad un passo del *Saggiatore* galileiano:

« In hoc enim errari solet, quod qualitatem aut vim impressam, aut impetum in corporibus existere postquam impulsa fuerint, imaginamur, quorum virtute moveantur; adeo ut sint qui existiment violentia quadam affici corpora perniciosissime mota, eoque fieri posse ut glandes plumbeae in medio cursu liquescant. quod profecto si fiat, non propter motus velocitatem contingeret, sed propter aeris occursum atque attritum. Ex motu enim quamlibet intenso corpora nihil accipiunt neque patiuntur praeter hoc ipsum quod aliorum respectu distantiam aut positum immutent »⁶⁶.

Non vi è dunque nulla, in un corpo mosso, per il quale esso sia in moto:

« Non est dicendum corpora per motum mutare inter se distantiam ac situm, est enim motus ipse illa distantiae mutatio, non autem aliud quid ab illa diversum »⁶⁷.

Proprio su questo punto verte la discussione fra Huygens e Leibniz nelle già citate lettere del 1694; a differenza dei testi del *Codex* 7A, negletti fino ad ora dagli storici, queste pagine sono state più volte esaminate, anche perché la prima edizione, curata dal pioniere della ricerca testuale huygensiana, Pieter Johannes Uylenbroek, risale al 1833⁶⁸. Nella lettera del 29 maggio 1694 Huygens si decide finalmente a comunicare a Leibniz le proprie osservazioni su quelle *Animadversiones* ai *Principia* di Descartes

⁶⁵ *Ibi*, rr. 190-198.

⁶⁶ *Hug.* 7A, Frammento 7, rr. 124-131. Cfr. anche il seguente passo inedito: « Volunt quidam ut Fabrius seu Mousnerius impetum esse causam motus. sive corpora moveri ab impetu impresso, alij a vi, alij a qualitate impressa, quae omnia inepta » (*Hug.* 26A, f. 114v).

⁶⁷ *Hug.* 7A, Frammento 6, rr. 1-3.

⁶⁸ *Christianii Hugenii aliorumque seculi XVII virorum celebrium exercitationes mathematicae et philosophicae*. Ex manuscriptis in Bibliotheca Academiae Lugduno-Batavae servatis edidit Petrus Joannes Uylenbroek, in eadem Academia physices et astronomiae Prof. Extraord., Hagae Comitum, Ex Typographia Regia. 1833.

che il filosofo tedesco gli aveva inviate oltre due anni prima e sulle quali gli aveva insistentemente richiesto un parere; l'unica asserzione che Huygens commenta è proprio quella intorno al venticinquesimo articolo della seconda parte. Leibniz aveva fornito un'interpretazione rigorosamente relativistica della definizione cartesiana del moto *in sensu philosophico* ed aveva concluso che tale teoria renderebbe impossibile stabilire « *quaenam res moveatur* »⁶⁹. Egli non ha alcuna difficoltà ad ammettere che sul piano dei semplici fenomeni, ad esempio nella descrizione dei moti celesti, « *semper licebit, motum realem vel uni vel alteri eorum tribuere quae viciniam aut situm inter se mutant* »⁷⁰; nega però che una tale considerazione esaurisca l'analisi del moto, perché questo significherebbe negare qualsiasi significato al concetto di attività, che marca a suo dire la reale differenza tra moto e quiete, intesi come stati qualitativamente distinti della sostanza:

« *Unde si nihil aliud inest in motu, quam haec respectiva mutatio, sequitur nullam in natura rationem dari cur uni rei potius quam aliis ascribi motum oporteat. Cujus consequens erit, motum realem esse nullum. Itaque ad hoc, ut moveri aliquid dicatur, requiremus non tantum ut mutet situm respectu aliorum, sed etiam ut causa mutationis, vis, actio, sit in ipso* »⁷¹.

Il dissenso di Huygens da questa posizione è chiarissimo ma egli non ne affronta con Leibniz una discussione analitica e sembra anzi associare tale tesi a quella di Newton, coincidente nell'affermare l'esistenza del moto reale o assoluto ma del tutto diversa nelle motivazioni:

« *Dans vos notes sur des Cartes j'ay remarqué que vous croiez *absolum esse nullum dari motum realem, sed tantum relativum*. Ce que pourtant je tiens pour tres constant, sans m'arrester au raisonnement et experiences de Newton dans ses Principes de Philosophie, que je sçay estre dans l'erreur* »⁷².

⁶⁹ Gottfried W. Leibniz, *Animadversiones in partem generalem Principiorum Cartesianorum*, in *Die Philosophische Schriften von Gottfried Wilhelm Leibniz*, cit., IV, p. 369; il breve scritto leibniziano fu pubblicato solo nel 1844 da Gottschalk Eduard Guhrauer.

⁷⁰ *Ibid.* A suo giudizio, dunque, nemmeno il moto circolare « *rompt la loy generale de l'Equivalence* » (Gottfried W. Leibniz a Christiaan Huygens, 22 giugno 1694, in OC, X, p. 645).

⁷¹ Gottfried W. Leibniz, *Animadversiones*, ed. cit., IV, p. 369.

⁷² Christiaan Huygens a Gottfried W. Leibniz, 29 maggio 1694, in OC, X, p. 614. Nella minuta della lettera, conservata a Leida [*Hug.* 45], Huygens aveva inizialmente definito « *prejugé universel* » l'idea che esistano moti assoluti.

La sicurezza mostrata da Huygens deriva naturalmente dalle riflessioni sviluppate nel *Codex 7A*, ancora sconosciute al suo corrispondente come del resto all'intera comunità scientifica; fino a quel momento Huygens si era parzialmente aperto solo con il newtoniano David Gregory, che gli aveva fatto visita allo Hofwijck tra i mesi di maggio e giugno del 1693. Allo studioso scozzese Huygens aveva appunto dichiarato di ritenere in errore Newton sulla natura del moto, annunciando tra l'altro di essere intenzionato a chiarire la propria posizione in occasione dell'edizione, che auspicava prossima, del trattato sull'urto⁷³. L'estrema concisione dell'accento critico a Newton, che non rivela praticamente nulla delle più recenti speculazioni di Huygens⁷⁴, fa sì che la replica leibniziana non sia altro che una ripetizione, sia pure più chiara ed estesa, delle tesi già espresse nelle *Animadversiones* e da noi conosciute anche grazie alla *Dynamica* del 1689-90; ed è sicuramente da rimpiangere che il dibattito non si sia potuto sviluppare sulla base delle argomentazioni più mature di Huygens, che avrebbero certo trovato in Leibniz un oppositore di primissimo livello. Nella lettera del 22 giugno 1694 il filosofo tedesco ribadisce che nessun fenomeno è in grado di indicarci quale corpo si muova realmente e quale invece sia mosso di moto solo relativo⁷⁵ ma che nondimeno è necessario che il moto, essendo qualcosa di reale, abbia un *subjectum*:

⁷³ « Hugenius Regulas motus demonstrabit, Errores Newtoni circa Motum verum et absolutum ostendet. Nullumque esse absolutum, centrifugum motum non esse proprium circulari vero » (*Memorandum* di David Gregory, 30 giugno 1693, in *The Correspondence of Isaac Newton*, University Press, Cambridge, 1959-1977, III, p. 272). Fu forse in occasione di questo incontro che Gregory fece intendere a Huygens di avere il progetto di curare una seconda edizione dei *Principia*; nella lettera a Leibniz del 29 maggio 1694 (OC, X, p. 614) Huygens azzarda l'ipotesi che, nella riedizione, Newton avrebbe forse rinunciato ad un assunto tanto compromesso con la metafisica quale la concezione di uno spazio immobile. Il progetto di Gregory, come è noto, non andò in porto e la seconda edizione dei *Principia*, curata da Roger Cotes, uscì solo nel 1713; al pari della terza, essa non contiene alcuna ritrattazione delle tesi sul moto e lo spazio assoluto.

⁷⁴ Più volte Leibniz rimprovera a Huygens un eccessivo ritegno nel divulgare le proprie opinioni: « Les hommes excellens nous doivent laisser jusqu'à leur conjectures, et ils ont tort, s'ils ne veulent donner que des verités certaines. Cela soit encor dit à Vous même, Monsieur, qui avés sans doute une infinité de belles pensées sur la Physique » (Gottfried W. Leibniz a Christiaan Huygens, 8 gennaio 1692, in OC, X, p. 229). Non si tratta di semplici *flatteries*: appena saputo della morte di Huygens, Leibniz esorterà in più occasioni Constantijn Huygens, anche dalle pagine degli « Acta Eruditorum », a mettere ordine tra le carte del fratello ed a promuoverne la pubblicazione (cfr. OC, X, pp. 721-722).

⁷⁵ « Car a et b allant l'un contre l'autre, j'avoue que tous les phenomenes arrive-

« Vous ne nierés pas je crois que veritablement chacun [corps] a un certain degré de mouvement ou si vous voulés de la force; non-obstant l'equivalence des Hijpotheses »⁷⁶.

§ 4. Nella medesima lettera Leibniz respinge inoltre l'implicito accostamento con Newton avanzato da Huygens, e con piena ragione, dal momento che il filosofo inglese negava l'equivalenza delle ipotesi per il moto circolare e la ammetteva soltanto per il moto rettilineo; Leibniz replica anzi che proprio Huygens gli aveva comunicato l'argomento tratto dalla considerazione della forza centrifuga, che si ritrova in Newton. L'osservazione di Leibniz è esatta: si è visto infatti come fosse stata la scoperta della rotazione assoluta ad indurre Huygens a limitare il principio di relatività ai soli moti rettilinei. Ora Huygens ritiene però di aver superato la difficoltà, che descrive più esattamente nei termini seguenti:

« Ad caeteras quidem apparentias idem fit sive orbis aut rota quae-
piam me juxta adstante circumrotetur, sive stante orbe illo ego per ambi-
tum ejus circumferar, sed si lapis ad circumferentiam ponatur, projicietur
circumeunte orbe, ex quo vere tunc et nulla ad aliud relatione eum moveri
et circum gyrari judicari existimabam »⁷⁷.

Il problema è affrontato da Huygens mediante una ridefinizione della scienza del movimento a partire dalle sue basi più elementari:

« Itaque videndum est qua in re tum rectus ac simplex tum circularis
motus consistent, idque eo magis, quod putarunt nonnulli verum illum
motum, quo corpora vel partes eorum locum mutare volunt in spatio
mundano, in circulari motu reperiri, ac certo deprehendi posse. Ostende-
mus autem et hic non nisi respectivum motum contingere »⁷⁸.

ront tout de meme, quel que soit celuy dans lequel on posera le mouvement ou le repos; et quand il y auroit 1000 corps, je demeure d'accord que les phenomenes ne nous scauroient fournir (ny même aux anges) une raison infallible pour determiner le sujet du mouvement ou de son degré; et que chacun pourroit estre concû à part comme estant en repos » (Gottfried W. Leibniz a Christiaan Huygens, 22 giugno 1694, in OC, X, p. 645).

⁷⁶ *Ibid.* A costo di rinunciare a qualsiasi compromesso con il senso comune, Huygens rifiuta il principio di semplicità, da Leibniz considerato invece con maggior favore, secondo il quale il moto va preferibilmente attribuito ad un corpo solo piuttosto che a molti o ad un corpo piccolo piuttosto che ad uno grande; l'unica possibile eccezione si trova in *Hug.* 7A, Frammento 3, rr. 13-15, ma appare del tutto episodica.

⁷⁷ *Hug.* 7A, Frammento 9, rr. 8-12.

⁷⁸ *Hug.* 7A, Frammento 8, rr. 47-51.

Alle rr. 54-63 del Frammento 8, immediatamente dopo questa dichiarazione d'intenti, si trova un breve elenco di punti da trattare (finora inedito) che costituisce a mio avviso la delineazione più esatta della soluzione huygensiana; data la confusione che regna negli appunti, mai arrangiati da Huygens in vista di una pubblicazione, è però necessario attingere a più frammenti per ricostruire il senso del suo discorso. Huygens critica innanzitutto l'idea di quiete relativa da lui stesso fino ad allora accettata⁷⁹, mutuata dal relativismo copernicano e spinta poi alle più radicali conseguenze nelle osservazioni al Riccioli, che si fondava sulla semplice analisi della relazione spaziale tra due corpi. Il permanere della medesima distanza tra A e B è ora ritenuto condizione necessaria *ma non sufficiente* perché essi possano essere detti in quiete l'uno rispetto all'altro:

« Videndum jam est quatenus corpora inter se quiescant. Certe non alijs hoc convenit nisi quae distantiam eandem positumque servant mutuo respectu. Sed non ideo quaecumque distantiam eandem positumque mutuo respectu servant, inter se quiescunt »⁸⁰.

Per definire un autentico stato di quiete reciproca, afferma ora Huygens, è necessario aggiungere la condizione che i due corpi siano del tutto liberi di muoversi:

« Sciendum itaque quiescere inter se corpora, quae cum nullo vinculo aut obice continentur quominus singula libere a se mutuo recedant, tamen situm distantiamque inter se eandem servant »⁸¹.

Questa tesi, a prima vista certamente singolare, è argomentata mediante un procedimento di passaggio al limite; Huygens prende le mosse della considerazione, in sé ovvia, che la variazione di distanza tra due corpi può essere molto minore della loro velocità relativa calcolata, ad esempio, lungo rette parallele:

« Corpus A per rectam seu secundum regulam AB moveatur. corpus C per rectam parallelam CD. cum A accedit ad B et C ad D, moventur utique mutuo respectu, et tamen distantiam paucillum et veluti nihil mutant »⁸².

⁷⁹ Proprio la presenza di questa immatura concezione della quiete relativa induce a proporre una datazione piuttosto arretrata per il Frammento 12 del *Codex 7A* (cfr. soprattutto le rr. 9-11).

⁸⁰ *Hug. 7A*, Frammento 7, rr. 155-158.

⁸¹ *Ibi*, rr. 161-163.

⁸² *Hug. 7A*, Frammento 9, nota ; cfr. anche Frammento 8, rr. 11-14: « Celeritas corporum respectiva alia est secundum lineam directionis aestimata, alia secundum mutationem distantiae inter ipsa corpora. Potestque in eodem duorum corporum motu, haec celeritas ad illam, habere rationem quacunque data minorem ».



Hug. 7A, Frammento 9, fig. 15 [f. 24r]

Ma nulla impedisce di pensare, conclude Huygens, che la variazione di distanza possa non avere affatto luogo ed il moto relativo continuare tuttavia ad esistere; ciò accade, egli afferma, « in motu mutuo vincitorum »⁸³:

« An autem corpora duo inter se relative moveri possunt quorum eadem manet distantia? Ita sane dum distantiae incrementum inhihetur »⁸⁴.

Il nuovo concetto di quiete così introdotto da Huygens si definisce grazie ad una situazione, che potremmo definire originaria, nella quale sono dati nel mondo soltanto due corpi non vincolati; tale situazione riveste nella teoria huygensiana la stessa funzione che ha l'astrazione del corpo "indipendente" nella prima legge di Newton, con la differenza che il termine di raffronto dello stato di un corpo è costituito da una coppia di corpi in quiete tra loro (i corpi A e B nelle figure 10 e 11 del Frammento 6) e non dallo spazio immobile. La condizione, richiesta da Newton, dell'assenza di forze impresse si trasforma qui in quella della libertà dei corpi da vincoli di qualsiasi natura. In questa "traduzione" relativistica della situazione elementare della meccanica classica è già dato l'intero senso dell'impresa huygensiana, volta a costituire la scienza del moto su basi interamente meccanicistiche. Il compito che Huygens si propone è quasi paradossale: spiegare il movimento senza ricorrere ad altro che ai corpi ed al moto stesso. Si è visto come egli rifiutasse di ricondurre il moto ad un concetto di "attività" spurio e forse venato di antropomorfismo quale quello di *impetus* o di forza e come egli rifuggisse egualmente da qualsiasi sua subordinazione allo spazio assoluto; con la posizione originaria di due corpi

⁸³ Hug. 7A, Frammento 1, r. 112.

⁸⁴ Hug. 7A, Frammento 9, rr. 16-18.

liberi in quiete fra loro egli consegue l'eliminazione della nozione di spazio immobile senza dover per questo rinunciare al principio d'inerzia, che costituisce la prima proposizione della scienza del moto propriamente intesa. Esso descrive infatti per Huygens il comportamento di un terzo corpo che, trovandosi dapprima in quiete rispetto ai primi due, subisce un impulso:

« Hypothesis sic proponenda. Si tria aut plura non conjuncta aut colligata inter se quiescunt, deinde unum eorum impellatur, describet lineam rectam reliquorum respectu et in ea perget motu aequabili »⁸⁵.

Una simile interpretazione relativistica dell'inerzia ha come immediata e sorprendente conseguenza la revisione della nozione stessa di linea retta, che non può essere definita a prescindere dal comportamento di almeno tre corpi liberi:

« Non enim linea recta respectu spatij infiniti absque corporibus definiri potest, neque etiam corporis unius respectu. sed potest duorum, vel respectu punctorum duorum in uno corpore »⁸⁶.

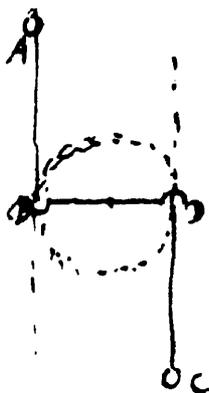
È fondamentale notare che la definizione del sistema di riferimento formato dai due corpi in quiete fra loro non costituisce affatto la reintroduzione surrettizia di un punto di osservazione assoluto: per Huygens possono infatti darsi infinite altre coppie di corpi dotati delle medesime caratteristiche, che non mutano cioè distanza e posizione reciproca pur senza essere vincolati. Tutti questi sistemi sono egualmente ammissibili e non vi è motivo per privilegiarne uno piuttosto che un altro; proprio quest'osservazione salva il carattere relativo di ogni movimento e di ogni quiete, perché quand'anche si sarà determinata la quiete reciproca di un insieme di corpi, ad esempio delle stelle fisse, nulla potrà indicare se si tratti di una quiete assoluta o non piuttosto di un moto rettilineo ed uniforme comune a tutti:

⁸⁵ *Hug. 7A*, Frammento 1, rr. 122-124 e nota <C>. La proposizione è per Huygens indimostrabile, « un principe qui se doit supposer » (*Hug. 7A*, Frammento 11, nota <D>). Altrove però egli tende a derivarla da considerazioni sul carattere isotropo dello spazio, ciò che mitiga in parte la straordinaria originalità del suo approccio: « Atque hoc Principij loco habendum est, quod cum experientia manifesto comprobatur tum a plurimis ante nos sumtum fuit. quanquam et hac ratione nititur, quod aequae rationi consentaneum sit corpora mutuo respectu mota, si nullum occurrat impedimentum, moveri pergere neque in ullam partem declinare, quam inter se quiescentia si nil aliud accidat perseverare in quiete » (*Hug. 7A*, Frammento 7, rr. 169-174).

⁸⁶ *Hug. 7A*, Frammento 1, rr. 124-127. Gueroult ignorava ovviamente la riformulazione huygensiana del principio d'inerzia, allorché scriveva che l'accettazione di tale principio impedisce a Huygens di bandire del tutto dalla fisica il moto assoluto (cfr. Martial Gueroult, *Leibniz. Dynamique et métaphysique*, cit., p. 107n).

« Posito definito numero fixarum inter se quiescentium, oportet illis incertum esse, utrum maximo motu recto omnes una abripiantur, an quiescant »⁸⁷.

Posta questa base, e cioè l'impossibilità di porre un unico sistema di corpi in quiete reciproca a fondamento di ogni moto e di ogni quiete, Huygens affronta il nodo del moto circolare, dalla cui soluzione dipende l'esito della partita con Newton. La rotazione viene introdotta come una modificazione del moto rettilineo; egli immagina due corpi, A e C, mossi di moto rettilineo lungo direzioni parallele e secondo versi opposti:



Hug. 7A, Frammento 6, fig. 9 [f. 11v]

« Haec corpora inter se ac mutuo respectu moveri cognoscimus. hoc tamen fatemini non cognosci, quatenus utrumque eorum vere moveatur. hoc est spatij mundani respectu. Ponamus jam filum BD utrique AB, CD perpendiculare, atque eo loci positum, ut eodem momento A incidat in B, et C in D; sintque unci quidam in B et D, quibus haereant corpora utraque, quo fiet ut rectus eorum motus in circularem vertatur, quem tensione sua filum BD prodet »⁸⁸.

Nonostante non vi sia più alcun cambiamento di distanza, la situazione nella quale i due corpi si trovano non è di quiete, in quanto essi sono ora vincolati dai "ganci" che impediscono loro di separarsi; si tratta invece di un moto circolare *vero*, come è manifestato dalla forza centrifuga che tende il filo che li unisce e che costituisce la caratteristica peculiare della rotazio-

⁸⁷ Hug. 7A, Frammento 6, rr. 102-104.

⁸⁸ *Ibi*, rr. 109-115.

ne. Se dunque la misurazione della forza centrifuga consente di stabilire la presenza e la quantità⁸⁹ del moto circolare tra due corpi, nondimeno tale valore indica esclusivamente una grandezza relativa, da Huygens indicata in un caso con il termine *motio*⁹⁰; come infatti era impossibile, prima che il moto si trasformasse in circolare, attribuire valore assoluto al moto rettilineo dei due corpi, così, ora che esso si è accidentalmente mutato in rotatorio, la sua natura non è differente:

« Recte vero rem perpendiculari, manet tantum motus respectivus qui fuit antea. nihilque aliud accidit nisi quod cum antea esset in lineis rectis parallelis, nunc sit in partibus circumferentiae oppositis quae similiter inter se parallelae dici possunt, distantia vero corporum quae prius mutabatur continue, nunc invariata maneat, propter vinculum. Ergo et in circulari ejusmodi motu nihil quoque nisi respectivus motus cognoscitur, sicuti in motu solutorum »⁹¹.

Analoghe considerazioni valgono naturalmente per il caso di un unico corpo, che può essere considerato in rotazione a patto di immaginarlo composto di più parti animate da moti rettilinei in tutte le direzioni, tangenti cioè alla superficie⁹².

Anche il moto circolare, nonostante la forza centrifuga alla quale dà oggettivamente luogo, è dunque sottoposto alla medesima critica relativistica usata contro il moto rettilineo assoluto:

« Si velint [...] verum motum absque respectu aliorum corporum dari, Saltem fateri debent illius veri motus quantitatem reperiri non posse, neque etiam ex motu circulari quia hic tantum relativi motus inter partes quantitas aut celeritas cognoscitur, nequaquam vero veri istius quem sibi imaginantur, hoc enim non possunt dicere, cum nescire fateantur quantam celeritatem veram corpus illud in se revolutum habeat, Potest enim secundum ipsos vel summa celeritate totum ferri vel etiam quiescere »⁹³.

⁸⁹ Non la *qualità*, come si legge invece nelle *Oeuvres complètes* (XVI, p. 222) per una svista dei curatori: « In hoc motu [*sc.* la rotazione] partes recedere conantur a se mutuo vel a puncto ipsarum respectu definito, idque eo majore vi quo major est motus ipsarum relativus. unde et de quantitate motus hujus respectivi judicium fieri potest, cum ex distantiae mutatione non possit » (*Hug.* 7A, Appendice II, rr. 10-13).

⁹⁰ *Hug.* 7A, Frammento 6, r. 62.

⁹¹ *Ibi*, rr. 119-125.

⁹² Cfr. *ibi*, rr. 125-127.

⁹³ *Hug.* 7A, Frammento 1, rr. 83-90.

§ 5. L'esame delle opinioni di Huygens riguardo al moto della Terra consente di illustrare in che modo egli riesca a conciliare la verità del moto rotatorio con il suo carattere relativo. Per la sua stessa educazione Huygens è copernicano ed appartiene anzi ad una generazione e ad un ambiente culturale per i quali la questione cosmologica non è più materia di contesa; è chiaro però che il suo radicale relativismo, che sfocia nell'equiparazione ontologica di moto e quiete e consente di considerare egualmente valido qualsiasi riferimento arbitrariamente scelto, avrebbe potuto togliere significato alla contrapposizione tra geostaticismo ed elio-staticismo, descrizioni equivalenti di una medesima realtà. Questa non è tuttavia la posizione di Huygens, che ritenne sempre vera, nel senso forte del termine, la teoria del moto di rotazione e di rivoluzione della Terra⁹⁴. Nel 1654 egli scrive che, ai fini della determinazione del comportamento dei corpi sulla Terra, è ininfluente sapere « an terra consistat an caelum stellarum »⁹⁵; Huygens non vuole con questo affermare l'indifferenza delle due ipotesi ma solo avanzare una constatazione, derivante dal principio d'ininfluenza del moto comune, che era assolutamente corretta nel quadro della dinamica del momento e comunque non confutabile sperimentalmente, considerato il livello di precisione degli esperimenti allora conseguibile. E d'altronde era un punto fermo di qualsiasi sostenitore del copernicanesimo l'argomentazione secondo la quale nessun esperimento condotto sulla Terra può rivelare se essa sia in quiete o meno⁹⁶. Già dal

⁹⁴ « Rei veritas haud aliter quam Copernicum sequendo explicatur » (*Christiani Hugenii Zulichemii Brevis assertio Systematis Saturnii sui*, in OC, XV, p. 459). La verità del copernicanesimo si fonda per Huygens principalmente su ragioni di carattere astronomico: « Fatendum enim profecto diligentia coelestium observationum tandem homines didicisse universi hujus ordinationem, quoque loco a natura repositi sint, caelum denique an terra moveatur » (Christiaan Huygens a Gottfried A. Kinner von Löwenthorn, giugno 1655, in OC, I, p. 335). Egli ritiene ad esempio che la propria teoria degli anelli di Saturno costituisca un'ulteriore prova della verità della dottrina copernicana ed afferma polemicamente: « Pridem credidi praeter Astronomiae ignaros, imperitamque multitudinem, tantum adhuc Cleanthes aliquos, in quibus & Fabrius, antiquo errori adhaerescere, vique irrita Telluris motui obniti » (*Christiani Hugenii Zulichemii Brevis assertio Systmatis Saturnii sui*, in OC, XV, p. 461); cfr. Alfonsina D'Elia, *op. cit.*, pp. 110-114. Cfr. inoltre il seguente passo, poi cancellato, tratto dal *Codex 7A*: « Ce n'est pas a eux [*sc.* gli oppositori del copernicanesimo] que je veux avoir a faire, car leur opinion est refutée par tant d'arguments tant tirez de l'astronomie que de la physique que je crois pouvoir supposer qu'ils sont dans l'erreur » (Frammento 11, nota y alla r. 23).

⁹⁵ Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 111 [*Hug.* 26A, f. 22v].

⁹⁶ Cfr. *Hug.* 7A, Frammento 8, rr. 94-99.

1659⁹⁷ emerge però in lui la convinzione di poter trovare una conferma sperimentale al moto della Terra: dopo le prime scoperte sulla misura della forza centrifuga, risalenti all'ottobre dello stesso anno, egli cerca di calcolarne l'intensità all'Equatore. L'idea, chiaramente espressa in un breve appunto del 1666⁹⁸, si fonda sulla considerazione che la forza centrifuga prodotta dal moto di rotazione della Terra dovrebbe far diminuire l'effetto della gravità, ciò che comporterebbe un differente tempo di oscillazione in pendoli di eguale lunghezza posti a latitudini diverse. Per scoprire questa variazione era necessario trasportare presso l'Equatore un pendolo di grande precisione, impresa non delle più facili; la spedizione di Richer del 1672-1673 alla Caienna pareva confermare l'esattezza dell'ipotesi ma sul resoconto del suo viaggio persistevano dubbi⁹⁹; inoltre una spedizione guidata nel 1671 da Picard non aveva riscontrato alcuna differenza tra il valore di Parigi e quello di Uranieborg in Danimarca, così che ancora nel maggio 1687 Huygens non si sentiva di dare per certo il risultato ed affermava anzi, ciò che è quanto meno strano, di essere in grado di spiegare anche l'eguaglianza dei periodi di oscillazione, qualora gli esperimenti l'avessero manifestata¹⁰⁰. I risultati di una spedizione dall'isola di Texel al Capo di Buona Speranza del 1686-1687 confermarono infine la diminuzione apparente della gravità terrestre nei pressi dell'Equatore¹⁰¹; egli prese atto con soddisfazione del successo ed annotò in uno dei suoi volumi di *adversaria* che era finalmente stato trovato « een bewijs van 't draeyen der aerde. 'T eenigh waernemelijk effect van dit draeyen »¹⁰². Tale opinione è confermata nel *Codex* 7A, dove Huygens

⁹⁷ Cfr. Christiaan Huygens, *De Vi Centrifuga*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 304 [Hug. 26, f. 4v] e le note dei curatori in OC, XVI, pp. 376-377.

⁹⁸ Cfr. Christiaan Huygens, *Travaux divers de physique* [...], "Pièce II E", in OC, XVII, pp. 285-286 [Hug. 3, f. 45r]. Il medesimo tema Huygens propone anche in un programma per l'Académie Royale: « La force du mouvement circulaire a rejeter du centre et l'experience pour sçavoir si la terre tourne par le moyen des pendules » (Christiaan Huygens, *Statique*, "Pièce I B", in OC, XIX, p. 26 [Hug. 26, f. 103r]).

⁹⁹ Si veda il resoconto della spedizione di Richer alla Caienna in OC, XVIII, pp. 635-636; cfr. inoltre John W. Olmsted, *The Scientific Expedition of Jean Richer to Cayenne (1672-1673)*, in « Isis », XXXIV (1942), pp. 117-128.

¹⁰⁰ Cfr. Christiaan Huygens a Philipp de la Hire, 1 maggio 1687, in OC, IX, pp. 130-131.

¹⁰¹ Cfr. i resoconti della spedizione al Capo di Buona Speranza in OC, XVIII, pp. 636-642 e in OC, IX, pp. 287 e sgg.

¹⁰² OC, XX, p. 179n [Hug. 1, f. 166v]. Cfr. anche Christiaan Huygens, *Discours de la Cause de la Pesanteur*, in OC, XXI, p. 462.

afferma chiaramente che il moto della Terra in riferimento alle stelle è *vero*, in quanto non pare esservi traccia in esse di quelle tendenze centrifughe che appaiono invece nel nostro pianeta:

« On connoit par la [*sc.* tramite la considerazione della forza centrifuga] que les fixes reposent entre elles et n'ont point receu d'impulsion pour aller en rond, parce qu'elles s'ecarteroient à moins que d'estre fichees dans une sphere solide comme autrefois quelques uns ont cru: Par consequent la terre l'a receu ce qu'on connoit d'une autre maniere par les horloges c'est a dire qu'elle rejette plus fort vers l'Equinoctial »¹⁰³.

Per Huygens è tuttavia perfettamente legittimo affermare che il moto *vero* della Terra rispetto alle stelle è soltanto relativo, *in quanto relativa è la quiete delle stelle fra di loro*; alla quarta ipotesi (nell'edizione del 1687) del terzo libro dei *Principia* newtoniani che afferma « Centrum Systematis Mundani quiescere »¹⁰⁴, Huygens replica infatti:

« Non [...] potes dicere centrum circolationis quiescere in mundo, sed etiam respective tantum ad alia corpora »¹⁰⁵.

La posizione di Huygens diverge dunque da quella di Newton non sull'esistenza di un moto circolare vero, che per entrambi (ma non per Leibniz) è inequivocabilmente dimostrata dall'ingenerarsi di forze centrifughe, quanto piuttosto sulla possibilità di giudicare assoluta l'immobilità del centro di una rotazione vera; a maggior ragione è per Huygens del tutto illegittimo concludere, dall'individuazione di un corpo non dotato di moto circolare, la quiete assoluta dei corpi che non cambiano distanza rispetto ad esso. Nulla obbliga a pensare che la quiete delle stelle fisse, che rispetto alla Terra si dimostra essere vera per le ragioni sopra esposte, afferisca in qualche modo ai loro luoghi e che sia dunque sufficiente avere determinato un centro di rotazione assoluta per stabilire un reticolo di coordinate atto a giudicare di qualsiasi moto e quiete; l'esistenza di una simile struttura universale, indipendente dai corpi e dai loro moti ma capace di influenzar-

¹⁰³ Hug. 7A, Frammento 11, nota <H>.

¹⁰⁴ Isaac Newton, *Principia*, ed. cit., p. 402.

¹⁰⁵ Hug. 7A, Frammento 8, rr. 71-73. Persino il newtoniano 's Gravesande esprimerà questo dubbio: « Quis affirmare aut negare cum ratione poterit, non motu communi omnia corpora nobis nota, per spatia immensi transferri? » (Willem Jacob 's Gravesande, *Physices Elementa Mathematica, experimentis confirmata. Sive Introductio ad Philosophiam Newtonianam*, apud Petrum Vander Aa et Balduinum Janssonium Vander Aa, Lugduni Batavorum 1720 [Tomo I]; apud Petrum Vander Aa et B. et P. Janssonios Vander Aa, Lugduni Batavorum 1721 [Tomo II], II, p. 115).

li, non è in alcun modo giustificabile, per Huygens, e contrasta con il suo ideale di un meccanicismo rigoroso. Difficile era dimostrare l'inutilità dello spazio immobile nella fondazione della scienza del moto; in questo senso il fulcro dell'argomentazione huygensiana è la fondazione relativistica del principio d'inerzia, che egli può proporre solo dopo aver compiuto un passo tanto arduo quale l'affermazione dell'origine fisica del concetto di linea retta. Il ruolo che Newton attribuisce allo spazio immobile è da Huygens assegnato a due corpi in quiete reciproca e *liberi da vincoli*; ciò gli consente di eliminare l'immateriale sostrato dell'universo newtoniano e di preservare però, a partire dalla sua proposizione più elementare, l'intero patrimonio di conoscenze accumulato dalla meccanica.

A questo punto può essere utile offrire una breve ricostruzione critica della storiografia riguardo alla "soluzione" huygensiana del problema della relatività. Il dibattito ha propriamente inizio solo nel 1920, quando Jan Arnoldus Schouten pubblica per la prima volta alcuni passi tratti dall'attuale *Codex 7A*, ma già in precedenza il Lange aveva tracciato la direttiva sulla quale si sarebbero successivamente articolate le ricerche; gli elusivi accenni contenuti nelle lettere a Leibniz lo avevano infatti indotto a pensare che Huygens avesse « noch einen Gedanken im Hintertreffen »¹⁰⁶ e fosse giunto ad elaborare una teoria relativistica del moto e della quiete indipendente da quella cartesiana. I tentativi di rintracciare nelle carte inedite di Leida una spiegazione della forza centrifuga che potesse costituire un'alternativa a quella newtoniana andarono però inevitabilmente delusi in quanto, come si è visto, gli effetti del moto circolare sono da Huygens intesi esattamente come nei *Principia Mathematica*, ed anzi senza la chiara consapevolezza (presente invece in Newton) della loro derivazione dal principio d'inerzia. Nella breve premessa all'edizione del 1920 Schouten rileva come Huygens abbia in effetti sostenuto per primo la « [absolute] Relativität aller Bewegungen, auch in dynamischer Hinsicht »¹⁰⁷, senza però che dai suoi manoscritti emerga in che modo egli « von diesem Stand-

¹⁰⁶ Ludwig Lange, *op. cit.*, p. 77. Si noti che le lettere tra Leibniz e Huygens del 1694 erano state edite già nel 1833 da Uylenbroek e poi da Gerhardt, nel 1849, senza che alcuno storico avesse visto la nuova luce che esse gettavano sulla storia dell'idea di movimento; nemmeno Mach, stranamente, pare essersi accorto dell'interesse delle questioni sollevate.

¹⁰⁷ Jan A. Schouten, *Die relative und absolute Bewegung bei Huygens*, in « Jahresbericht der Deutschen Mathematiker Vereinigung », XXIX (1920), p. 136; cfr. anche Heinrich Scholz, *Zur Analysis des Relativitätsbegriffs*, in « Kantstudien », XXVII (1922), pp. 397n-398n.

punkte aus die Zentrifugalkraft erklärt »¹⁰⁸; in un articolo successivo il matematico olandese ribadiva la speranza che ulteriori ricerche tra gli inediti avrebbero potuto chiarire la posizione di Huygens, al quale andava comunque il merito di avere individuato con largo anticipo « *de zwakke plek der klassieke mechanica, die eenmaal de oorzaak zou worden, dat zij hare plaats als natuurverklarende theorie moest afstaan* »¹⁰⁹.

Il primo studio di un certo respiro dedicato ai frammenti huygensiani è quello di Reichenbach¹¹⁰, che non esita a sottolineare la rilevanza teoretica delle concezioni di Huygens riguardo alla natura del movimento. Il suo articolo risente naturalmente del dibattito sulle implicazioni filosofiche della moderna teoria della relatività, nel quale la sua era voce tra le più autorevoli; le pagine huygensiane contro il moto e lo spazio assoluti, da poco ritrovate, riapparivano infatti proprio quando l'adesione del mondo scientifico a questi aspetti del pensiero newtoniano era stata scossa¹¹¹ e Reichenbach costruisce appunto il suo schema interpretativo conferendo largo rilievo alla contrapposizione tra Huygens (e, ma in modo diverso, Leibniz) e Newton. Il rifiuto degli "assoluti" newtoniani poteva in effetti prestarsi, soprattutto in una lettura ancora parziale e priva di strumenti storico-critici, ad interpretazioni che mettersero in luce gli aspetti anticipatori del pensiero huygensiano, in modo non dissimile da quanto si era già tentato di fare con le riflessioni leibniziane sul medesimo argomento. L'articolo di Reichenbach ha innanzitutto il merito di aver attirato l'attenzione su Huygens e Leibniz, i "perdenti" della rivoluzione scientifica, rispondendo così all'esigenza di ricollocare Newton nella storia e di mostrare come la strada da lui percorsa non fosse del tutto priva di alternative, nemmeno alla fine del '600¹¹²; Reichenbach presenta così Huygens come « il primo

¹⁰⁸ Jan A. Schouten, *op. cit.*, p. 136.

¹⁰⁹ Jan A. Schouten, *Absolute en relatieve beweging bij Huygens*, in « Christiaan Huygens. Internationaal Mathematisch Tijdschrift » I (1921-22), p. 95; il corsivo è nel testo.

¹¹⁰ Hans Reichenbach, *Die Bewegungslehre bei Newton, Leibniz und Huygens*, in « Kantstudien », XXIX (1924), pp. 416-438, trad. it. in *La nuova filosofia della scienza*, a cura di Maria Reichenbach, Bompiani, Milano 1968, pp. 69-97.

¹¹¹ Curiosamente ciò accadeva in seguito al lavoro editoriale di una commissione della quale faceva parte uno dei padri della relatività moderna, il celebre fisico e matematico di Leida Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928).

¹¹² Al medesimo intento sembra doversi ricondurre l'accenno a Huygens in Hermann Weyl, *Philosophy of Mathematics and Natural Science*, Princeton University Press, Princeton (New Jersey), 1949, trad. it. Boringhieri, Torino 1967, p. 127.

relativista che tentò di risolvere il problema della dinamica del moto circolare, anche se la sua soluzione non fu corretta »¹¹³. L'impossibilità di conoscere i passi degli appunti di Huygens sul principio d'inerzia e la determinazione della linea retta, indispensabili per comprendere l'originalità della sua soluzione, porta però il Reichenbach a sottolineare unicamente l'aspetto esteriore dell'argomentazione dell'olandese; egli individua infatti come punto qualificante della teoria huygensiana il fatto che essa pervenga « ad interpretare il moto circolare come moto relativo, come moto delle parti di un cerchio le une relativamente alle altre, non come moto assoluto rispetto allo spazio »¹¹⁴, ciò che in realtà è la semplice *affermazione* della relatività del moto circolare, non l'argomento che la sorregge. Huygens viene così visto come un precursore di Mach per aver saputo porre il problema della rotazione assoluta e la sua soluzione, valutata secondo questo presupposto, risulta ovviamente errata: in un sistema di coordinate ruotante con il cerchio huygensiano, infatti, il moto relativo delle parti scomparirebbe, mentre la forza centrifuga continuerebbe ad esistere¹¹⁵.

Nonostante dal 1929 sia disponibile una più ampia selezione dei manoscritti huygensiani, la necessità di rivedere le considerazioni del Reichenbach e di uscire anche dal semplicistico giudizio secondo il quale Huygens è "relativista" in quanto è cartesiano¹¹⁶, stenta lungamente ad

¹¹³ Hans Reichenbach, *trad. cit.*, p. 93.

¹¹⁴ *Ibi*, p. 94. La medesima interpretazione, che porta inevitabilmente a considerare insoddisfacente la soluzione di Huygens, è respinta dal Korteweg in una lettera scritta durante l'elaborazione delle note al volume XVI delle *Oeuvres complètes*: « Ik heb groot bezwaar tegen de uitspraak [...] dat wij in staat zouden zijn te verzekeren dat de grond van de verandering van inzicht door Huygens met zooveel nadruk aan Leibniz gemeld, zou gelegen zijn in de overweging: "que les parties d'un corps tournant ont un mouvement relatif *les unes par rapport aux autres*; de ce mouvement relatif, dont la direction change continuellement à cause de liëns, naît la force centrifuge". Dit toch was reeds toen hij Newton's inzicht aanhing precies zoo zijn meening over het geval der twee met een koord verbonden lichamen » (Dirk J. Korteweg a Johan A. Vollgraff, 26 maggio 1928, lettera inedita conservata presso l'archivio del Rijksmuseum voor de Geschiedenis van de Natuurwetenschappen en van de Geneeskunde "Boerhaave" di Leida). I commenti proposti nelle *Oeuvres complètes*, così come i contributi di Vollgraff, non presentano idee particolarmente originali ma hanno il merito di dipanare con chiarezza la questione dei vari mutamenti di opinione di Huygens sulla relatività e di segnalare gli accenni a tale tema sparsi tra le lettere e gli altri scritti.

¹¹⁵ Cfr. Hans Reichenbach, *trad. cit.*, pp. 95-96; la critica del filosofo tedesco è stata ripresa, fra gli altri, da Max Jammer in *Concepts of Space. The History of Theories of Space in Physics*, Harvard University Press, Cambridge (Massachusetts) 1954, trad. it. Feltrinelli, Milano 1963, pp. 117-118.

¹¹⁶ Cfr. *supra*, pp. 77n-78n.

imporsi. Sulla linea di una analisi finalmente libera da tali schemi si colloca Howard Stein che, grazie anche ad una lettura più attenta del materiale edito nelle *Oeuvres complètes*, ridefinisce il rapporto tra Huygens e Newton nei termini seguenti: « Indeed, the concept of absolute motion, or absolute velocity, Huygens dismisses as a “chimera”; but he admits the objective significance of what he calls “relative motion”, which amounts to (absolute) difference-of-velocities, even though this may be attended by no change in the relative positions of bodies. This, as we can see very clearly today, is precisely the right conclusion about the structure of the world as it is represented in Newtonian dynamics »¹¹⁷. Nel più interessante fra i recenti contributi, un filosofo della scienza quale Earman giudica invece il rifiuto huygensiano dello spazio assoluto di Newton « in the sense of a substratum »¹¹⁸ semplicemente come un coacervo di « philosophical dogmas, both metaphysical and empiricist »¹¹⁹, sia pur ammettendo, con una punta di ironia, che i testi huygensiani sono sufficientemente vaghi da rendere possibile anche una lettura come quella di Stein; principale obiettivo dell'edizione qui di seguito proposta è quello di stabilire una base testuale certa per la discussione, ciò che potrà forse aiutare a dissipare la confusione.

§ 6. Ad interrompere le speculazioni di Huygens intorno alla natura del movimento non furono la malattia o la morte; esse si erano infatti con ogni probabilità concluse già prima delle lettere a Leibniz, nelle quali si trovano affermazioni decise ed apparentemente definitive. E tuttavia Huygens non tentò nemmeno di esporle pubblicamente ma si limitò ad enunciarle in modo assai parziale ed elusivo prima a Gregory che, egli forse sperava, avrebbe potute farle pervenire a Newton e convincerlo a discuterne, e poi a Leibniz, che Huygens stimava pari a sé e capace di apprezzare

¹¹⁷ Howard Stein, *Some Philosophical Prehistory of General Relativity*, cit., p. 10. Anche il Kuhn sottolinea come Reichenbach non avesse riconosciuto che « auf Grund der besonderen Ruhedefinition die verbundenen Körper auch bei Abstandsinvanz nicht in Ruhe sind, sondern daß die Fadenspannung ja gerade eine gehemmte Relativbewegung anzeigt. Die Bewegung ist also bei Huygens nicht wegtransformierbar » (Wilfried Kuhn, *op. cit.*, p. 102).

¹¹⁸ John S. Earman, *World Enough and Space-Time. Absolute versus Relational Theories of Space and Time*, The MIT Press, Cambridge (Massachusetts)-London 1989, p. 70.

¹¹⁹ *Ibi*, p. 71.

l'originalità e la coerenza del nuovo approccio alla fondazione della meccanica. La concezione huygensiana non ebbe perciò alcuna influenza sugli sviluppi successivi della filosofia naturale che, potendo conoscere come unica forma di teoria relativistica quella di Descartes e dei suoi epigoni, condannò qualsiasi alternativa a Newton.

PARTE SECONDA

§ 1. STORIA DEI MANOSCRITTI E LORO ATTUALE CLASSIFICAZIONE

Il *Codex Hugenorium 7A*, di recente costituzione, è composto da fogli sciolti tratti dal legato huygensiano alla Biblioteca Universitaria di Leida¹. Nel testamento, siglato il 23 marzo 1695², Huygens decise di lasciare tutti i suoi « *schriften van Mathematique* » all'Accademia nella quale aveva studiato mezzo secolo prima; egli nominava espressamente solo i volumi di appunti rilegati ed alcuni trattati inediti già ultimati³ ma tra le sue carte furono trovati anche numerosissimi fogli staccati, che rimasero inesplorati a lungo. Burchard de Volder e Bernhard Fullenius, i professori delle Università di Leida e di Franeker incaricati da Huygens stesso di curare l'edi-

¹ Il fondo huygensiano di Leida fu costituito già nel 1697 e venne successivamente arricchito da ulteriori acquisti, tra i quali, nel 1823, uno assai consistente a spese del re Guglielmo I; su quest'acquisizione cfr. « *Algemeene Konst- en Letter-bode* », (1822-II), pp. 39-40; (1823-I), pp. 91, 134-137, 191. La collezione, che comprende la massima parte dei manoscritti di Christiaan Huygens e numerosi documenti riguardanti la sua illustre famiglia, è conservata presso la sezione "Dousa" (Manoscritti occidentali) della Universiteitsbibliotheek di Leida; la sua attuale composizione (dal n° 1 al n° 52 con lacune e numeri multipli) è descritta in un inventario (UB Leiden: *DOUSA.80.1770*) al quale sono state di recente apportate diverse modifiche. La dr. Joella G. Yoder sta attualmente lavorando alla catalogazione completa degli autografi huygensiani, sia quelli conservati a Leida sia quelli dispersi in altre collezioni; il registro indicherà la collocazione nelle *Oeuvres complètes* di ciascun manoscritto edito e fornirà una breve descrizione, pagina per pagina, del contenuto di quelli inediti. In aggiunta, la studiosa statunitense sta approntando una tabella di tutte le lettere huygensiane, con l'indicazione della loro attuale locazione.

² Huygens morì meno di 4 mesi dopo, l'8 luglio 1695, nella casa paterna dell'Aja.

³ Cfr. Christiaan Huygens, *Testament*, in OC, XXII, pp. 775-776.

zione degli scritti ancora inediti, non ritennero infatti possibile arrangiarli in modo soddisfacente per la pubblicazione e non se ne servirono nell'approntare i testi raccolti negli *Opuscula postuma*⁴ del 1703; neppure 's Gravesande, che nel 1728 ripubblicò i trattati postumi⁵, attinse ad essi. Una prima menzione è forse rintracciabile nel catalogo della Biblioteca edito nel 1716⁶, dove, tra i *Fasciculi, collectanea chartarum continentis*, vengono elencati alcuni titoli che parrebbero riferirsi a fogli ora inclusi nel *Codex 7A*⁷. Degli inediti huygensiani si occuparono nel secolo scorso diversi studiosi, i quali trassero materiale non solo dal fondo di Leida ma anche da archivi di istituzioni pubbliche (soprattutto quelli dell'Académie des Sciences di Parigi) e da fondi privati⁸; essi concentrarono però la loro attenzione su altre parti del lascito manoscritto, in particolare la corrispon-

⁴ Cfr. *Christiani Hugenii Opuscula postuma*, cit., "Praefatio", pp. [1]-[2] e Burchard de Volder a Gottfried W. Leibniz, 5 gennaio 1706, in *Die philosophische Schriften von Gottfried W. Leibniz*, cit., II, p. 280.

⁵ *Christiani Hugenii Zulichemi Dum viveret. Zellhemii Toparchae. Opera reliqua*. Amstelodami, Apud Janssonio-Waesbergios. 1728.

⁶ *Catalogus Librorum tam Impressorum quam Manuscriptorum Bibliothecae Publicae Universitatis Lugduno-Batavae*. Lugduni apud Batavos, Sumptibus Petri Vander Aa. 1716; l'elenco del fondo huygensiano (*Manuscripta Praecipue Latina, ab Illustrissimo Christiano Hugenio, Zelemi Toparcha, Academiae legata*), che si trova alle pp. 351-357, non è che la copia di un registro manoscritto di autore ignoto (UB Leiden: *Bibl. Arch. L2*) risalente forse all'anno stesso del legato, il 1697.

⁷ Il titolo « Regula secunda motus Cartesij opposita quintae » (*Catalogus Librorum*, cit., p. 356), ad esempio, potrebbe riferirsi al foglio G2 di Korteweg, cioè al Frammento 1 della presente edizione.

⁸ Cfr. Jean H. van Swinden, *Verhandeling over Huygens, als uitvinder der slingeruurwerken*, in « Verhandelingen der eerste klasse van het Koninklijk-Nederlandsche Instituut van Wetenschappen, Letterkunde en Schoone Kunsten te Amsterdam », III, Pieper & Ipenbuur, Amsterdam 1817, pp. 27-168; *Christianii Hugenii aliorumque seculi XVII virorum celebrium exercitationes*, a cura di Pieter J. Uylenbroek, cit.; *Lettres inédites de Descartes, et Remarques de Huygens sur la Vie de Descartes par Baillet. Tirées de la Bibliothèque de Leyde*, in *Fragments Philosophiques*, a cura di Victor Cousin, Ladrance, Paris 1838³, II, pp. 142-162; [Jacob Stonck], *Opgave der handschriften van Constantijn en Christiaan Huygens, benevens die handschriften, welke tot hen betrekkelijk zijn en vóór weinige jaren onder derzelver nakomelingen nog berustende waren*, a cura di Adrianus D. Schinkel, Schinkel, 's Gravenhage 1840; *Briefwechsel zwischen Leibniz und Hugen van Zulichem*, in *Leibnizens Mathematische Schriften*, cit., II [1849], pp. 1-208; Charles Henry, *Recherches sur les manuscrits de Pierre de Fermat suivies de fragments inédits de Bachet et de Malebranche*, in « Bullettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche », XII (1879), pp. 477-568, 619-740 (cfr. soprattutto p. 721 e pp. 737-740); Charles Henry, *Huygens et Roberval. Documents nouveaux*. E.J. Brill, Leyde 1879; Ernst Gerland, *Leibnizens und Huygens' Briefwechsel mit Papin, nebst*

denza di argomento matematico e gli scritti riguardanti la teoria e la costruzione dell'orologio oscillatorio, uno dei pochissimi conseguimenti che in quel tempo mantenesse ancora vivo l'interesse degli storici per l'opera dell'olandese. Nel 1882 l'Accademia Reale delle Scienze di Amsterdam decise infine di insediare una "Huygens-commissie" che, sotto gli auspici della Società Olandese delle Scienze di Haarlem e grazie alla collaborazione di studiosi di più paesi⁹, intraprese l'edizione delle *Oeuvres complètes*, iniziando con dieci volumi di epistolario (apparsi tra il 1888 ed il 1905) e passando poi agli scritti veri e propri. Nell'ambito di questo progetto editoriale, a partire dal 1885 circa, Dirk Jan Korteweg (1848-1941) iniziò ad esaminare la grande massa di fogli sciolti, che tenne per un lungo periodo presso di sé ad Amsterdam¹⁰; da essa ne trascelse fra l'altro alcuni, nei quali venivano trattate le questioni dell'urto e della natura del movimento, che divise in otto gruppi e contrassegnò con le lettere da A a H. I gruppi A, B,

der Biographie Papin's und einigen zugehörigen Briefen und Actenstücken, Verlag der Königlichen Akademie der Wissenschaften, Berlin 1881; *Correspondance de René-François de Sluse publiée pour la première fois et précédée d'une introduction par M.C. Le Paige*, cit. (cfr. soprattutto pp. 511-554 e pp. 603-620); Charles Henry, *Pierre de Carcavy, intermédiaire de Fermat, de Pascal et de Huygens, Bibliothécaire de Colbert et du Roi, Directeur de l'Académie des Sciences*, in « Bullettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche », XVII (1884), pp. 317-391.

⁹ Tra essi, gli italiani Antonio Favaro e Gilberto Govi; sulle vicende relative alla progettazione dell'opera cfr. la prefazione generale del 1888 in OC, I, pp. I-VII e Joseph Bertrand, Recensione del vol. I delle *Oeuvres complètes de Christiaan Huygens*, in « Journal des Savants », (luglio 1888), soprattutto le pp. 369-371. La pubblicazione dei manoscritti huygensiani di Leida fu auspicata fra gli altri dal Lange (cfr. *infra*, p. 108n) e dal Mädler, il quale, riferendosi in particolare alle *Chartae astronomicae*, addusse una motivazione che merita di essere riportata: « Diese *in extenso* noch ungedruckten Tagebücher hätten, wenn einmal aus seinem Nachlasse etwas gedruckt werden sollte, dies viel mehr verdient, als der eines Huyghens' ganz unwürdige *Cosmotheoros* » (Johann H. von Mädler, *Geschichte der Himmelskunde von der ältesten bis auf die neueste Zeit*, George Westermann, Braunschweig 1873, I, p. 314n). Fortemente contrario all'idea di pubblicare l'epistolario huygensiano si era invece dichiarato il Biot, al quale la pubblicazione di tali comunicazioni private pareva indiscreta e mossa, tra l'altro, dal desiderio di trarre soddisfazione dalle piccole miserie dei grandi uomini; la sua stroncatura del lavoro di Uyenbroek (Jean-Baptiste Biot, Recensione di *Christianii Hugenii aliorumque seculi XVII virorum celebrium exercitationes mathematicae et philosophicae* a cura di Pieter J. Uyenbroek, in « Journal des Savants » (maggio 1834), pp. 291-303) amareggiò quest'ultimo a tal punto che ulteriori progetti di edizione, già abbastanza avanzati, furono cancellati.

¹⁰ Al 1889 risale una sua *Korte chronologische beschrijving der handschriften van Christiaan Huygens te Leiden aanwezig*, manoscritta, che costituisce il primo tentativo di mettere ordine nella materia (UB Leiden: DOUSA.80.1770).

C, D, E, F (questi ultimi due sono copie di mano ignota ma contengono numerose annotazioni e correzioni autografe di Huygens) ed i numeri 1, 4, 5, 6, 7 del gruppo G furono utilizzati (non integralmente, però) per l'edizione del *De Motu Corporum ex Percussione* e delle appendici che la corredevano; con l'aggiunta di numeroso materiale relativo al lavoro redazionale per le *Oeuvres complètes* essi formano ora il *Codex Hugenorium 26A*. I numeri 2 e 3 del gruppo G e l'intero gruppo H (numerato da 1 a 12) furono invece messi da parte e raccolti come un insieme a sé stante, sia perché parevano risalire agli ultimi anni della vita di Huygens sia perché erano in buona parte dedicati alla questione della relatività del movimento, tema che godeva agli inizi del secolo di un'attenzione del tutto particolare nell'intera comunità scientifica¹¹ e tra gli stessi collaboratori olandesi all'edizione (uno dei quali era il grande fisico Hendrik Antoon Lorentz). Da questi fogli fu tratto il materiale per una sezione del sedicesimo volume, lo stesso nel quale furono pubblicati i trattati *De Motu Corporum* e *De Vi Centrifuga*. Tra la fine del 1927 e gli inizi del 1928 i manoscritti furono restituiti alla biblioteca; proprio il Lorentz, divenuto da poco presidente della Huygens-commissie, d'intesa con Johan Adriaan Vollgraff (1877-1965), rappresentante della commissione stessa, e con i conservatori responsabili del fondo manoscritto, ritenne allora opportuno mantenere l'ordine conferito da Korteweg¹². Nel 1928 i fogli furono pertanto classificati da Vollgraff come *Portefeuille L*¹³, in continuazione dei codici A-K già presenti; esso ha poi assunto nell'attuale classificazione il nome di *Codex Hugenorium 7A* (certo per l'errata convinzione che i fogli H e G, dai quali è formato, siano tratti dai volumi rilegati che recano la stessa lettera e che sono ora denominati rispettivamente *Codex 6* e *Codex 7*), conservando così l'unità costituita *a posteriori* dall'intervento dei moderni curatori olandesi.

¹¹ Già nel 1886 il Lange aveva suggerito l'opportunità di ricercare tra i manoscritti huygensiani eventuali documenti utili a giustificare la sicurezza con la quale il filosofo olandese dichiarava di *sapere* che Newton era in errore nell'affermare l'esistenza del moto assoluto (cfr. Ludwig Lange, *op. cit.*, p. 78n); ancora nel 1905 (cfr. OC, X, p. 614n) i curatori delle *Oeuvres complètes* affermavano però di non avere trovato alcun elemento a sostegno dell'impegnativa affermazione di Huygens.

¹² Cfr. *Dagelijksche Aanteekeningen betreffende de Bibliotheek der Leidsche Universiteit*, 13 gennaio 1928, in «Bibliotheek der Rijks-Universiteit te Leiden. Jaarverslag», Studiejaar 1927-1928, p. IV (UB Leiden: *Bibl. Arch. H14*). Il f. 1r del *Codex 7A* reca la seguente annotazione di Lorentz: «Handschriften die bij Prof. Korteweg in bewerking waren. Wij zouden het op prijs stellen als dit zoo bij elkaar kon blijven».

¹³ Nelle *Oeuvres complètes*, a partire dal vol. XVI, il *Codex 7A* è comunemente indicato appunto con tale nome; cfr. la nota di Vollgraff in OC, XXI, p. 415n.

§ 2. LE EDIZIONI PRECEDENTI

La prima edizione di parte di questi scritti non fu quella contenuta nell'edizione nazionale delle *Oeuvres complètes*: nel 1920 Jan Arnoldus Schouten pubblicò infatti in un breve articolo¹⁴ quattro *excerpta* dal *Codex 7A* (non ancora costituito) comunicatigli da Korteweg, fornendo anche una traduzione tedesca dei brani latini. In un articolo dell'anno successivo¹⁵ Schouten annunciò l'intenzione di pubblicare anche la traduzione olandese dei quattro brevi frammenti, che però non mi risulta essere mai apparsa. La pubblicazione di Schouten, che ebbe una certa risonanza e sulla quale si fondò tra l'altro il Reichenbach per il noto saggio apparso nelle « *Kantstudien* » del 1924, non aveva alcuna pretesa di rigore filologico, anche perché il matematico olandese non aveva visto di persona i manoscritti ed era dunque interamente dipendente da Korteweg per la costituzione del testo. Il primo frammento dell'edizione di Schouten è tratto dalla fine del f. 19r; il secondo dal f. 11r; il terzo dal f. 32r-v; il quarto dal f. 24r.

Nel 1929, al termine di un lavoro redazionale durato oltre vent'anni, apparve il sedicesimo volume delle *Oeuvres complètes*, la cui curatela è da attribuirsi principalmente a Korteweg stesso ed a Vollgraff, che dal 1927 gli era succeduto come direttore dell'opera¹⁶; alle pp. 201-233, divisa in due sezioni intitolate rispettivamente *Projet inachevé d'une préface pour un traité sur le choc des corps et la force centrifuge* e *Pièces et fragments concernant la question de l'existence et de la perceptibilité du "mouvement absolu"*, si trova una selezione (pari a meno della metà del totale) dei fogli raccolti da Korteweg¹⁷. Sull'importanza documentaria di questa edizione e sul va-

¹⁴ Jan A. Schouten, *Die relative und absolute Bewegung bei Huygens*, cit., pp. 136-144.

¹⁵ Jan A. Schouten, *Absolute en relatieve beweging bij Huygens*, cit., pp. 94-95.

¹⁶ I volumi delle *Oeuvres complètes* non segnalano quasi mai i nomi dei curatori. Per queste informazioni cfr. *Épilogue*, in OC, XXII, pp. 813-816; Claude A. Crommelin, Recensione del vol. XVI delle *Oeuvres complètes de Christiaan Huygens*, s.l., s.d. [ma 1929], [foglio sciolto conservato presso l'archivio del Museo Boerhaave di Leida]; Eduard J. Dijksterhuis, *Christiaan Huygens. (Bij de voltooiing van zijn Oeuvres Complètes)*. Voordracht gehouden in de Algemene Vergadering van 13 Mei 1950, De erven F. Bohn, Haarlem 1951; *Id.*, Recensione del vol. XXII delle *Oeuvres complètes de Christiaan Huygens*, in « *Revue d'histoire des sciences* », IV (1951), pp. 195-196.

¹⁷ Altri brevi estratti furono pubblicati nel 1944 in OC, XXI, p. 415, p. 497n e pp. 507-508; il manoscritto intitolato *Anecdota*, dal quale è tratta l'Appendice I della presente edizione, fu edito nel 1934 in OC, XVIII, pp. 664-665. Il sedicesimo volume comprende anche il brano qui presentato come Appendice II.

lore degli spunti critici offerti negli *Avertissements* e nelle note è inutile soffermarsi, tanto essi sono evidenti¹⁸; dal punto di vista più propriamente filologico si riscontrano però alcuni gravi limiti che non consistono tanto nella presenza di errori di trascrizione (del tutto comprensibile, data la trasandatezza dei manoscritti) o nella sommarietà dell'apparato critico al testo (che trascura quasi completamente le numerosissime parti cancellate), quanto piuttosto nell'assenza di informazioni circa la collocazione originaria dei fogli e nell'arbitrarietà dei criteri secondo i quali è compiuta la selezione del materiale. Al fine di evitare eccessive ripetizioni¹⁹, infatti, i curatori decisero non solo l'omissione completa di alcuni fogli ma anche l'effettuazione di numerosi tagli interni, che alterano in modo rilevante il senso del discorso huygeniano.

Va infine ricordato che nel 1970 Wilfried Kuhn inserì la sola riproduzione fotografica dei ff. 19r, 18r, 32r, 11r, 11v e 24r del *Codex 7A* in appendice alla sua dissertazione sul problema del moto relativo in Huygens²⁰, senza fornire alcuna informazione intorno ai brani inediti ivi contenuti.

§ 3. COSTITUZIONE E DIVISIONE DEL TESTO NELLA PRESENTE EDIZIONE

Come è stato spiegato nel primo paragrafo, il *Codex Hugenorium 7A* non è un'opera di Huygens né una raccolta da lui stesso progettata e gli scritti che lo compongono, sia pure redatti (con un'unica eccezione) a breve distanza di tempo l'uno dall'altro, sono di natura varia. Tra essi si trovano ad esempio abbozzi per una prefazione alla trattazione dell'urto, altri per una prefazione alla progettata edizione congiunta dei lavori sull'urto e la forza centrifuga, considerazioni su libri letti e, soprattutto, riflessioni sulla natura dello spazio e del moto; alcuni fogli presentano al loro stesso interno ampie digressioni ed appaiono più simili ad appunti che a parti di una trattazione corrente, come è rivelato anche dall'uso alternato della lingua latina e di quella francese. Benché tra molti di questi fogli si presentino frequenti ed evidenti connessioni, l'eterogeneità dell'insieme rende assai

¹⁸ Qualunque posizione critica si assuma, non si può che concordare con Gabbey quando afferma che gli « astonishingly detailed commentaries » degli editori delle *Oeuvres complètes* sono « the equivalent of scores of independently-published studies » (Alan Gabbey, *op. cit.*, p. 167).

¹⁹ Cfr. gli *Avertissements* in OC, XVI, p. 200 e XXI, p. 504.

²⁰ Cfr. Wilfried Kuhn, *op. cit.*, pp. 230-235.

arduo ipotizzare che Huygens fosse prossimo ad utilizzarli per una pubblicazione comune.

La scelta di proporre un'edizione unitaria di questo materiale, e di perpetuare così una connessione istituita oltre sessant'anni fa dai curatori olandesi in considerazione del loro interesse per il tema della relatività del movimento, è il frutto di una posizione critica che non può certamente ritenersi l'unica possibile; in una comunicazione inedita la dr. Yoder ha osservato a questo proposito che essa comporta il rischio di conferire al *Codex 7A* « an “ontological status” it did not have before »²¹. La studiosa illustra la propria posizione mediante un parallelo con la sorte toccata all'insieme di fogli huygensiani noto come *De Vi Centrifuga*: per effetto dell'arrangiamento compiuto dai primi editori, nel 1703, essi sono ora comunemente considerati come un trattato autonomo composto da Huygens e sono così stati avulsi dal loro contesto originale, che la Yoder stessa ha ricostruito nel recente *Unrolling Time*. Nel presente caso, però, a sostegno della scelta di mantenere l'unità del *Codex 7A* si deve rilevare come il contesto nel quale questi fogli si inseriscono sia in realtà abbastanza chiaramente definito e possa essere individuato nel complesso di questioni che si è tentato di enucleare nel presente studio: la lettura dello “Scholium” alle “Definitiones” dei *Principia* newtoniani²² indusse Huygens a riprendere i suoi antichi tentativi di fornire al principio d'ininfluenza, mediante la formulazione di un generale principio di relatività del moto e della quiete, una consistente fondazione filosofica. La stesura della prefazione al *De Motu Corporum* implicava dunque, da un lato, l'esame delle teorie dell'urto precedenti e, dall'altro, una disamina critica dei possibili argomenti a favore del moto assoluto; tra questi era ormai centrale quello dedotto dalla natura del moto circolare, da Newton autorevolmente avanzato nel 1687, che lo stesso Huygens aveva in realtà per primo formulato intorno al 1668-69. Tutti i fogli del *Codex 7A* ruotano intorno a questi temi e l'esame del fondo huygensiano ha mostrato che non esistono altri scritti del medesimo periodo dedicati a questo insieme di argomenti (con due sole eccezioni, già individuate dai curatori delle *Oeuvres complètes*, che hanno indotto a pro-

²¹ Joella G. Yoder, *Behind every good treatise is a manuscript: the Codices Hugeniorum*, comunicazione inedita al convegno annuale della *History of Science Society*, Seattle 1990, p. [5], citata con il permesso dell'Autrice.

²² La Yoder (cfr. *Unrolling Time*, cit., p. 169) ha bene sottolineato, quale tratto peculiare dell'atteggiamento huygensiano nella scelta dei problemi da affrontare, la forte dipendenza da stimoli esterni.

porre due appendici alla presente edizione); non pare dunque illegittimo vedere nel *corpus* di testi qui presentato²³ la risposta di Huygens alle difficoltà teoriche, ed anche di prestigio personale, nelle quali egli era stato messo dall'apparire dei *Principia* newtoniani e dal continuo rinvio della pubblicazione delle dimostrazioni circa l'urto e la forza centrifuga.

Per evitare di attribuire a questa raccolta anche la sola parvenza di un'unità originaria è tuttavia necessario non solo ricostruire qui la storia dei fogli ed illustrare le considerazioni che hanno determinato la scelta del curatore, ma anche presentare il materiale in una forma che rispetti pienamente la natura composita del *Codex*. È stata dunque mantenuta come titolo la semplice dicitura con la quale esso è classificato nel fondo di Leida ed è stata operata una divisione in frammenti, ciascuno dei quali va considerato come affatto autonomo; come orientamento generale si è scelto di creare un frammento per ciascuno dei fogli originali, salvo i casi nei quali Huygens stesso indica esplicitamente un legame tra alcuni di essi. In quattro casi si è viceversa dovuto dividere un foglio in due frammenti; anche in questi casi la scelta è oggettivamente dettata dalla natura dei documenti e viene motivata nelle note introduttive ai frammenti in questione.

Il problema critico ulteriore era quello di stabilire in quale ordine pubblicare i 16 frammenti così costituiti: la successione più ovvia, cioè quella secondo la data di composizione, era impossibile ad attuarsi per la mancanza di indicazioni sicure a riguardo; parimenti impraticabile era la scelta di proporre un ordine logico fondato sul contenuto dei fogli, considerato l'altissimo grado di congetturalità connaturato ad una simile ricostruzione. Si è così deciso di mantenere l'ordine stabilito nel 1928 e conservato nell'attuale classificazione, soluzione che ha il pregio di rispecchiare uno stato di cose reale, benché artificiale.

Si è già anticipato come ai 16 frammenti siano stati aggiunti, quali Appendice I e II, due brani non appartenenti al *Codex* 7A: il primo deriva da un foglio sciolto di quattro pagine recante il titolo autografo *Anecdota* (attualmente catalogato come *Codex* 50-I); il secondo è una pagina del *Codex* F (ora *Codex* 1), uno degli « ingebonde boeken »²⁴ nei quali Huygens era solito raccogliere ogni sorta di annotazioni. Per argomento e data di redazione essi sono senz'altro da considerarsi affini alla maggior parte

²³ Ad esso vanno naturalmente aggiunte le lettere indirizzate a Leibniz, delle quali è progettata l'edizione critica ad opera del Leibniz-Archiv di Hannover.

²⁴ Christiaan Huygens, *Testament*, in OC, XXII, p. 775.

dei testi raccolti nel *Codex 7A*; la loro edizione in questo contesto ha il duplice scopo di correggere le numerose imperfezioni del testo pubblicato nelle *Oeuvres complètes* e di offrire al lettore il complemento indispensabile ad una raccolta di scritti che, per il suo intrinseco valore teorico e per la sua importanza storica, era opportuno rendere disponibile nella forma più ampia possibile.

§ 4. DESCRIZIONE DEI MANOSCRITTI E LORO DATAZIONE

Tutti i fogli sono scritti dalla mano di Huygens e privi di aggiunte estranee, eccezion fatta per il timbro circolare della biblioteca, la numerazione data da Korteweg (arrangiata poi dai conservatori), ed alcune note e segni a matita, peraltro immediatamente riconoscibili, dovuti al lavoro redazionale per le *Oeuvres complètes*. All'inizio ed alla fine del fascicolo e tra i fogli huygensiani sono inserite numerose pagine manoscritte con intestazioni, saggi di trascrizione, descrizioni del contenuto ecc., anch'esse opera di Korteweg e Vollgraff, che furono stranamente numerate al pari degli autografi; tutto questo materiale (che comprendeva probabilmente anche i ff. 23, 27 e 31, ora mancanti) non fa ovviamente parte della presente edizione.

Nessun foglio del *Codex 7A* reca l'indicazione della data di stesura. Le sole parti databili con una certa precisione sono il Frammento 15 (1690) e l'Appendice II (1688); di tutte le altre, con l'eccezione del più antico Frammento 12, si può affermare con sicurezza soltanto che furono redatte fra il 1687, anno nel quale Huygens conobbe i *Principia* newtoniani, ed il 1694, ultimo anno di attività prima della malattia che nel 1695 lo condusse alla morte. In realtà è assai probabile che come *terminus ad quem* si debba porre il 1692, anno nel quale Huygens annunciò a Leibniz di avere « sur la matiere du mouvement [...] des choses nouvelles et paradoxes à donner, que l'on verra, quand je publieray mes demonstrations des Regles de la Percussion »²⁵. Impossibile è invece, come si è detto, determinare la successione cronologica interna; nemmeno l'esame della filigrana ha fornito

²⁵ Christiaan Huygens a Gottfried W. Leibniz, 11 luglio 1692, in OC, X, p. 302. Nella lettera del successivo 26 settembre (cfr. OC, X, pp. 319-320), inoltre, Leibniz oppose all'ipotesi dell'infinita durezza degli atomi considerazioni assai simili a quelle avanzate da Mariotte e criticate da Huygens nel Frammento 10 ed in numerosi altri fogli del *Codex* (cfr. *infra* la nota 11 al Frammento 4); in questi passi, tuttavia, Huygens non affronta mai le obiezioni di Leibniz, ciò che avrebbe senz'altro fatto se solo ne fosse già stato a conoscenza.

informazioni utili a questo proposito. Si vedano comunque le note introduttive a ciascun frammento.

§ 5. I CRITERI DELLA PRESENTE EDIZIONE

Si è deciso di non apportare alcuna modifica alla struttura sintattica e grammaticale del testo, a volte poco curata, né all'uso delle lettere maiuscole o all'ortografia, assai oscillante; anche nel caso di periodi tronchi si è deciso di non intervenire in alcun modo, nell'ovvia convinzione che sia meglio presentare un testo imperfetto piuttosto che costruirne uno inesistente. Le pochissime correzioni, effettuate unicamente in caso di evidente errore materiale da parte di Huygens, sono sempre indicate in nota; anche la punteggiatura è stata modificata solo in rarissimi casi, in particolare con l'aggiunta di qualche punto fermo dimenticato in fine di periodo. Sono stati omessi i rari segni di quantità sulle vocali dei brani in lingua latina.

Le cancellature di impossibile decifrazione sono inevitabilmente state tralasciate; in alcuni casi è stato impiegato il segno diacritico #, che sostituisce una o più parole cancellate ed indecifrabili.

Le abbreviazioni, non molto numerose, sono state quasi sempre sciolte; ciò è stato però indicato solo quando il completamento della parola poteva prestarsi a soluzioni differenti.

Si tenga inoltre presente che:

- i richiami <A>, , ecc. (in neretto) indicano l'esistenza di una nota marginale e sono collocati approssimativamente all'altezza a cui si trova la nota nel foglio manoscritto. Il testo della stessa, insieme alle eventuali note filologiche ad esso riferentisi, si trova al termine di ciascun frammento;
- le parentesi uncinatae racchiudono le congetture riguardo a parole, o parti di parole, non più leggibili a causa del deterioramento dei fogli;
- la spaziatura doppia indica i passi sottolineati nel manoscritto.

Nell'apparato critico sono state utilizzate le seguenti abbreviazioni:

- del.* = *delevit*
scr. = *scripsit*
add. = *additur*
ins. = *inseritur, inseruntur*
p. = *postea*
marg. = *in margine* (il sinistro, salvo che sia diversamente indicato)
i. l. = *inter lineas*
ms. = *in manuscripto*

Nella costituzione dell'apparato non si è tenuto conto delle edizioni precedenti; la tabella seguente permette comunque di rintracciare i brani editi (sia pure in modo largamente incompleto) nell'articolo di Schouten e nelle *Oeuvres complètes*.

Schouten	<i>Oeuvres complètes</i>	Frammenti
	XVI pp. 201-208	15-16
	XVI, p. 206n	5
	XVI, pp. 209-212	10
	XVI, p. 213	2
I	XVI, pp. 213-220	7
	XVI, p. 220n	11
	XVI, pp. 220-222	12
	XVI, pp. 222-223	App. II
III	XVI, pp. 223-225	11
II	XVI, pp. 226-229	5-6
	XVI, pp. 226n-227n	3
	XVI, pp. 229-230	2
	XVI, pp. 230-231	8
IV	XVI, pp. 232-233	9
	XVIII, pp. 664-665	App. I
	XXI, p. 415	5
	XXI, p. 497n	14
	XXI, p. 507	6
	XXI, pp. 507-508	8

Handwritten text in French, likely a manuscript or letter, with several lines of text and some corrections. The text is written in a cursive script and includes various annotations and markings.



CODEX HUGENIORUM 7A, f.30r [214 x 327 mm] (Universiteitsbibliotheek Leiden)

CODEX HUGENIORUM 7A

<FRAMMENTO 1>

[3r] <A> Corpora a corporibus moveri atque impelli constat^a. Quasnam vero leges his motibus^b servant inquirere operae pretium erat, Hinc enim primum^c percussionis vis omnis pendet^d cujus in mechanicis operationibus^e magnus frequensque usus est. Hinc noscenda ac
5 demonstranda^f immensa vis fistucarum, hinc^g malleorum, quibus artes ac opificia fere omnia opus habent. Hinc etiam vis cunei.^h

Ad haecⁱ cum in naturae^j investigatione hoc jam fere inter philosophos conveniat atomorum seu minimorum quorundam corpusculorum varijs motibus occursibusque^k occultas rerum causas esse explicandas,^l
10 plurimum interest ut cognoscamus qualesnam^m sint eorum inter seⁿ impulsiones ac reflexus^o.

^a constat] nemo dubitat *sive* nemo ignorat *sive* certum atque indubitatum est

^b his motibus] mutuo se movendo
^c Hinc enim primum] Itemque et
del.

^d omnis pendet] *ins. i. l.*

^e operationibus] *ins. i. l.*

^f noscenda ac demonstranda] *ins. i. l.*

^g hinc] itemque *del.*

^h Hinc etiam vis cunei.] *ins. i. l.*

ⁱ Ad haec] deinde *sive* Praeterea

^j Hinc noscenda ... naturae] *ins.*

margin.

^k hoc ... occursibusque] secundum democriti sententiam atomorum concursu ac varijs formis *del.*

^l quod et in his quae de luce ejusque accidentibus conscripsi¹ secutus sum *scr. sed p. del.*

^m cognoscamus qualesnam] quae
del.

ⁿ plurimum ... se] *ins. i. l.*

^o reflexus] reflexiones *del.* \ \ ac praesertim quidem in his quae ad lucis naturam pertinent. ac de percussione quidem. *scr. sed p. del.*

* Il Frammento 1 corrisponde al foglio doppio G2 (ora diviso) della classificazione di Korteweg, cioè ai ff. 3r-v e 6r-v del *Codex Hugenorium* 7A. Il riferimento al *Traité de la Lumière* (nota 1 alla r. 9) lascia presupporre una data di redazione vicina al 1690, ipotesi corroborata dalla presenza di una teoria del moto circolare (rr. 83-90) che è espressione dello stadio più maturo del pensiero huygeniano.

¹ Cfr. Christiaan Huygens, *Traité de la Lumière*, in OC, XIX, pp. 451-537; si pensi

FRAMMENTO 1

[3r] <A> Che i corpi siano mossi e spinti dai corpi è evidente; metteva però conto indagare quali leggi essi osservino in questi moti. Da esse, infatti, dipende in primo luogo l'intera forza dell'urto, il cui impiego nelle operazioni meccaniche è assai frequente. A partire da esse si può comprendere e dimostrare l'immensa forza dei magli e dei martelli, necessari in quasi tutti i lavori artigianali; da esse dipende anche la forza del cuneo.

Inoltre, poiché nell'investigazione della natura è opinione ormai quasi generale, tra i filosofi, che le cause occulte dei fenomeni vadano spiegate per mezzo dei vari movimenti e scontri degli atomi, ossia di certi corpuscoli minimi, è del massimo interesse conoscere quali siano le loro spinte e riflessioni reciproche.

in particolare al celebre passo del primo capitolo dove egli definisce «vraye Philosophie» quella nella quale «on conçoit la cause de tous les effets naturels par des raisons de mécanique» (*ibi*, p. 461). Il riferimento è alla prima edizione: *Traité de la Lumière. Où sont expliquées Les causes de ce qui luy arrive Dans la Reflexion, & dans la Refraction. Et particulièrement Dans l'etrange Refraction Du Cristal D'Islande. Par C.H.D.Z. Avec un Discours de la Cause de la Pesanteur.* A Leide, Chez Pierre vander Aa. 1690; nella prefazione, che reca la data 8 gennaio 1690, Huygens afferma di aver composto il trattato già da dodici anni (cfr. OC, XIX, p. 453), cioè al tempo del soggiorno a Parigi.

Itaque de his motuum^p legibus plurimi [?] ^q quaesiverunt quorum qui ante nos praecipui Galileus et Cartesius. Et Ille quidem diligentissime in explananda motus natura versatus novaque et utilia^r multa meditando
 15 adsecutus^s, cum ad percussione mirandam vim animum advertisset in ea explicanda haesisse videtur sive sibi satisfacisse^t. Scribit enim dialogorum mechanicorum quarto^u cum multa horarum millia^v circa haec^w meditando ac philosophando insumsisset, tandem se quaedam^x perspexisse procul a primis hominum^y cogitationibus remota, quae et nova essent et admiratione digna^z. Polliceturque haec in fine ejus dialogi sese editurum^a, quo
 20 tamen^b loco promissum^c non exsolvit sed rursus materiae hujus summam obscuritatem causatur...^d quae a nemine hactenus discussa sit in aliud tem-

^p de his motuum] *ins. i. l.*

^q *verbum non intelligitur*

^r quorum ... utilia] Inter quos Galileus sagacissimus naturae inspector in motuum contemplatu *del.*

^s meditando adsecutus] in lucem proferens *del.*

^t haesisse ... satisfacisse]^a sibi satisfacisse videtur *del.*

^a *haud inseruit i. l. sed p. del.*

^u Itaque ... quarto] Quam vero non facile esset istas motuum ac percussione^a leges deprehendere^b Galilei testimonio constare potest, qui vir ingeniosissimus aliorum hic sive veterum sive recentiorum ac de motuum doctrina primus deque motus accidentibus multa nova ac praeclara meditatione consecutus, mirabilem percussione *ἐπεργεῖται*²

admiratus est, nec in ea explicanda sibi satisfacisse videtur, nam dialogorum mechanicorum quarto prius scribit se diu perplexum velut in tenebris haesisse, dein *del.*

^a ac percussione] *ins. i. l.*

^b deprehendere] assequi *sive* introspicere

^v multa horarum millia] plurimum temporis

^w circa haec] *ins. marg.*

^x se quaedam] nonnulla *del.*

^y hominum] *ins. i. l.*

^z admiratione digna] propter novitatem admiranda *del.*

^a editurum] expediturum *sive* rectorum

^b tamen] *ins. i. l.*

^c promissum] *ins. marg.*

^d *sic ms.*

² La frequente omissione dell'accento nelle parole greche da parte di Huygens non è frutto di dimenticanza; nel 1686 (o 1687) egli stende alcune note sul dibattito tra gli specialisti per affermare che la comune notazione, oltre a non rendere ragione in modo esatto della quantità delle sillabe, è a suo parere assai macchinosa: « Bonum factum videtur ut ad veterem simplicitatem redeamus, rejecta omni illa apicum farragine, solisque aspirationum notulis relictis » (Christiaan Huygens, *Ad Wetstenij dissertationem de Linguae graecae pronuntiatione. Contra Henninum*, in OC, XXII, p. 304 [Hug. 1, f. 132v]).

³ Intorno alla forza della percossa Salviati afferma: « Io vi pensai per alcun tempo

Moltissimi hanno dunque indagato intorno a queste leggi dei moti e, tra essi, i principali prima di noi sono Galileo e Descartes. Il primo, voltosi con grande attenzione a spiegare la natura del movimento ed avendo conseguito con le sue speculazioni molti risultati nuovi ed utili, nel rivolgere la mente alla meravigliosa forza dell'urto pare essersi arrestato nella spiegazione, oppure essersi accontentato. Nel quarto dialogo dei *Discorsi e dimostrazioni* scrive infatti che, dopo aver speso molte migliaia di ore a meditare e filosofare intorno a questi argomenti, aveva infine conseguito cognizioni nuove e degne di meraviglia, assai lontane dalle prime concezioni umane. Promette anche di esporle alla fine di quel dialogo, dove però non mantiene la promessa ma adduce di nuovo a pretesto l'estrema oscurità di questo problema, da nessuno finora dissolta, e ne differisce ad altro momento la

in vano, accrescendo sempre la confusione, sin che finalmente, incontrandomi nel nostro Academico, da esso ricevei doppia consolazione: prima, nel sentire come egli ancora era stato lungo tempo nelle medesime tenebre; e poi nel dirmi che, dopo l'avervi in vita sua consumate molte migliaia di ore specolando e filosofando, ne aveva conseguite alcune cognizioni lontane dai nostri primi concetti, e però nuove e per la novità ammirande » (Galileo Galilei, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*, a cura di Adriano Carugo e Ludovico Geymonat, Boringhieri, Torino 1958, p. 325). Il riferimento è alla prima edizione: *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche, intorno a due nuove scienze Attenenti alla Mecanica & i Movimenti Locali; del Signor Galileo Galilei Linceo, Filosofo e Matematico primario del Serenissimo Grand Duca di Toscana. Con una Appendice del centro di gravità d'alcuni Solidi*. In Leida, Appresso gli Elsevirii, 1638.

pus ejus^e tractationem differt^f, Illud^g unum se comperisse dicens infinitam quodammodo esse percussio-
 25 nis potentiam⁵. quod et verum esse in sequen-
 tibus ostendetur⁶.

Cartesius vero Regulas quasdam communicati motus inter se occur-
 rentium corporum tradidit⁷, pluribus propositis casibus, Quas Regulas
 cum jam^h olim viderem plerasque absurdas esseⁱ nullaque demonstratione
 legitima^j confirmari, experimentis vero praeter primam^k contrarias esse^l,
 30 et refutare eas et alias veriores reperire conatus sum.

[3v] Istarum^m regularum prima quam facile admittebam haec erat,ⁿ
 nimirum si corpora B et C^o aequalia aequali celeritate sibi mutuo

^e ejus] *ins. i. l.*

^f quo ... differt] sed non exsolvit
 promissum, nec post mortem quicumque
 quod eo spectaret in schedis ejus^a reper-
 tum ferunt^d, Hoc tantum sub finem istius
 dialogi significat, Visam sibi materiam
 hanc longe obscurissimam, nec a quo-
 quam qui hactenus eam tractavit penetra-
 tos ejus recessus, densa caligine involu-
 tos *del.*

^a quod ... ejus] de hac materia ab ipso
 conscriptum *del.*

^g vero *scr. sed p. del.*

^h Regulas cum jam] *ins. i. l.*

ⁱ plerasque absurdas esse] *ins. i. l.*

^j legitima] *ins. marg.*

^k praeter primam] *ins. i. l.*

^l ac plerasque παραδοξας *inseruit*
i. l. sed p. del.

^m Istarum] Cartesij *del.*

ⁿ prima ... erat,] primam vero facile
 admittebam *del.*

^o B et C] A et B *del.*

⁴ Huygens trae queste informazioni da Giovanni A. Borelli, *De Vi Percussionis*, cit., "Proemium", pp. [5]-[6]; si ricordi che la Giornata "Della forza della percossa", aggiunta ai *Discorsi* galileiani, non fu pubblicata che nell'edizione fiorentina del 1718 delle opere di Galileo.

⁵ « Da diversi ragionamenti auti con amici intrinseci del nostro Academico ho ritratto, questa materia della forza della percossa essere oscurissima, né di quella sin ora esserne, da chiunque ne ha trattato, penetrato i suoi ricetti, pieni di tenebre ed alieni in tutto e per tutto dalle prime immaginazioni umane; e tra le conclusioni sentite profferire me ne resta in fantasia una stravagantissima, cioè che la forza della percossa è interminata, per non dir infinita » (Galileo Galilei, *Discorsi*, cit., pp. 354-355).

⁶ Huygens si riferisce alla Proposizione III del trattato sull'urto: « Corpus quamlibet magnum a quamlibet exiguo corpore & qualicumque celeritate impactu movetur » (Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, in OC, XVI, p. 39 [Hug. 26A, f. 93v]). Già intorno al 1654 egli aveva scritto: « Hoc quod [Galileus] refert de immensa percussio-
 nis potentia cum nostris demonstrationibus apprime convenit, ostendemus enim maximum quodque corpus minimi corporis impulsu moveri » (*ibi*, "Appendice I", in OC, XVI, p. 113 [Hug. 26A, f. 23r]).

⁷ Cfr. René Descartes, *Principia Philosophiae*, II, artt. 46-52, ed. cit., VIII-1, pp.

trattazione, dicendo di sapere con certezza un'unica cosa, che la potenza dell'urto è in qualche modo infinita. E si mostrerà in seguito che ciò è vero.

Descartes invece, proposti numerosi casi, ha lasciato alcune regole circa il moto che i corpi si trasmettono quando si scontrano. Ma poiché avevo visto già molto tempo addietro che queste regole sono in gran parte assurde, non confermate da alcuna dimostrazione legittima e per di più, tranne la prima, in contrasto con gli esperimenti, ho tentato di confutarle e di trovarne altre più vere.

[3v] La prima di queste regole, da me ammessa senza difficoltà, era la seguente: se i corpi eguali B e C si scontrano con eguale velocità, ciascuno

occurrerent^p reflecti utrumque eadem qua advenerat^q celeritate. Ponit vero corpora illa perfecta duritie, et in eo loco constituta ubi &c.^r⁸.

35 Secunda hujusmodi, si dictorum corporum ita aequaliter motorum^s tantillo majus esset B quam C tunc solum C reflecti, atque utraque eadem celeritate^t moveri in partem qua ferebatur B. cui nequaquam assentiebam^u.

Non videbatur enim^v fieri posse ut tantilla diminutione corporis C tanta in motu mutatio contingeret. Praetereaque pugnare videbatur haec
40 regula, quintae, in qua dicitur si corpus quiescens C ponatur^w minus quam B, tunc qualicumque celeritate B versus C moveretur, translaturum ipsi partem celeritatis suae, ipsumque B aliquid de celeritate sua amissurum. Quomodo^x enim^y corpus B minori quiescenti C occurrens^z partem aliquam motus sui^a amittet^b, eodem vero C^c ex adverso venienti^d impactum
45 nihil prorsus amittet, ut secunda Cartesij^e Regula definit. Magis enim corpori moto^f resistere debet quod contrario motu fertur quam quod quiescit^g. Volebat etiam^h, Cum corpus quiescens C esset paulo majus quam B, quacumque celeritate B in C impelleretur, nihil prorsus hocⁱ moveri, sed repellere B in contrariam partem. Ubi^j rationem hanc adfert^k quod corpus
50 quiescens magis resistit magnae celeritati quam parvae. Sed et haec et Cae-

^p B ... occurrerent] #

^q advenerant *ms.*

^r Ponit... &c.] *ins. i. l.*

^s ita aequaliter motorum] *ins.*

margin.

^t celeritatem *ms.*

^u Secunda ... assentiebam] Secundam⁹ vero nequaquam, qua statuitur, si corpus quiescens A tantillo majus esset eo a quo impellitur, tunc quacumque celeritate hoc feratur, nihil prorsus illud moveri ac resilire B eadem qua venerat celeritate *del.*

^v enim] *ins. i. l.*

^w ponatur] *esset del.*

^x Quomodo] #

^y fieri potest ut *scr. sed p. del.*

^z C occurrens] impactum *del.*

^a partem ... sui] aliquid de sua celeritate *del.*

^b amittet] perdat *del.*

^c eodem vero C] *ins. i. l.*

^d venienti] occurrenti *del.*

^e Cartesij] *ins. i. l.*

^f corpori moto] *ins. i. l.*

^g quod contrario ... quiescit] contrario motu motum quam quiescens *del.*

^h Volebat etiam] Caeterum *del.*

ⁱ prorsus hoc] quicquam *del.*

^j Ubi] ac *del.*

^k adfert] addit *del.*

⁸ Cfr. René Descartes, *Principia*, II, art. 45, ed. cit., VIII-1, p. 67.

⁹ Huygens espone qui in realtà non la seconda regola cartesiana bensì la quarta; si accorge però dell'errore e corregge il passo.

si riflette con la medesima velocità con la quale si era avvicinato. Descartes pone quei corpi perfettamente duri e situati in un luogo tale in cui ecc.

La seconda regola stabilisce che se due dei corpi detti, dunque egualmente mossi, B fosse anche di pochissimo maggiore di C, allora il solo C si rifletterebbe ed entrambi si muoverebbero con pari velocità nella direzione verso la quale si portava B. Con questa regola, però, io non ero affatto d'accordo.

Non pareva infatti possibile che, per una così piccola diminuzione del corpo C, si producesse nel moto una variazione così grande. Questa regola pareva inoltre in contrasto con la quinta, nella quale si dice che se il corpo fermo C è minore di B, allora B, con qualsiasi velocità si muova verso di esso, gli trasferirà una parte della propria velocità e ne perderà una parte esso stesso. In che modo infatti il corpo B, urtando C in quiete e minore, perderà una certa parte del proprio moto mentre, urtandolo quando questo gli viene contro, non ne perderà per niente, come afferma la seconda regola di Descartes? Ad un corpo in movimento deve infatti resistere maggiormente ciò che si muove di moto contrario piuttosto che ciò che è in quiete. Descartes voleva anche che il corpo C, essendo in quiete e poco maggiore di B, con qualsiasi velocità sia urtato da B, non si metta per nulla in moto ma respinga B nella direzione opposta; ne adduce come ragione che un corpo in quiete resiste maggiormente ad una velocità grande che ad

55 terae Cartesij regulae eadem ratione falsae ostendi possunt qua nostrae verae esse probabuntur. Etsi enim et¹ experimentis contrariae sunt id sic excusari posse credunt qui sententiam ejus defendunt¹⁰, quod nec perfecte dura corpora cujusmodi Cartesius hic statuit^m reperiantur nec spatia ejusmodi in quibus nec aer nec alia ulla materia motui ipsorum obstat.

Quod si illius veras, nostras vero falsas putant, mirum esset quod et falsae existentes et in eo spatio non idoneo ad examen vocatae tamen exacte cum experimentis consentiuntⁿ.

¹ Etsi enim et] #

^m hic statuit] ad haec postulat *del.*

ⁿ Sed ... consentiunt] Porro haec corpora^a plane ac perfecte^b dura statuit^γ, inque eo spatio moveri ubi motus eorum a nullis circumambientibus impediuntur nec adjuventur. Cujusmodi corpora sunt certe

Quia vero corpora ejusmodi apud^δ nos non extent, perfecta illa duritie praedita, nec a reliquis omnibus sejuncta ac libera^ε hinc qui Cartesij sententiam defendebant experimentis quantumvis contrariis concedere nolebant^ζ. Nos vero ratione ac demonstratione ipsos jam redarguemus^η simulque ad veriora investiganda viam aperiemus.

Cum scirem Cartesium sequi eorum sententiam^θ qui motum Terrae adserunt, cogitabam^ι cum corpora illa sibi mutuo occurrentia, alia quiescentia poneret, alia moventia, an non haec nostri respectu qui in Terra consistimus quiescere ac moveri intelligeret. Quod si ita esset, Ergo inquam, motum et quietem corporum [6r] sibi mutuo occurrentium^κ respectu nostri reputat nec referre an nobiscum^λ illa alio communi motu involuta^μ sint; Itaque eadem quoque omnia evenire censebit, si quis^ν in

navi quae velo equove trahatur, examinet occursum corporum sui navisque respectu ita motorum vel quiescentium^ξ.

Atque hoc^ο quidem Cartesium sentire ex ijs quae de motus natura antea disseruit¹¹ manifestum est; quod et verissimum est et experientia confirmatur *del.*

^a haec corpora] vero hosce corporum motus *del.*

^b ac perfecte] *ins. i. l.*

^γ statuit] esse ponit *del.*

^δ apud *ms.*

^ε ac libera] *ins. i. l.*

^ζ quantumvis ... nolebant] se convinci negabant *del.*

^η Nos ... redarguemus] #

^θ Cartesium ... sententiam] eorum sententiam haud dubio sequi Cartesium *del.*

^ι mecum *scr. sed p. del.*

^κ sibi mutuo occurrentium] *ins. marg.*

^λ nobiscum] *ins. i. l.*

^μ involuta] obnoxia

^ν quis *ins. i. l.*

^ξ quae ... quiescentium] velo equove tracta corporum sui navisque respectu ita motorum vel quiescentium leges occursum examinet *del.*

^ο hoc] *ins. i. l.*

¹⁰ Huygens si riferisce in primo luogo a Jean de Raei e Frans van Schooten il giovane (1615-1660), cartesiani ortodossi; cfr. la nota 17 al Frammento 3 e la nota 9 al Frammento 15. Anche Johannes Hudde, secondo una testimonianza indiretta di Oldenburg, difendeva le regole dell'urto di Descartes con la motivazione che esse andrebbero

una piccola. Ma con lo stesso ragionamento con il quale si proverà che le nostre regole sono vere, si può mostrare che sia questa sia le altre regole di Descartes sono false. Benché esse siano infatti anche in contrasto con gli esperimenti, coloro che difendono la sua posizione credono che ciò possa essere giustificato dal fatto che non si trovano corpi perfettamente duri, quali Descartes ha qui postulato, e nemmeno spazi tali che in essi né l'aria né alcuna altra materia si opponga al loro moto.

Se pensano che le sue regole siano vere e le nostre invece false, allora sarebbe ben strano che le nostre, false e sottoposte a verifica in quello spazio non idoneo, concordino tuttavia esattamente con gli esperimenti.

applicate all'urto *abstracte*; cfr. Henry Oldenburg a Christiaan Huygens, 6 maggio 1669, in OC, VI, p. 428. Ma, scrive Huygens, « la consideration de la percussion *abstracte* ne peut pas sauver Monsieur des Cartes, par ce que je la prens autant *abstracte* que luy pour establir mes regles » (Christiaan Huygens a Henry Oldenburg, 29 maggio 1669, in OC, VI, pp. 440-441).

¹¹ Huygens si riferisce ovviamente ai passi cartesiani sulla reciprocità del moto; cfr. René Descartes, *Principia*, II, artt. 25-29, ed. cit., VIII-1, pp. 53-56.

[6r] Ex nostro principio, nempe motum non esse nisi respectivum,
 60 ostendi potest^o quod si quiescens in quiete permanet, etiam quae inter se
 moventur pergunt necessario eadem respectiva celeritate moveri. Probatur
 navigij exemplo, In quo ita globus moveri potest ut stantis in ripa respectu
 quiescat. cum autem hujus respectu quiescere perseveret (hoc enim poni-
 65 tur) necessario vectorum respectu motum aequabilem continuabit. quod
 erat demonstrandum.

Oportet auferre cogitatione motum gravitatis deorsum seu versus cen-
 trum terrae. impellat globulum manus vectoris; deinde cesset manus et in
 navigio quiescat.



[Fig. 1]

Objicient si corpus A maneat eo^p loco ubi est in hoc instanti, nunquid
 70 tunc quiescet. Respondeo in infinito spatio non est Ubi nec Ibi, nisi re-
 spectu ad aliud^q.

Objicient. corpora A et B hoc instanti diversa loca occupant. Si igitur
 A ex hoc loco suo transeat in locum B, jam A movebitur etiamsi B ad
 nihilum redactum ponatur. Respondeo 1^o. Diversa occupant loca
 75 mutuo respectu, non autem spatij infiniti. Respondeo 2.^{do}.^r Ponis ergo lo-
 cum corporis B immotum quia scilicet in instanti temporis eum consideras.
 atqui non magis in instanti quam in^s aliquo tempore immotum quid dici
 potest nisi aliorum respectu. ita semper relabimur ad hanc quaestionem,
 utrum vera sit an falsa notio ac idea spatij infiniti immoti.^t Item dum A
 80 transire ponitur ad locum quem occupabat B, non jam est instans sed tem-
 pus aliquod quo locum B immotum concipis. nihil autem perseverat immo-
 tum nisi alterius respectu.^u

^o ostendi potest] sequitur *del.*

^p eo] eodem *del.*

^q nisi ... aliud] qua hoc definitur
 alicujus rei^q respectu *del.*

^a rei] corporis *del.*

^r Diversa ... 2.^{do}] *ins. i. l.*

^s in] *ins. i. l.*

^t ita ... immoti.] *ins. marg.*

^u In instanti autem neque moveri
 neque quiescere quidquam dici potest.
scr. sed p. del.

[6r] Per mezzo del nostro principio, vale a dire che il moto non è che relativo, si può mostrare che, se ciò che è in quiete permane in quiete, anche i corpi che si muovono tra loro continuano necessariamente a muoversi con la medesima velocità relativa. Ciò si prova con l'esempio della nave, nella quale una sfera può muoversi in modo tale da essere in quiete rispetto a chi sta sulla riva; ma, persistendo ad essere in quiete rispetto alla riva (ciò infatti poniamo), essa continuerà necessariamente a muoversi di moto uniforme rispetto ai naviganti. Ciò che si doveva dimostrare.

È necessario eliminare con il pensiero il moto della gravità verso il basso, ossia verso il centro della Terra. La mano del navigante spinga la sfera; poi la mano si fermi e resti in quiete sulla nave.



[Fig. 1]

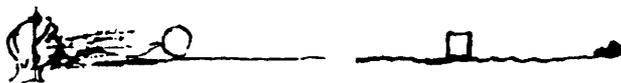
Obietteranno: se il corpo A rimane dove si trova in questo istante, non sarà forse allora in quiete? Rispondo: nello spazio infinito non c'è "dove" né "ivi", se non relativamente ad altro.

Obietteranno: i corpi A e B occupano in questo istante luoghi diversi; se dunque A passa da questo suo luogo nel luogo di B, allora sarà in movimento anche se si pone che B venga annichilito. Rispondo: in primo luogo, essi occupano luoghi diversi l'uno rispetto all'altro, non rispetto allo spazio infinito; in secondo luogo, tu poni il luogo del corpo B immobile perché lo consideri in un istante di tempo, naturalmente. Ma una cosa non può essere detta immobile piuttosto in un istante che non in un certo tempo, se non rispetto ad altre. Così ricadiamo sempre in questa questione, se la nozione e l'idea di uno spazio immobile infinito siano vere o false. Parimenti, se si pone che A passa nel luogo occupato da B, allora non è più un istante bensì un certo tempo quello nel quale tu consideri immobile il luogo di B. Ma nulla permane in quiete, se non rispetto ad altro.

Si velint veram esse notionem spatij infiniti immoti, eoque etiam verum motum absque respectu aliorum corporum dari, Saltem fateri debent
 85 illius veri motus quantitatem reperiri non posse, neque etiam ex^v motu
 circulari, quia hic tantum relativi motus inter partes quantitas aut celeritas^w
 cognoscitur, nequaquam vero veri istius quem sibi imaginantur, hoc enim
 non possunt dicere, cum nescire fateantur quantam celeritatem veram cor-
 pus illud in se revolutum habeat, Potest enim secundum ipsos vel summa
 90 celeritate totum ferri vel etiam quiescere.

Non potest dici de uno corpore, eodem loco id manere, cum loci
 identitas sit necessario relativa ad alia corpora.

Cartesius admodum secure suas istas leges commentus est¹², non pu-
 tabat enim unquam posse eas perspicua demonstratione refutari, praeser-
 95 tim cum effugia illa haberet, de medio ambiente, duritie non perfecta. Non
 videbat autem si corpus minori quiescenti impactum aliq<uid> [6v] de
 celeritate sua amitteret, inde necessario sequi, majus quiescens a minori
 impactu moveri. &c.



[Fig. 2]

Inter se duo corpora quiescere cognoscuntur cum distantiam servant
 100 eandem, nec vinculo aliquo continentur velut globuli in plana superficie
 horizonti parallela.* Si vero inter se moveantur vinculo conjuncta^y ejus
 motus celeritas ex vinculi tensione, vel vi centrifuga ipsorum deprehendi-
 tur.

Corpora libera moventur inter se vel in eadem directione sive in ea-
 105 dem recta, vel in rectis parallelis, vel in rectis angulo aliquo inclinatis.

^v ex] in *del.*

^w relativi ... celeritas] relativus mo-
 tus inter partes *del.*

* velut ... parallela.] *ins. marg.*

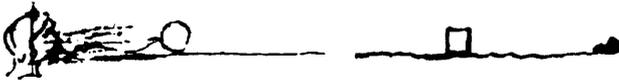
^y vinculo conjuncta] *ins. i. l.*

¹² Cfr. *ibi*, VIII-1, p. 70 (II, art. 52) e la versione francese, in *Oeuvres de Descartes*, cit., IX-2, p. 93, con il commento dei curatori (*ibi*, pp. 356-357). Cfr. anche la nota 8 al Frammento 15.

Se vogliono che sia vera la nozione di uno spazio immobile infinito, e dunque che esista anche un moto vero senza riferimento ad altri corpi, devono almeno ammettere che non è possibile determinare la quantità di quel moto vero, nemmeno per mezzo del moto circolare; in esso si conosce infatti soltanto la quantità, o velocità, del moto relativo tra le parti, non certamente quella di quel moto vero che essi si immaginano. Ciò, infatti, non possono affermarlo, poiché ammettono di ignorare quanta velocità vera abbia quel corpo che ruota su se stesso; a detta di loro stessi, infatti, esso può spostarsi tutto intero a grandissima velocità come anche essere in quiete.

Di un unico corpo non si può dire che rimane nello stesso luogo, poiché l'identità del luogo è necessariamente relativa ad altri corpi.

Descartes ha creato queste sue leggi con grande sicurezza; non pensava infatti che le si potesse mai confutare con una dimostrazione evidente, soprattutto perché aveva come via d'uscita la resistenza del mezzo ambiente e l'imperfetta durezza dei corpi. Ma non vedeva che, se un corpo che urta un corpo minore in quiete perde una parte [6v] della propria velocità, necessariamente un corpo maggiore in quiete viene mosso da uno minore che lo urta. Ecc.



[Fig. 2]

Si sa che due corpi sono in quiete tra loro quando mantengono la medesima distanza senza essere trattenuti da alcun vincolo, come, ad esempio, delle sfere situate su una superficie piana parallela all'orizzonte. Ma se due corpi congiunti da un vincolo si muovono tra loro, la velocità di quel movimento si evince dalla tensione del vincolo o dalla loro forza centrifuga.

Corpi liberi si muovono tra loro o nella stessa direzione, cioè nella stessa retta, oppure in rette parallele, oppure in rette inclinate secondo un certo angolo.

ita fieri potest ut licet utraque in rectis suis aequabili motu progrediantur, tamen a se mutuo non aequabili discedant.



$$\begin{array}{l} 6a \\ \sqrt{25aa + bb} \\ \sqrt{16aa + 4bb} \end{array}$$

[Fig. 3]

Potest etiam fieri motu duorum corporum in lineis parallelis ut mutatio distantiae inter utrumque non sit centesima aut millesima pars celeritatis mutuae secundum ipsas parallelas. cum nempe eo appropinquant unde
110 linea utrumque jungens, parallelis ad angulos rectos occurrit.^z

at in motu mutuo vincitorum, mutatio ista distantiae nulla est, et tantum celeritas mutua locum habet.

Si quaeram utrum in navi aequaliter progrediente^a eodem modo se
115 habeat collisio et repercussio corporum ac in quiescente. intelligo nempe utrumque illud^b quiescere et moveri respectu terrae et ripae. Non possum autem dubitare quin utrobique eadem contingant corporibus, quia^c navis quae movetur haec eadem^d alterius cujuspiam^e corporis respectu quiescit puta navis alterius una delatae vel insulae natantis^f, ideoque haud secus
120 quiescit quam illa quae ripae respectu immota est. quia motus omnis relativus est, nec refert ad quae corpora referatur.

^z cum ... occurrit.] *ins. i. l.*

^a aequaliter progrediente] mota
sive quiescente *del.*

^b illud] *ins. i. l.*

^c illa *scr. sed p. del.*

^d haec eadem] *ins. i. l.*

^e cujuspiam] *ins. i. l.*

^f puta ... natantis] *ins. i. l.*

Così può accadere che due corpi, sebbene avanzino lungo le loro rette con moto uniforme, tuttavia si allontanino l'uno dall'altro con moto non uniforme.



$$\frac{6a}{\sqrt{25aa + bb}}$$

$$\frac{\quad}{\sqrt{16aa + 4bb}}$$

[Fig. 3]

Nel moto di due corpi lungo linee parallele può anche accadere che la variazione della distanza tra essi non sia la centesima né la millesima parte della velocità relativa secondo le stesse parallele, e precisamente quando essi si avvicinano a quel punto passando per il quale la linea che li unisce taglia perpendicolarmente le parallele.

Ma nel moto reciproco di corpi vincolati questa variazione di distanza è nulla e si ha soltanto la velocità relativa.

Se mi chiedo se, su una nave che avanza uniformemente, la collisione e la riflessione dei corpi avvengano come su una nave in quiete, intendo naturalmente sia quell'essere in quiete sia quell'avanzare in riferimento alla terra ed alla riva; ma non posso dubitare che i corpi si comportino nello stesso modo su entrambe le navi, poiché questa stessa, che si muove, è in quiete rispetto a qualche altro corpo (ad esempio, rispetto ad un'altra nave che si sposti insieme ad essa o rispetto ad un'isola galleggiante), non diversamente da quella che è immobile rispetto alla riva. Ogni moto è infatti relativo e non importa a quali corpi sia riferito.

125 <C> Si tria aut plura non conjuncta aut colligata^g inter se quiescunt, deinde unum eorum^h impellatur, describet lineam rectam reliquorum respectu et in ea perget motu aequabiliⁱ. Non enim linea recta respectu spatij infiniti absque corporibus definiri potest, neque etiam corporis unius respectu. sed potest duorum, vel respectu punctorum duorum in uno corpore.

^g Si ... colligata] #

ⁱ et ... aequabili] *ins. i. l.*

^h deinde unum eorum] #

<A> ut vel quiescentia motum accipiant, vel mota repellantur^a vel a tramite suo in diversum agantur^b *add. marg. superiore*

 Cum B ad nihil redactum est locum nullum definitum reliquit. *add. marg.*

<C> Hypothesis sic proponenda. *add. marg.*

^a repellantur] inhiuantur

^b in diversum agantur] depellantur
sive deducantur

<C> Se tre o più corpi non congiunti né collegati sono in quiete tra loro e, in seguito, uno di essi viene spinto, esso descriverà una linea retta rispetto agli altri due e proseguirà in essa con moto uniforme. Non si può infatti definire una linea retta rispetto allo spazio infinito senza corpi e nemmeno rispetto ad un solo corpo, ma si può definirla rispetto a due corpi o rispetto a due punti in un unico corpo.

<A> Come i corpi in quiete ricevano il movimento e i corpi mossi siano respinti oppure deviati dal loro cammino.

 Quando è stato annichilito, B non ha abbandonato alcun luogo definito.

<C> L'ipotesi va formulata così.

<FRAMMENTO 2>

[4r] Cum itaque veriores ejusmodi communicati motus leges exquirere cepissem^a, subijt in primis cogitare quaenam essent illa corpora quae quiescere aut moveri statuebam. Pridem inquam credidi^b sine dubitatione ulla, circumferri in seipsa Terram hanc diei spatio ac praeterea circa solem
 5 quotannis^c. Ergo lapis ille^d quem quiescere dico^e, maximo tamen ac celerissimo motu eoque duplici^f abripitur, nec nisi eorum quae^g Terrae adhaerent meique^h sedentis aut stantis respectu, quiescit. Quaerimus autem quid fiat occursu mutuo corporumⁱ quae hic coram nobis vel utraque moventur vel e quibus alterum nobis quiescit. Itaque quisnam sit verus
 10 motus aut quae vera quies^j nihil hic quaeri necesse est, sed de illo^k tantum agitur^l motu, deque illa quiete quae nostri respectu tales apparent. ac proinde recte hoc ponemus^m; Cum corpora duo sibi mutuo occurrunt, etiamsi alteri praeterea motui utrumque simul obnoxium fuerit, haud aliter illa se invicem impellere, respectu ejus qui eodem communi motu defertur, ac si
 15 omnibus adventitius hic motus abesset. <A>

^a exquirere cepissem] exquirerem
 del.

^b credidi] credidisti del.

^c ac ... quotannis] *ins. i. l.*

^d lapis ille] ille globulus del.

^e dico] dicis del.

^f eoque duplici] *ins. i. l.*

^g eorum quae] *ins. i. l.*

^h meique] tuique del.

ⁱ corporum] globulorum del.

^j aut quae vera quies] *ins. i. l.*

^k de illo] ille del.

^l qui respectu aliorum *scr. sed p.*

del.

^m recte hoc ponemus] ponendum hoc erit del.

* Il Frammento 2 corrisponde al foglio doppio G3 della classificazione di Korteweg, cioè ai ff. 4r-v e 5r del *Codex* 7A; il f. 5v è bianco. Il frammento è all'incirca contemporaneo al precedente, dal momento che l'inizio sembra essere la continuazione del discorso là interrotto alla r. 58; è dunque probabile una data di redazione vicina al 1690, come appare anche dal fatto che Huygens (cfr. nota <C>) riporta con tono piuttosto neutrale l'ipotesi kepleriana che la traiettoria delle comete sia rettilinea (cfr. la nota introduttiva al frammento seguente e le note dei curatori in OC, XIX, pp. 276-278 e p. 284).

FRAMMENTO 2

[4r] Quando dunque iniziai a ricercare le vere leggi del moto che si comunica nell'urto, mi venne anzitutto di riflettere su quali fossero i corpi che stabilivo essere in quiete o in movimento. Da tempo credo senza alcun dubbio che questa Terra ruoti su se stessa nello spazio di un giorno e, inoltre, intorno al Sole ogni anno. Quella pietra che dico essere in quiete, dunque, è trascinata nondimeno con moto assai grande e veloce, e per giunta duplice; né è in quiete se non rispetto a chi è solidale alla Terra e rispetto a me, seduto o fermo. Ma noi ricerchiamo che cosa avvenga nello scontro tra due corpi che si muovono qui, dinanzi a noi, oppure uno dei quali è in quiete rispetto a noi. Non vi è pertanto alcuna necessità di chiedersi quali siano il vero moto o la vera quiete, ma si tratta soltanto di studiare quelli che appaiono tali rispetto a noi. E quindi porremo retta-mente questo principio: quando due corpi si scontrano, anche se sono entrambi soggetti ad un altro moto ancora, rispetto a chi si sposta con quel medesimo moto comune essi non si spingono diversamente che se questo moto avventizio mancasse a tutti. <A>

Comprobabat hoc quotidianum navigijⁿ experimentum, praesertim equo acti^o qualibus passim in his locis iter facientes^p vectari solent. Haec quum aequabili plane cursu ferantur, si quis undique contecto clausus sit nec ad terram respiciat^q nulla unquam ratione cognoscere valebit, utrum
 20 prorsum an retrorsum incedat^r an quiescat. atque adeo si globululi duo e dura materia^s aequales aequali celeritate vectoris ac navigij^t respectu directo^u in se invicem impingant, aequali quoque celeritate eorundem respectu^v resilient. Hoc principio certissimo in demonstrandis quae ad hosce motus de corpore in corpus transeuntes pertinent, utebar, quod
 25 nemo negare aut rejicere poterat.

^w Quid enim, an inquirere me juberet quid fiat in motibus veris ve-raque quiete, non vero relativis. ^x hoc quidem^y nemo postulavit eorum qui de hac re tractavere, quod si quis faceret, is tunc ostendere deberet quid sit quod vere moveatur aut quiescat. quod fatentur nulla ratione aut signo
 30 dignosci^z posse^a.

[4v] Pergebam tamen mecum inquirere nunquidnam^b inter ve-ros motus ac eos qui referuntur ad aliud^c interesset. Videbam vulgo^d om-nibus qui de motu scripsere haec diversa dici, alium nempe motum^e corporis verum ac^f proprium alium esse respectu alterius cujuspiam. Motum
 35 verum^g ac Physicum esse cum transfertur corpus ab uno ad alium locum

ⁿ quotidianum navigij] in navigio #
 del.

^o equo acti] #

^p iter facientes] *ins. i. l.*

^q nec ad terram respiciat] *ins. i. l.*

^r incedat] *ins. i. l.*

^s e dura materia] *ins. i. l.*

^t ac navigij] *ins. i. l.*

^u directo] *ins. i. l.*

^v eorundem respectu] *ins. i. l.*

^w Pergebam tamen mecum exqui-rere, an *scr. sed p. del.*

^x Ostende igitur *scr. sed p. del.*

^y hoc quidem] at hoc *del.*

^z dignosci *ms.*

^a quod fatentur ... posse] quaeri-mus autem leges quae ad usus nostros conducant, quaeque^a perinde ad illos motus eamque quietem pertineant^b quam in rebus coram nobis positis experimur.

[4v] Pergebam tamen inquirere mecum de veritate illius quod sumseram principij, anne experientia tantum, anne vero^y etiam ratione certum ratumque esset. Si inquam aliud in vero motu aliud in relativo contingeret collisio corpori-bus, possemus jam notam atque argu-mentum hinc elicere utrum tellus circumgyretur quotidiana vertigine nec ne *del.*

^a quaeque] #

^b pertineant] *ins. i. l.*

^y vero] *ins. i. l.*

^b nunquidnam] quidnam *del.*

^c eos ... aliud] relativos

^d vulgo] *ins. i. l.*

^e alium nempe motum] aliam nem-pe celeritatem *del.*

^f verum ac] *ins. i. l.*

Ciò era comprovato dalla quotidiana esperienza della nave, soprattutto se trainata da un cavallo, come quelle su cui si fanno solitamente portare coloro che viaggiano per queste contrade. Quando queste navi si spostano con andatura perfettamente uniforme, chi vi sia dentro, chiuso da ogni parte da una copertura e senza guardare verso terra, non sarà in grado in alcun modo di sapere se stia muovendosi in avanti o all'indietro oppure se sia fermo. Ed anzi, se due sfere eguali di materia dura si scontrano direttamente con eguale velocità rispetto al navigante ed alla nave, esse si rifletteranno anche con eguale velocità rispetto agli stessi. Di questo principio certissimo, che nessuno poteva negare o respingere, mi servivo nel dimostrare ciò che attiene a questi moti che passano da un corpo all'altro.

E che, dunque? Qualcuno potrebbe forse invitarmi a ricercare cosa avvenga nei moti e nella quiete veri, e non relativi? Ma questo non lo ha in realtà preteso nessuno di coloro che hanno trattato questo argomento. E se qualcuno lo facesse, dovrebbe mostrare che cosa sia veramente in moto o in quiete; ma essi ammettono che ciò non si può riconoscere in alcun modo né da alcun indizio.

[4v] Continuavo tuttavia a chiedermi se mai qualcosa differenziasse i moti veri da quelli che si riferiscono ad altro. Vedevo che tutti coloro che hanno scritto sul movimento esprimevano generalmente opinioni diverse dalla mia, e cioè che c'è un moto vero e proprio e ce n'è uno relativo ad un altro corpo e che il moto vero e fisico si ha quando un corpo

spatij mundani¹. Itaque inquam locos istos tanquam revera^h immotos concipiunt. quid autem reveraⁱ immobile esse dicemus, cum adhuc quid sit verus motus quaeramus? Nempe fortasse^j stellas fixas et centrum solis vere^k quiescere dicemus nos qui^l Copernici sententiam sequimur. at^m illae
 40 quidem inter se, altera alterius omniumque respectu quiescent, cum autem positae sint in spatio mundi infinite undiquaque extensi (hoc enim nemo paulum intelligens negare potest) cujusnam corporis alteriusve rei respectu omnes unaⁿ quiescent? spatij dicent mundani immoti. <C> itaque^o in hoc
 45 dici et intelligi^p possit. Visum est autem mihi^q falsam hanc esse notionem.

unde enim ideam immoti hausimus nisi a quiete relativa corporum inter se? quis alio modo ququam quiescere unquam conspexit?^r cui ideae itaque adjunctum est ut praeter^s corpus quiescens^t sit aliud praeterea vel plura quorum respectu ipsum quiescat.^u Spatium vero illud quod immo-
 50 tum volunt, cujusnam respectu quiescit? Nullius sane. Jam vero quomodo dici potest spatium ipsum moveri, cum nullum corpus aut substantia in eo intelligatur?^v Itaque non convenit illi ista quietis idea. ac proinde falsa hic est^w immoti notio. Statuunt nempe immotum hoc esse spatium, quia intelligunt absurdum esse ut moveri dicatur. cum potius cogitare deberent nec
 55 motum nec quietem de spatio ejusmodi^x praedicari posse^y.

^g verum] vere realem *del.*
^h revera] *ins. i. l.*
ⁱ revera] *ins. i. l.*
^j Nempe fortasse] forsan *del.*
^k vere] revera *del.*
^l qui] *ins. i. l.*
^m at] atqui # *del.*
ⁿ cum autem ... una] cujusnam vero corporeae rei omnes vere simul *del.*
^o itaque] *ins. marg.*
^p et intelligi] *ins. i. l.*
^q Visum est autem mihi] Existimo autem *del.*
^r quis ... conspexit?] *ins. i. l.* \\
 conspexit] vidit *del.*
^s praeter] #
^t quiescens] *ins. i. l.*
^u ut ... quiescat] #
^v Jam ... intelligatur?] *ins. i. l.*
^w hic est] spatij infiniti^a atque *del.*

^a infiniti] illius *del.*
^x ejusmodi] infinito *del.*
^y itaque in hoc ... posse] quomodo autem spatium sit^a immotum, nullius rei aut corporis respectu intelligi non potest^g. sane^v infinite undique extensum certissime intelligo^b. neque^c hujus spatij nec centrum ullum nec superficies existit, nec unius corporis quod solum cogitatur, in illo definitus locus est, cum nihil sit cujus respectu definiatur *del.*
^a quomodo ... sit] quodnam autem sit spatium *del.*
^g intelligi non potest] cogitare non possum *del.*
^v sane] *ins. i. l.*
^b nec id quisquam paulo diligentius perpendens negare potest *scr. sed p. del.*
^c neque] *ins. i. l.*

¹ La terminologia è la medesima impiegata da Borelli nel primo capitolo "De Motus Natura in genere" del *De Vi Percussionis*; cfr. la nota 4 al Frammento 3.

si sposta da un luogo ad un altro dello spazio mondano. Essi dunque, dico, concepiscono questi luoghi come realmente immobili. Ma che cosa diremo essere realmente immobile, se ancora stiamo ricercando cosa sia il moto vero? Noi, che seguiamo l'opinione di Copernico, diremo forse che sono in quiete vera le stelle fisse ed il centro del Sole. Ma esse sono in realtà in quiete tra loro, ciascuna rispetto a tutte le altre; ora, essendo poste nello spazio del mondo infinitamente esteso da ogni parte (ciò infatti nessuno appena intelligente può negarlo), rispetto a quale corpo o a quale altra cosa saranno tutte insieme in quiete? Essi diranno: rispetto allo spazio immobile del mondo. <C> Su ciò dunque verte l'intera questione, se lo spazio infinitamente esteso del mondo sia, e possa essere detto e concepito, immobile. A me pare però che questa nozione sia falsa.

Da dove abbiamo infatti attinto questa idea di immobilità, se non dalla quiete relativa dei corpi tra loro? Chi ha mai visto qualcosa essere in quiete, se non in questo modo? In questa idea di immobilità è dunque implicito che, oltre al corpo in quiete, ce ne sia anche un altro, o più altri, rispetto ai quali esso è in quiete. Ma quello spazio, che essi vogliono immobile, rispetto a che cosa è in quiete? Certamente a nulla. Ma poi, in che modo si può dire che questo spazio è mosso, se non si immagina in esso alcun corpo o sostanza? Dunque non gli si può attribuire questa idea di quiete e, di conseguenza, è falsa questa nozione di immobilità. Essi si immaginano certamente che questo spazio sia immobile perché comprendono che sarebbe assurdo dire che si muova, mentre invece dovrebbero pensare che di un tale spazio non si possono predicare né il moto né la quiete.

[5r] motus nempe ut volunt,^z est translatio e spatio mundano in aliud. quies mora in eodem spatio.^a Cujus rei? nempe corporis. cum igitur motus et quies^b non nisi corpori conveniant, quomodo jam immobilitatem spatio tribuunt, et quidem in infinitum^c undique extento.

60 nam nec translatio nec quies est nisi substantiae^d alicujus. quomodo igitur conveniet quies spatio vacuo in quo nihil existit?

Non est mathematice difficilis materia, sed physice aut hijperphysice^e.

^z nempe ut volunt,] *ins. i. l.*

^a quies ... spatio.] *ins. i. l.*

^b et quies] *ins. i. l.*

^c in infinitum] *infinite del.*

^d substantiae] *rei del.*

^e hijperphysice] *metaphysice del.*

<A> Si motus non est nisi relativus, jam dicere debemus, corpora duo quae aequali celeritate sibi mutuo occurrunt, alterius cujusdam respectu ita ferri, atque ejusdem respectu, aequaliter rursus utrumque recedere ponendum. Eadem vero alterius rursus^a respectu ita feruntur, ut unum quiescat, alterum cum dupla priori celeritate ad occursum feratur. *add. marg.*

 an certitudo preter experientiam^b. infinita extensio. sententia aliorum. objectio de vertigine terrae.

mensa rotata cum appensis ponderibus. de filo illigatis an jam vero prius non vero motu cientur? an moveri possunt inter se manente eadem distantia. Ita est. Non recte ergo Cartesius terrae quietem tribuit².

de proportione tripla. quae vel augendo majus vel minuendo minus efficitur. Impressionem alterum recipere potest. Et facilius id quod minus.

Ita naturae solenne esse.

quid sit recta linea ferri, possumus cognoscere an regula tota simpliciter in unam partem moveatur. *add. marg.*

^a rursus] *cujusdam del.*

^b exper. *ms.*

² Cfr. René Descartes, *Principia*, III, artt. 28-29, ed. cit., VIII-1, pp. 90-92.

[5r] Il moto, come essi affermano, è appunto lo spostamento da uno spazio del mondo ad un altro e la quiete è la permanenza nel medesimo spazio. Ma lo spostamento e la permanenza di che cosa? Certamente di un corpo. Se dunque il moto e la quiete non possono riferirsi che ad un corpo, in che modo attribuiscono allora l'immobilità allo spazio, e per giunta a quello esteso infinitamente in ogni direzione?

Infatti non c'è spostamento né quiete, se non di una qualche sostanza. Come si potrà dunque attribuire la quiete allo spazio vuoto, nel quale non esiste nulla?

L'argomento non è difficile dal punto di vista matematico ma da quello fisico, o iperfisico.

<A> Se il moto non è che relativo, allora dobbiamo dire che due corpi che si scontrano con pari velocità lo fanno rispetto ad un altro corpo; ed è sempre rispetto a quest'ultimo che bisogna porre che essi si allontanano con eguale velocità. Ma, rispetto ad un altro corpo ancora, uno di quegli stessi corpi può essere in quiete e l'altro portarsi all'impatto con velocità doppia di quella precedente.

 Se si dia certezza al di fuori dell'esperienza. Estensione infinita. L'opinione degli altri. L'obiezione circa il moto rotatorio della Terra.

La tavola fatta ruotare con dei pesi sospesi. Corpi legati da un filo: non sono forse agitati già prima da un moto vero? Possono forse muoversi tra loro senza che cambi la distanza? Sì. Non a ragione, dunque, Descartes attribuisce la quiete alla Terra.

La proporzione tripla: si può ottenere aumentando il maggiore o diminuendo il minore.

Uno dei due corpi può ricevere un impulso, e più facilmente il minore.

Ciò è costante in natura.

Cosa sia spostarsi in linea retta; possiamo sapere se un regolo si muova uniformemente in una direzione.

<C> Putemus Cometam quempiam recta via per planetarum aut stellarum spatia ferri quemadmodum Keplero visum est³, nunquid aequae fixae stellae illius respectu atque ille ipsarum moveri dicendae? *add. marg.*

³ «Cometam non secus ac Traiectionem aliquam ferri per spacia mundi in linea recta in directum continue» (Johannes Kepler, *De cometis libelli tres*, in *Gesammelte Werke*, C.H. Beck, München 1937-..., VIII, p. 142). Il riferimento è alla prima edizione: *De cometis libelli tres, Autore Iohanne Keplero, Sac. Caes. Maiest. Mathematico*. Augustae Vindelicorum, Typis Andreae Apergeri, Sumptibus Sebastiani Mylii Bibliopolae Augustani, 1619, della quale Constantijn Huygens, fratello di Christiaan, pare possedesse un esemplare (cfr. Johan A. Vollgraff, *Biographie de Christiaan Huygens*, in OC, XXII, p. 455).

<C> Supponiamo che una cometa si sposti in linea retta attraverso gli spazi planetari o stellari, come parve a Kepler: si deve forse dire indifferentemente che le stelle fisse si muovono rispetto alla cometa e questa rispetto ad esse?

<FRAMMENTO 3>

[8r] Motus localis, inquit Borellus, est transitus successivus ab uno ad alium locum &c.¹ sed quid est locus? an spatium immobile. quid autem immobile dicemus cum motus definitionem adhuc quaeramus. an locus est spatium corporis capax ac positu definitum. Ergo definitur aliorum corporum respectu. <A>

Qui Terram omni motu carere credunt, hi vere quiescere corpora ea dicunt quae respectu Terrae quiescunt: moveri vero ea quae terrae respectu locum mutant. Nos qui moveri terram et quidem annuo ac diurno motu didicimus^a, quid vere quiescere dicemus. an stellas fixas, sane quidem inter se. sed cujusnam^b alterius corporis respectu hae^c simul omnes quiescere concipientur? et qui magis illae quiescunt quam cometa aliquis recta linea, ut Keplerus ostendit, per caelum trajiciens, nam et hic aequae velut quiescens reputari potest ac siderum cohors universa. Putandum tamen motum in natura productum inter corpora mundi majora semper concitatione minori contigisse².^d

Vide quae Borellus in proemio de Galilei hac in re conatibus³.

^a didicimus] volumus

^c hae] illae del.

^b cujusnam] cujus del.

^d Putandum ... contigisse.] ins. i. l.

* Il Frammento 3 corrisponde alle prime due pagine del foglio doppio H1 (ora diviso) della classificazione di Korteweg, cioè al f. 8r-v. La citazione del *Traité* di Dechales (r. 30) indica che la redazione è posteriore al 1682; le argomentazioni delle rr. 56 e sgg. non si discostano comunque da quelle contenute in frammenti sicuramente posteriori al 1687. Alle rr. 11 e sgg. Huygens pare pensare che la traiettoria delle comete sia grosso modo rettilinea, come affermava ancora nel 1686: «Leur chemin droit ou presque droit bien imaginé de Kepler» (Christiaan Huygens, *Pensees meslees*, in OC, XXI, p. 367 [Hug. 28, f. 195v]); l'ipotesi fu però abbandonata tra il 1689 ed il 1690: «Je suis maintenant presque du sentiment de Mr. Newton, qui veut que les Cometes tournent en des Ellipses fort oblongues autour du Soleil, qui fait l'un des foyers» (Christiaan Huygens, *Météores*, "Pièce I", in OC, XIX, p. 310 [Hug. 28, f. 257r]). È dunque probabile che il frammento risalga al periodo tra il 1687 ed il 1689 e sia più antico del precedente. Nel margine inferiore sinistro del f. 8r compaiono alcuni disegni, abbozzati in modo

FRAMMENTO 3

[8r] Il moto locale, dice Borelli, è il transito successivo da un luogo all'altro ecc. Ma che cos'è il luogo? Forse lo spazio immobile? Ma che cosa potremo dire immobile, se ancora stiamo ricercando la definizione di movimento? Il luogo non è forse uno spazio capace di accogliere un corpo e determinato dalla posizione? Di conseguenza esso si definisce rispetto ad altri corpi. <A>

Coloro che credono che la Terra sia priva di qualsiasi moto ritengono realmente in quiete quei corpi che sono in quiete rispetto ad essa e mossi, invece, quelli che rispetto ad essa cambiano luogo. Noi, che abbiamo appreso che la Terra si muove, e precisamente di moto annuo e diurno, cosa diremo essere in vera quiete? Forse le stelle fisse? Certamente sì, almeno tra loro. Ma rispetto a quale altro corpo le si considererà tutte insieme in quiete? E perché mai esse sarebbero più in quiete di una cometa che, come mostra Keplero, attraversa il cielo in linea retta? Anch'essa può infatti essere giudicata in quiete, non diversamente dall'intera schiera delle stelle. Si deve tuttavia ritenere che il moto che si produce tra i corpi più grandi del mondo si realizzi sempre nel modo meno dispendioso.

Si veda quanto scrive Borelli, nel proemio, sui tentativi di Galileo intorno a questa questione.

assai rudimentale e di incerta decifrazione, il primo dei quali è forse riferibile al caso di urto discusso alle rr. 39 e sgg.; nemmeno esso sembra tuttavia appartenere al testo ed è stato pertanto tralasciato al pari degli altri.

¹ «Erit igitur motus localis transitus successivus ab uno ad alium locum in aliquo determinato tempore excurrendo successivis contactibus partes omnes loci, seu spatij transacti sese consequentes» (Giovanni A. Borelli, *De Vi Percussionis*, cit., pp. 1-2).

² È questo forse l'unico caso nel quale Huygens pare avvalersi del criterio della semplicità della natura; negli altri frammenti, così come nelle lettere a Leibniz del 1694, egli si dimostra avverso alla possibilità di impiegarlo per determinare il *subjectum motus*.

³ Cfr. la nota 4 al Frammento 1 e la nota 6 al Frammento 15.

Et quae Galileus ipse in fine dialogi 4: de motu projectorum ubi ut de re obscurissima ac difficillima disserit.

Hanc ego juvenculus tamen perspectam habui.

20 Pag. 3 verum realem ac physicum motum vocat cum transfertur corpus ab uno ad alium locum spatij mundani. Relativum qui in spatio relativo alicujus continentis vasis⁴. mundanum locum seu spatium pag. 4^e vocat quod respectu terrae definitum est ac immotum⁵. Ergo terra ipsi quiescit⁶.

25 Cartesij regularum defensores quo excusent quod contrariae sunt experimentis, dicunt Cartesium spatium considerasse in quo nihil motui corporum obsistet. Tale vero in nostro aere nullum esse.

Sed cum nostrae regulae prorsus et ad unguem experimentis consentiant, mirum esset et falsis et in spatio renitente factis hoc evenire.

Borelli prop.64 falsa⁶. item vitiosa 119⁷. item falsa 18 et 19⁸.

^e pag. 4] *ins. i. l.*

¹ quiescit *ms.*

⁴ «Insuper transitus motus localis aut fit ab uno ad alium locum spatij mundani, aut in spatio relativo alicuius continentis vasis, ille appellabitur motus realis, & physicus, hic vero vocabitur motus relativus, licet multoties situm non mutet in loco vel spatio universi» (Giovanni A. Borelli, *De Vi Percussionis*, cit., p. 3).

⁵ «Finge enim nautam a prora ad puppim navis ambulare, & interea navim totam a fluminis cursu aequali velocitate contrario motu ferri, constat nautam duobus motibus contrarijs agitatum inter se aequalibus proprio nempe, & ipsius navis semper in eodem situ spatij mundani consistere, tunc quidem negari non potest vere moveri, licet ab uno ad alium locum universi non transferatur» (*ibi*, pp. 3-4). Il senso di questo passo è polemicamente accentuato da Huygens; è infatti evidente che Borelli intende qui unicamente fornire un esempio della differenza tra moto relativo e moto assoluto, senza curarsi minimamente del problema del moto terrestre.

⁶ «Propositio LXIV. Si vero duorum corporum contrarijs motibus sibi ipsis occurrentium perpendiculari & media incidentia vis motiva unius major fuerit robore motivo alterius fuerintque ambo dura & inflexibilia, semper corpus minori virtute motiva praeditum reflectetur aucta velocitate, corpus vero maiorem vim motivam habens non reflectetur si maius fuerit, nec semper si minus» (Giovanni A. Borelli, *De Vi Percussionis*, cit., p. 121). La proposizione è in contrasto con la regola generale espressa da Huygens nella Proposizione IX del *De Motu Corporum*.

Si veda anche quanto scrive lo stesso Galileo alla fine del quarto dialogo sul moto dei proietti dei *Discorsi e dimostrazioni*, dove ne parla come di questione oscurissima e difficilissima.

Ancora molto giovane, tuttavia, io l'indagai a fondo.

A pag. 3 Borelli chiama reale e fisico il movimento quando un corpo si sposta da un luogo ad un altro dello spazio mondano; chiama invece relativo quello che si effettua nello spazio relativo di un recipiente. A pag. 4 chiama luogo o spazio mondano quello definito in riferimento alla Terra ed immobile. Dunque la Terra è per lui in quiete.

 Per giustificare il fatto che le regole di Descartes sono in contrasto con gli esperimenti, chi le difende dice che egli ha considerato uno spazio nel quale nulla si oppone al moto dei corpi; ed uno spazio simile non esiste nell'aria intorno a noi.

Ma poiché le nostre regole si accordano in tutto e per tutto con gli esperimenti, sarebbe ben strano che ciò accada anche se sono false ed applicate in uno spazio che oppone resistenza.

La proposizione 64 di Borelli è falsa. La proposizione 119 è difettosa. Parimenti false sono le proposizioni 18 e 19.

⁷ «Propositio CXIX. Datis duobus corporibus inaequalibus amovibilibiter quiescentibus, reperiri debent duae velocitates inaequales, quibus tertium corpus ea percutiendo perpendiculari & media incidentia maiori corpori a maiori impetu percusso imprimatur gradus velocitatis aequalis ei, quae imprimatur minori corpori a minori velocitate» (Giovanni A. Borelli, *De Vi Percussionis*, cit., p. 265). Nella soluzione di questo problema, non affrontato in modo esplicito nel *De Motu Corporum*, Borelli si avvale di un corollario alla Proposizione XIX, giudicata falsa da Huygens; cfr. la nota seguente.

⁸ Le due proposizioni citate, incompatibili con la Proposizione I del *De Motu* huygensiano, sono le seguenti: «Propositio XVIII. Praeterea ostendendum est, quod corpus incidens in aliud quiescens amovibile, ei non communicabit, neque amittet integram suam velocitatem, si ambo corpora sint omnino dura, & inflexibilia, & incidentia media, & perpendicularis fuerit» (*ibi*, p. 43); «Propositio XIX. Si corpus uniformiter latum incidat in aliud corpus indifferens ad motum, hoc incidentis velocitatem retardabit, eritque impellentis velocitas ad retardationem quam patitur ut summa corporum incidentis, & percussi ad corpus percussum; oportet autem incidentiam perpendiculari, & mediam esse» (*ibi*, p. 46).

30 <C> deschales emprunte la demonstration fausse de Mariotte⁹ pour prouver l'effect d'une boule poussée contre plusieurs pareilles contigues pag. 445¹⁰.

Il se sert de ma demonstration par le Batteau¹¹, qu'il aura prise de Wallis¹², qui l'a prise de moy, car j'avois envoiè ces demonstrations avec
35 mes 4 propositions en Angleterre¹³. m.^r Oldenburg me respondiit qu'on recevoit mes theoremes pour veritables, mais que ceux de la Societè Royale disoient qu'ils⁸ n'entendoient pas mes demonstrations, exceptè mil. Brounker¹⁴.

Les demonstrations ordinaires pour prouver que deux corps se ren-
40 contrant avec des vitesses qui soient en raison reciproque de leur poids, se reflechiront avec leurs^h mesmes vistesses, sont telles, la quantité de mouvement de chaque corps est le produit de son poids ou deⁱ sa grandeur multipliée par sa vitesse. donc^j dans ce cas ces quantitez sont egales; donc l'une repousse exactement l'autre¹⁵. Ce sont la des raisons vraisemblables
45 et non pas des demonstrations certaines. Ils prennent des principes trop peu evidents^k, Comme M.^r Descartes prend que la mesme quantité de mouvement se conserve¹⁶. ce qui se trouve faux.

[8v] ^l apres avoir montrè que la vitesse de la^m reflexion ou separation de deux corps a ressort ou durs depend de la vitesse relative dont ils sont
50 venus se choquer, Je demanderay qu'il y ait des corps d'un ressort parfait

⁸ disoient qu'ils] *ins. i. l.*

^h leur *ms.*

ⁱ de] *ins. i. l.*

^j donc] *ins. i. l.*

^k peu evidents] # \\ quoyque vraisemblables *scr. sed p. del.*

^l Je prouveray *scr. sed p. del.*

^m vitesse de la] *ins. i. l.*

⁹ Cfr. Edme Mariotte, *op. cit.*, pp. 173-178.

¹⁰ Cfr. Claude F.M. Dechales, *Traité du Mouvement Local*, cit., pp. 445-446. Per meglio comprendere la critica di Huygens ai due scienziati francesi cfr. Frammento 10, rr. 44 e sgg.

¹¹ Cfr. ad esempio Claude F.M. Dechales, *Traité du Mouvement Local*, cit., pp. 134-136 e pp. 400-444.

¹² Cfr. John Wallis, *op. cit.*, I, pp. 1007-1008. Huygens si riferisce però alla prima edizione, uscita in tre parti: *Mechanica: sive, De Motu, Tractatus Geometricus*. Authore Johanne Wallis, Ss. Th. D. Geometriae Professore Saviliano in Celeberrima Academia Oxoniensi; Regalis Societatis Londini, pro Scientia Naturali promovenda, Sodali; & Regiae Majestati à Sacris. Londini, Typis Gulielmi Godbid; Impensis Mosis Pitt. 1670-1671.

<C> Dechales, a pag. 445, mutua l'errata dimostrazione di Mariotte per provare l'effetto prodotto da una sfera spinta contro altre simili contigue.

Egli si serve della mia dimostrazione per mezzo della nave, che avrà preso da Wallis, il quale l'ha presa da me; io avevo infatti inviato in Inghilterra queste dimostrazioni insieme alle mie quattro proposizioni. Oldenburg mi rispose che i miei teoremi erano accolti come veri ma che i membri della Royal Society, eccetto Brouncker, dicevano di non capire le mie dimostrazioni.

Per provare che due corpi, urtantisi con velocità inversamente proporzionali ai loro pesi, si rifletteranno con le loro medesime velocità, si usano abitualmente dimostrazioni quali la seguente: la quantità di moto di ciascun corpo è uguale al prodotto del suo peso, o della sua grandezza, per la velocità. Ma in questo caso tali quantità sono eguali; dunque l'una respinge esattamente l'altra. Queste sono ragioni verisimili, non dimostrazioni certe. Essi prendono principi troppo poco evidenti; Descartes, ad esempio, assume che si conservi la medesima quantità di moto. Ma ciò risulta falso.

[8v] Dopo avere mostrato che la velocità di riflessione (o separazione) di due corpi elastici, oppure duri, dipende dalla velocità relativa con la quale essi sono venuti a scontrarsi, io postulerò che ci siano corpi dotati di

¹³ Cfr. Christiaan Huygens, *De Motu Corporum ex mutuo impulsu Hypothesis*, in OC, VI, pp. 336-343. La breve trattazione huygensiana, che si trova negli archivi della Royal Society a Londra, fu spedita a Henry Oldenburg unitamente alla lettera del 5 gennaio 1669; cfr. anche Frammento 4, rr. 9 e sgg.

¹⁴ Cfr. Henry Oldenburg a Christiaan Huygens, 14 febbraio 1669, "Appendice I", in OC, VI, p. 359 e 10 giugno 1669, *ibi*, pp. 443-444. Parti di queste lettere sono citate per esteso da Huygens, in traduzione latina, alle rr. 91-101 del Frammento 15.

¹⁵ Su questo punto cfr. la critica a Dechales in Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice III", in OC, XVI, p. 164 [*Hug.* 26A, f. 115r]. Dimostrazioni analoghe a quella del gesuita francese si trovano ad esempio in Edme Mariotte, *op. cit.*, pp. 90 e sgg.; Giovanni A. Borelli, *De Vi Percussionis*, cit., p. 120; John Wallis, *op. cit.*, I, pp. 1023-1024; Baruch Spinoza, *Renati Des Cartes Principiorum Philosophiae Pars I, & II, More Geometrico demonstratae*, in *Opera*, a cura di Carl Gebhardt, Carl Winter, Heidelberg s.d. [ma 1924], I, pp. 210-213.

¹⁶ Cfr. René Descartes, *Principia*, II, art. 36, ed. cit., VIII-1, pp. 61-62.

qui reflechissent avec la mesme vitesse relative qu'ils se sont approchez. de ceux cy je demontre que quand ils vont se choquer avec des vitesses reciproques a leur poids ou quantité de matiereⁿ, ils retourneront chacun^o avec ces mesmes vitesses qu'ils avoient. Et de cecy je determine en suite
55 tous les cas.

Opponent. Sint corpora A, B, inter se quiescentia, hoc est mutuo respectu in spatio mundi undique^p infinito. Moveatur jam a me corpus A, ita ut a B discedat; durabit facta impressio in corpus A; hac enim^q fiet ut continue aequaliter pergat respectu B. Quod si jam B a deo in nihilum
60 redigatur, an non durabit etiam tunc impressio in A facta? Si autem durat, ergo jam movetur A absque respectu B, aut certe aliquid habet A quod non habebat antequam actione mea ipsum impulsem.

<D> Respondeo potest durare impressio nec tamen aliud habere A quam antea habebat, nisi quod mei impellentis respectu moveatur^r.

65 Respondeo. non habet A quandiu manet B aliquid amplius quam prius, nisi quod moveatur respectu B, ut B^s respectu A. sublato vero B, jam hoc non amplius habet A ideoque nihil jam amplius habet quam quod ante habebat, nisi quod motoris respectu moveatur si ille manserit, nec una cum A feratur^t.

ⁿ quantité de matiere] matiere *del.*

^o chacun] *ins. i. l.*

^p mundi undique] *ins. i. l.*

^q hac enim] qua *del.*

^r potest ... moveatur] primum ad id quod dicis, Ergo jam movetur A absque respectu B. Cujus ergo respectu movetur jam A sublato B^o? dices respectu spatij mundani immobilis. Ergone antea utrumque simul A et B quiescebant respectu spatij mundani, an vero ejus respectu movebantur? Ita rursus recidimus ad notionem illam spatij infiniti immoti. Sed tu neutrum certo poteris scire, utrum^β quiesceret an moveretur A priusquam ipsum impellerem. Unde nec scire potes an non jam post impulsionem a me

factam ad quietem redactum sit^γ A. Oportet ergo fatearis, etiam quiescendo corpus retinere impressionam inductam, si prius motum fuerit *del.*

^α sublato B] *ins. i. l.*

^β moveretur *scr. sed p. del.*

^γ ad ... sit] quiescat *del.*

^δ ut B] et hoc *del.*

^t quandiu ... feratur], sublato B, aliquid quod ante meum impulsus non habebat, nisi quod jam solum existit in mundo. antea enim hoc solum habebat ut una cum B existeret et ejus respectu quiesceret. Nunc illius respectu non amplius quiescit nec movetur neque enim ullum ad B respectum habet. Ergo hoc solum habet ut jam unicum in mundo existat *del.*

elasticità perfetta, che si riflettono con la medesima velocità relativa con la quale si sono avvicinati. Di questi corpi io dimostro che, quando vanno ad urtarsi con velocità inversamente proporzionali ai loro pesi, o quantità di materia, ciascuno di essi ritornerà con la medesima velocità che aveva. E da qui determino in seguito tutti i casi.

Obietteranno: siano dati due corpi A e B in quiete tra loro, cioè in quiete l'uno rispetto all'altro nello spazio del mondo infinito in ogni parte. Si ponga poi che io muova il corpo A, in modo che si allontani da B; l'impulso esercitato si manterrà nel corpo A. Per sua causa, infatti, A continuerà a muoversi uniformemente rispetto a B. Che accade se B viene annichilito da Dio? Non si manterrà forse anche allora l'impulso esercitato su A? Ma, se si mantiene, allora A si muove senza riferimento a B oppure ha senz'altro qualcosa che non aveva prima che io lo spingessi con la mia azione.

<D> Rispondo: l'impulso può mantenersi senza che tuttavia il corpo A abbia qualcosa che non avesse prima, eccetto il fatto che si muove rispetto a me che l'ho spinto.

Rispondo: finché B persiste, A non ha nulla più di prima, eccetto il fatto che si muove rispetto a B, così come B si muove rispetto ad A. Tolto B, però, A non si muove più rispetto ad esso e pertanto non ha nulla più di quanto avesse prima, eccetto il fatto che si muove rispetto a ciò che l'ha mosso, se quest'ultimo ha continuato ad esistere e non si sposta con esso.

- 70 Respondeo, puta B aboliri priusquam A moveam. Vis itaque A^u solum in mundo existens a me moveri posse; quod nego, nisi tantum mei moventis respectu. aliud enim actione mea nihil efficitur. Et rursus devenimus ad notionem spatij mundani immobilis, quam falsam esse^v dico.

^u B *ms.*

^v esse] *ins. i. l.*

<A> Borelli de vi Percussionis prodijt 1667. *add. marg.*

 de Raej¹⁷ *add. marg.*

<C> 1682 *add. marg.*

<D> impulso A, effectum est ut sit motus inter corpora A, B, sive ut respectu mutuo moveantur, non enim tunc^a B magis quiescere dici potest quam A. Sicut igitur redacto ad nihilum A, non potest dici moveri B, sic neque intereunte B dici potest moveri A. Non recte dici videtur manere impressionem in A^b post impulsum. sed manet tantum motus respectu B. Posset alioqui ex illorum hypothesi, aliquando quiescere A post impulsum, nempe respectu spatij mundani. quomodo autem intelligi potest manere impressionem in corpore quod quiescit? an putas esse aliquid in corpore quod quiescit, per quod quiescat. aut^c dices illud per quietem quiescere? Sic neque aliquid in corpore moto est per quod movetur, non motus, non impressio. sed hoc solum moveri. *add. marg.*

^a tunc] *ins. i. l.*

^b impressionem in A] *ins. i. l.*

^c aut] vel *del.*

¹⁷ «Haecque omnia [*sc.* le regole dell'urto dei *Principia*] non ratione tantum concludi, verum etiam experientia monstrari possent, siquidem duo tantum hujusmodi corpora in se mutuo agerent, eaque essent perfecte dura & eo quo diximus modo vel aequalia vel inaequalia, simulque ita ab omnibus aliis sejuncta, ut nil quicquam eorum motum adjuvaret aut impediret» (Jean de Raei, *op. cit.*, p. 120). Il de Raei procede nella sua difesa elencando le «singulae causarum minutiae» che provocano l'ineliminabile discordanza tra le regole e l'esperienza, per concludere che in natura (come nella vita di uno stato politico) la variabilità nell'applicazione delle leggi non toglie alcun valore all'assoluta verità delle stesse; cfr. *ibi*, pp. 120-124.

Rispondo: immagina che B sia distrutto prima che io muova A. Vuoi dunque che A, solo al mondo, possa essere mosso da me; ma questo è impossibile, se non in riferimento a me soltanto, che lo muovo. La mia azione non produce infatti alcun altro effetto. E ricadiamo di nuovo nella nozione di uno spazio mondano immobile, che io affermo essere falsa.

<A> Il *De Vi Percussionis* di Borelli apparve nel 1667.

 De Raei

<C> 1682

<D> Dopo che A è stato spinto, si è fatto sì che ci sia un moto tra i corpi A e B, ossia che si muovano l'uno rispetto all'altro; non si può infatti dire che, in quel momento, B sia più in quiete che non A. Come dunque, annichilito A, non si può dire che B si muove, così nemmeno, scomparendo B, si può dire che si muova A. Non sembra dunque corretto dire che in A, dopo la spinta, resti un impulso; resta soltanto il moto rispetto a B. Altrimenti, secondo l'ipotesi di costoro, dopo la spinta A potrebbe essere in quiete rispetto allo spazio del mondo. Ma come si può comprendere che in un corpo in quiete rimanga un impulso? Pensi forse che in un corpo in quiete ci sia qualcosa per cui esso è in quiete? Oppure dirai che è in quiete a causa della quiete? Allo stesso modo in un corpo mosso non c'è nulla per cui esso si muove: non il moto, non l'impulso, ma solo il fatto che si muove.

<FRAMMENTO 4>

[9v] Quales leges examinare operae pretium propterea quod &c.

Multi itaque hoc fecere, quorum praecipui ante nos Galileus, Cartesius.

Quid Galileus. Quid Cartesius, falsas esse ejus regulas praeter primam. <A>

Eum quomodo defendant, sed mirum qui nostrae igitur cum experientis conveniant.^a

Quales ego regulas in diario Gallico^{b, 1}

Harum aliquibus similes regulae cum^c Clarissimi viri Christoph. Wrennii paulo ante traditae essent in actis Philosophicis Anglicis^d H. Oldenburgij² ego^e meas istas edens necessario admonere lectores debui, ne plagij suspicionem incurrere vellem^f priores^g quatuor^h, una cum demon-

^a Eum ... conveniant.] *ins. i. l.*

^b in diario Gallico] *ins. i. l.*

^c cum] *ins. i. l.*

^d Anglicis] *ins. i. l.*

^e ego] *ins. i. l.*

^f debui ... vellem] #

^g meae *scr. sed p. del.*

^h regulae *scr. sed p. del.*

* Il Frammento 4 corrisponde alla quarta pagina del foglio doppio H1 della classificazione di Korteweg, cioè al f. 9v del *Codex 7A*; esso è qui considerato come un frammento autonomo in quanto una pagina completamente bianca, il f. 9r, lo separa dal precedente. La divisione del foglio H1 in due frammenti distinti appare inoltre pienamente giustificata dalla diversità degli argomenti trattati. Circa la datazione si può soltanto rinviare a quanto affermato nella nota introduttiva al frammento precedente. Nel margine inferiore della pagina compaiono alcuni disordinati calcoli letterali ed un disegno, stesi probabilmente durante la lettura della memoria di Wallis citata alla nota 8 del presente frammento; essi furono però parzialmente coperti dal testo, ciò che indica il disinteresse di Huygens a che fossero intelligibili, e sono pertanto stati tralasciati.

¹ *Extrait d'une Lettre de M. Hugens*, in OC, XVI, pp. 179-181. La lettera, con la

FRAMMENTO 4

[9v] Metteva conto esaminare quali leggi osservino i corpi nell'urto, per la ragione che ecc.

Molti dunque le hanno esaminate e, tra essi, i principali prima di noi sono Galileo e Descartes.

Che cosa scrisse Galileo. Che cosa scrisse Descartes; le sue regole sono false, eccetto la prima. <A>

In che modo lo difendano; ma è ben strano come allora le nostre regole si accordino con gli esperimenti.

Quali regole pubblicai nel « Journal des Sçavans ».

Poiché nelle « Philosophical Transactions » di Henry Oldenburg erano state pubblicate poco prima le regole dell'illustre Christopher Wren, simili ad alcune di queste mie regole, nel pubblicarle io dovetti necessariamente avvertire i lettori, per non incorrere nel sospetto di plagio, del fatto che le prime quattro erano state da me inviate ad Oldenburg, insieme alle

quale venivano per la prima volta resi pubblici i principali teoremi sull'urto di Huygens (ma non le dimostrazioni), fu pubblicata da Gallois nel « Journal des Sçavans » del 18 marzo 1669.

² Christopher Wren, *Lex Naturae de Collisione Corporum*, in OC, VI, pp. 347-348. La trattazione di Wren, datata 27 dicembre 1668, fu pubblicata da Oldenburg nelle « Philosophical Transactions » dell'11 gennaio 1669.

strationibus, ante quam Wrenniana vulgarentur ad Oldenburgium a me fuisseⁱ missas³, atque hoc ipsum idem Vir Clarissimus ingenueⁱ professus est^k cum non nullo post nostras regulas e diario Gallico in Acta Philosophica anglica transferret⁴. utitur enim praefatione quadam quae rei totius narrationem contineat quam^l ipsis quibus scripta est verbis^m hic referre placet.ⁿ

Cum novissimis inquit^o mensibus &c.⁵

20 Ista quidem recte vir ille Clarissimus nisi quod &c.^p

^q Cum Wrenni et Wallisij⁸ regulas ederet poterat recte de meis non reticere^r.

ⁱ fuisse] *ins. i. l.*

ⁱ ingenue] *ins. i. l.*

^k atque ... est] #

^l quam] *ins. i. l.*

^m utitur ... verbis] #

ⁿ Harum ... placet.] *ins. marg. superiore*

^o inquit] *ins. i. l.*

^p Ista ... &c.] *ins. i. l.*

^q Eo magis commemorandus eram quod Regiae Societati jam pridem^a nomen dederam⁶. debebant non solum omnium sociorum gloria ex aequo favore, sed et omnium philosophiae studiosorum quacunque terrarum existerent. Hanc suam nationem reputare potius quam quae Britanniae litore circumscriberetur. qui per se praeclaras res invenire ac tradere possunt, alijs debitam lau-

dem praeripere^b non debent. a qua injuria^y longe me abesse vel hoc arguit quod tot post annis demum haec quae mihi debentur vindicem, quodque si opus sit ostendere possim⁸ jam ab anno 1652 regulas hasce a me fuisse inventas^e. *addidit marg. sed p. del.*

^a pridem] *inter primos del.*

^b laudem praeripere] *gloriam captare del.*

^y injuria] *labe sive culpa del.*

⁸ quodque ... possim] #

^e a me fuisse inventas] # \\ Prout ex literis Fr. Schotenij ad me jam tum super hac re perscriptis perspicio⁷. *scr. sed p. del.*

^r de ... reticere] *mearum quoque mentionem facere*

³ Cfr. *Extrait d'une Lettre de M. Hugen*, in OC, XVI, p. 181. Le quattro proposizioni huygensiane erano effettivamente state spedite da Parigi il 5 gennaio 1669, mentre quelle di Wren non furono rese note che nelle « Philosophical Transactions » dell'11 gennaio.

⁴ Christiaan Huygens, *Regulae de Motu Corporum ex mutuo impulsu*, in OC, VI, pp. 431-433. Questa trattazione di Huygens (da non confondersi con quella citata nella nota 13 al Frammento 3) è la traduzione latina di quella edita nel « Journal des Sça-

dimostrazioni, prima che quelle di Wren fossero rese note; e lo stesso illustre Oldenburg lo riconobbe lealmente quando, poco dopo, riprese nelle « Philosophical Transactions » le nostre regole edite nel « Journal des Sçavans ». Egli pubblica infatti una premessa, contenente la storia dell'intera vicenda, che voglio qui riportare con le medesime parole con le quali fu scritta:

« Poiché negli ultimi mesi ecc. ».

Così scrive, correttamente, quell'uomo illustre; se non che ecc.

Nel pubblicare le regole di Wren e Wallis avrebbe ben potuto non tacere delle mie.

vans » del 18 marzo 1669; essa fu pubblicata nelle « Philosophical Transactions » del 12 aprile 1669 con una premessa di Oldenburg nella quale venivano ripercorsi gli avvenimenti che avevano causato l'incomprensione tra Huygens ed i dotti inglesi. Cfr. la nota seguente.

⁵ Huygens cita qui l'inizio del resoconto che Oldenburg, in seguito alla richiesta huygensiana di una precisazione, antepose all'edizione delle regole dell'urto nelle « Philosophical Transactions » del 12 aprile 1669; cfr. Henry Oldenburg, *A Summary Account of the Laws of Motion, communicated by Mr. Christian Hugen in a Letter to the Royal Society, and since printed in French in the Journal des Scavans of March 18. 1669 St. n.*, in OC, VI, pp. 429-431.

⁶ Huygens, primo straniero, era stato eletto membro della Royal Society nel giugno 1663; cfr. il suo giornale del viaggio a Parigi e Londra di quell'anno in OC, XXII, p. 599.

⁷ Cfr. la nota 9 al Frammento 15.

⁸ Cfr. *A Summary Account given by Dr. John Wallis, of the General Laws of Motion, by way of Letter written by him to the Publisher, and communicated to the Royal Society, November 26. 1668*, in OC, VI, pp. 359-362. La trattazione di Wallis, datata 15 novembre 1668, fu pubblicata da Oldenburg nelle « Philosophical Transactions » dell'11 gennaio 1669 insieme a quella di Wren.

Non me vocare in dubium a Clarissimo Wrennio easdem regulas ante quam meas videret^s repertas.

25 Oportuerat nostri commemorationem factam.^t

Potuit tamen juvari illorum casuum solutione quos anno 1661 me dedisse ab ipso Wrennio Rookioque rogatum⁹. Etenim ex varijs casibus experientia compertis regulas suas formasse fatetur.^u demonstrationes non addidit^v ut nec Wallisius quem primum^w suas dedisse ait, sed hae non
30 definiunt casus corporum a contactu^x resilientium, sed tantum^y eorum quae conjuncta manent, cujus modi ipsius opinione¹⁰ sunt perfecte dura, quod postea examinabimus¹¹.

Cum quatuor theoremata mea demonstrata misissem rescripsit Oldenburgius Regiae Societatis Sodales dicere^z non intelligi sibi^a demonstrationes illas, praeter unum^b Brounkerum praesidem tunc Societatis dignissimum.

^s ante ... videret] *ins. i. l.*
^t Oportuerat ... factam.] *ins. i. l.*
^u Etenim ... fatetur.] *ins. i. l. \ \ fa-*
 tetur] videtur
^v demonstrationes non addidit]
ins. i. l.

^w ut ... primum] Primum quidem
 Wallisius *del.*
^x a contactu] *ins. i. l.*
^y tantum] *ins. i. l.*
^z dicere] *ins. i. l.*
^a sibi] *ins. i. l.*
^b unum] quam *del.*

⁹ La riunione alla quale si riferisce Huygens avvenne a Londra il 23 aprile 1661 e vi parteciparono anche Robert Moray, William Brouncker, Paul Neile, John Wallis, Lawrence Rooke, Christopher Wren e Jonathan Goddard: nel giornale del viaggio a Parigi e Londra degli anni 1660-1661 Huygens annotò semplicemente: « Resolus les cas qu'ils me proposerent touchant les rencontres de deux spheres » (OC, XXII, p. 573). Il primo a riprendere l'episodio è Spinoza che, riferendo di conversazioni avute con Huygens, scrive a Oldenburg: « Tractatum vero de Motu, de quo etiam sciscitaris, frustra expectari puto. Nimis dudum factum est, ex quo jactare caepit, se regulas motus et naturae leges calculo longe aliter invenisse, quam a Cartesio traduntur, illasque Cartesii falsas fere omnes esse: Nec tamen hucusque ullum ea de re specimen ededit. Scio quidem, me, ante annum circiter, ab eo audivisse, omnia, quae ipse dudum circa motum calculo invenerat, post in Anglia Experimentis comprobata reperisse: quod vix credo » (Baruch Spinoza a Henry Oldenburg, citato in Henry Oldenburg a Robert Moray, 7 ottobre 1665, in *The Correspondence of Henry Oldenburg*, cit., II, p. 550). La testimonianza più completa è probabilmente quella di Moray, al quale Oldenburg chiese lumi sull'episodio: « The story of what Mr Hugens sayes was thus, as both Dr Wallis & I do well remember. When Mr Hugens came first over wee were with him at his lodging at the end of Newstreet in Convent Garden, where hee told us amongst other things of

Non metto in dubbio che le medesime regole siano state scoperte dall'illustre Wren prima di avere visto le mie.

Sarebbe stato opportuno che si facesse menzione di noi.

Avrebbero tuttavia potuto tornare utili, alla soluzione di quei casi, quelli da me risolti nel 1661 dietro richiesta dello stesso Wren e di Rooke. Wren ammette infatti di aver elaborato le sue regole a partire da vari casi appresi dall'esperienza. Egli non aggiunse dimostrazioni, al pari di Wallis, il quale afferma di essere stato il primo a dare le regole; ma quelle di Wallis non definiscono i casi dei corpi che nel contatto rimbalsano, bensì solo di quelli che restano congiunti, i quali, secondo la sua opinione, sono perfettamente duri. Esamineremo questo in seguito.

Dopo che ebbi mandato i miei quattro teoremi dimostrati, Oldenburg mi rispose che i membri della Royal Society (eccetto il solo Brouncker, a quel tempo degnissimo presidente della Società) dicevano di non capire quelle dimostrazioni.

what he had done in the businesse of motion, as hee hath done to your friend of late [sc. Spinoza]. At that time Mr Rook & Dr Wren had made diverse experiments with balls of wood & other stuff hanging by threads whereof you may remember to have seen some, upon Mr Hugens undertaking to solve all questions of motion according to his rule Dr Wren did propose some which he had tried by experiments, and Mr Hugens did in a very short space solve them so as it was concluded by all the solution did agree with the experiments thad had been made. The L. Brouncker was there present too & perhaps your self to. of this you may assure your friend. So that Mr Hugens is sure to have the better of des Cartes in those things which have been determined by Experiments » (Robert Moray a Henry Oldenburg, 10 ottobre 1665, *ibi*, II, pp. 561-562). Cfr. inoltre Henry Oldenburg a Baruch Spinoza, 8 dicembre 1665, *ibi*, II, p. 634; Christiaan Huygens a Henry Oldenburg, 13 novembre 1668, in OC, VI, pp. 276-277; Robert Moray a Christiaan Huygens, 15 febbraio 1669, *ibi*, p. 371 e 26 aprile 1669, *ibi*, pp. 423-424.

¹⁰ « Si quae sic impingunt Corpora, intelligantur non absolute dura (prout hactenus supposuimus) sed ita ictui cedentia, ut *Elastica* tamen vi se valeant restituere, hinc fieri poterit ut a se mutuo resilient ea corpora, quae secus essent simul processura » (John Wallis, *A Summary Account*, in OC, VI, p. 362). Nel Capitolo XIII "De Elatere, & Resilitione seu Reflexione" della *Mechanica* Wallis affronta anche i problemi dell'urto tra corpi elastici, senza discostarsi nella sostanza dalle soluzioni proposte da Huygens e Wren.

¹¹ Cfr. Frammento 5, rr. 58 e sgg.; Frammento 9, rr. 33-37; Frammento 10, rr. 13 e sgg.; Frammento 13, rr. 55 e sgg.; Frammento 15, rr. 78 e sgg. Cfr. inoltre la nota 15 del presente frammento.

Postea Wallisium easdem adhibuisse^c in opera de motu ubi &c. deinde et des Chales qui^d e Wallisio sumpsisse^e eas potuit. Vel ab aliquo nostrorum in Gallia¹².^f Quodnam [?] ^g fit fundamentum. Navicula seu motus communis.

- 40 Antequam ad demonstrationes theorematum supra positorum^h pergam de principijs varijsⁱ, quae in hoc argumento alij secuti sunt pauca expendere libet. deinde et de nostris dicere.

- 45 Principium Cartesij. quo eadem motus quantitas servetur. quod in resilientibus falsum in non resilientibusⁱ verum. Et in his idem secutus est Wallisius¹³. Cetera cartesij falsa ut quod quiescens magis resistit magna celeritate impacto quam si ea minor sit. item alia.

Pardiesij quod magnum vel parvum eandem ab impellente celeritatem accipiat¹⁴ absonum sed illi tamen sic visum.

- 50 <C> Wallisij, utitur illo cartesij de manente quantitate motus, quod non universe verum. Ejusdem de duris contraria Cartesio et Pardies et

^c adhibuisse] usurpasse *del.*

^d qui] *ins. i. l.*

^e sumpsisse] mutuari *del.*

^f Vel ... Gallia.] *ins. i. l.*

^g *verbum non intelligitur*

^h demonstrationes ... positorum] nostras demonstrationes *del.*

ⁱ principijs varijs] principiorum varietate *del.*

ⁱ non resilientibus] mollibus *del.*

¹² In Francia l'esempio della nave era stato utilizzato da Mariotte, che Dechales conosce e cita; cfr. Edme Mariotte, *op. cit.*, pp. 28-29. Cfr. anche la nota 4 al Frammento 5.

¹³ Cfr. John Wallis, *A Summary Account*, in OC, VI, p. 360.

¹⁴ Nella Proposizione XXXI, dopo avere esposte alcune regole dell'urto, Pardies dichiara appunto: « Toutes ces regles seront veritables, soit que les corps soient égaux, soit qu'ils ne le soient pas » (Ignace-Gaston Pardies, *op. cit.*, pp. 73-74). Nel vuoto, infatti, un corpo riceverebbe dallo scontro con un corpo eguale la medesima velocità che da quello con uno maggiore: « Car le corps frappé estant tout-à-fait indifferant à demeurer en repos ou à prendre le mouvement, & tout l'effect de la percussion venant de l'impenetrabilité des corps: si nous supposons que le corps frappé soit plus grand, pourveu que toutes ses parties soient bien unies ensemble, il faudra qu'il se meuve de la mesme vîtesse que se meut le corps qui frappe, par la mesme raison que lorsqu'ils sont

Delle medesime dimostrazioni si servì poi Wallis nella sua opera sul moto, dove ecc. In seguito se ne servì anche Dechales, che poté ricavarle da Wallis oppure da qualcuno dell'Accademia in Francia. Quale ne sia il fondamento. La navicella, ossia il moto comune.

Prima di procedere alle dimostrazioni dei teoremi sopra posti, voglio spendere poche parole sui vari principi che gli altri hanno seguito in questo argomento. Poi dirò anche dei nostri.

Il principio di Descartes, secondo il quale si conserva la medesima quantità di moto, è falso nei corpi che rimbalzano ma è vero in quelli che restano congiunti. Nel trattare questi ultimi se ne è avvalso anche Wallis. Gli altri principi di Descartes sono falsi, come quello secondo cui un corpo in quiete resiste maggiormente se urtato con una velocità grande che con una minore. E così gli altri.

Il principio di Pardies, secondo il quale un corpo, grande o piccolo che sia, quando viene spinto riceve la medesima velocità, è assurdo; eppure a lui è parso così.

<C> Il principio di Wallis. Egli si serve del noto principio di Descartes, secondo il quale la quantità di moto si conserva; ma esso non è valido in tutti i casi. L'opinione di Wallis sui corpi duri è contraria a quelle di

égaux, c'est à sçavoir parce qu'ils sont impenetrables, & que le corps frappant ne peut se mouvoir plus avant sans que le corps frappé qui est au devant ne prenne toute sa vitesse: & comme d'ailleurs le plus grand est aussi indifferent que le corps égal pour le repos & pour le mouvement; certes le plus grand ne fera pas plus de resistance que l'égal, puisque ni l'un ni l'autre n'en feront pas la moindre du monde » (*ibi*, pp. 74-75).

Borello^k consona Mariotte¹⁵. Examinanda. Non est novus motus vide pag. 690¹⁶.¹

Mariotti omnia a me de regulis patet. de reliquis testet^m 17



[Fig. 4]

55 Principia invenienda esse certa ac evidētia, quod jam nimis negligi video. magna mathematicarum sententiarum injuria et opprobrioⁿ.

Unde quaedam quasi demonstrationes oriuntur quas pro veris legitimisque^o haberi^p vellent.

^k et Pardies et Borello] *ins. i. l.*

ⁿ et opprobrio] *ins. i. l.*

¹ Non ... pag. 690.] *ins. i. l.*

^o veris legitimisque] #

^m Mariotti ... testet] *et Fig. 4 ins. i. l.*

^p haberi] accipi

¹⁵ Oltre al brano della memoria wallisiana del 1669 citato nella nota 10 del presente frammento cfr. anche l'inizio della Proposizione I del Capitolo XI "De Percussione" della *Mechanica*: « Si Grave motum, tanquam perfecte durum consideretur; atque in Obicem sive Obstacleum firmum directe impingat, quod itidem perfecte durum sit; Sitque Vis Gravi sic moto aequipollens, Minor quam est Vis Obstaclei motui resistentis, vel etiam ipsi aequalis: Motus sistetur » (*ibi*, I, p. 1002). L'opinione che, nella collisione, i corpi perfettamente duri non rimbalsino, è sostenuta anche da Mariotte (*op. cit.*, pp. 87 e sgg.), citato per esteso da Huygens alle rr. 14-16 del Frammento 10; opposto è invece il giudizio di Descartes (cfr. la prima regola dei *Principia*), Pardies (cfr. la nota 3 al Frammento 9) e Borelli (cfr. *De Vi Percussionis*, cit., p. 52), oltre che dello stesso Huygens. Cfr. la nota 11 del presente frammento.

¹⁶ « Non ignoro; plerosque Mechanicorum Vim nescio quam in Motu incepto ponere, qua (si procedere non possit) mutata directione (etiam absque nova causa) resiliat. Cum vero hoc Gratis dictum videatur, (ut novus motus absque nova causa incipiat,) & Postulatum; atque multis porro incommodis urgeri possit; Id me potissimum movet, quod, utut nudum Impedimentum Motui tollendo sufficiat, (adeoque inceptum motum impedire valeat ne procedat;) quo tamen contrarius ponatur, Vi Positiva videtur Opus: [...] Cumque ea in Vi Elastica praesto sit, cur illam respuamus non video. (Praesertim cum in Molli Corpore, vel etiam Fluido, in Solidum impacto, motum Sisti videamus, sed non Reflecti.) » (John Wallis, *Mechanica*, cit., I, p. 1020). Cfr. anche la nota 7 al Frammento 10.

Descartes, Pardies e Borelli; si accorda invece a quella di Mariotte. Bisogna esaminarla. Non si tratta di un nuovo movimento, cfr. pag. 690.

Che Mariotte prenda tutto da me, per quanto riguarda le regole, è evidente. Per quanto riguarda il resto, lo testimoni [quanto indicato nella seguente figura].

~~voilà~~ ~~000~~

[Fig. 4]

Bisogna trovare principi certi ed evidenti; ma questo mi sembra ormai troppo trascurato, con grande offesa ed oltraggio nei riguardi delle proposizioni matematiche.

Da ciò traggono origine certe pseudodimostrazioni, che si vorrebbe fossero considerate come vere e legittime.

¹⁷ Cfr. la figura 4, che svolge la funzione di soggetto del verbo « testet »; Huygens si riferisce qui (ed anche con la fig. 21 del Frammento 15) ad una macchina con la quale effettuare l'esperienza descritta ad esempio alle rr. 44 e sgg. del frammento 10. Già intorno al 1668 Huygens scriveva: « Experience belle des boules ou dames rangees et frappees par 2 ou 3 autres. Et que la communication de mouvement s'y fait de mesme que si les boules avoient quelque petite distance » (*Extrait d'une Lettre de M. Huguens*, "Appendice", in OC, XVI, p. 184 [*Hug.* 2, f. 59r]); cfr. anche Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice III", in OC, XVI, pp. 159-160 [*Hug.* 26A, f. 112r] e Edme Mariotte, *op. cit.*, pp. 173 e sgg.

<A> Contrarietas notata¹⁸. *add. marg. dextro*

 non tam ego mihi defui quam injuste praeteritus sum. *add. marg. dextro*

<C> Non semper quae veri speciem habent vera sunt.^a

Veluti si idem corpus quiescens^b eadem vi percussus^c eandem celeritatem acquirere statuamus. Vim vero in diversis corporibus definiamus quae ex ratione ponderum et celeritatum componitur ut Wallisius¹⁹. *add. marg.*

^a Non ... sunt.] *ins. i. l.*

^b quiescens] *ins. i. l.*

^c percussus] *ins. i. l.*

¹⁸ Cfr. Frammento 1, rr. 38 e sgg.

¹⁹ « In comparatis motibus, Virium gradus (caeteris paribus) sunt in ratione quae ex Ponderum & Celeritatum rationibus componitur » (John Wallis, *Mechanica*, cit., I, p. 592).

<A> La contraddizione che notai.

 Non fui tanto io a trascurare i miei interessi; è vero piuttosto che fui ingiustamente lasciato da parte.

<C> Non sempre ciò che ha l'apparenza di verità è vero.

Come, ad esempio, se poniamo che un identico corpo in quiete, urtato con la stessa forza, acquisti la medesima velocità. E definiamo la forza, nei vari corpi, come il prodotto dei pesi e delle velocità, al pari di Wallis.

<FRAMMENTO 5>

[10r] Nostri aevi disquisitio de motu.

^a In mechanicis non tam motus quam gravitatis leges quaesiverunt. Galileus de descensu corporum [?] ^b motum continuari. ^c Qua lege id fiat inquirere operaepretium. quod hinc vis percussiois pendeat.

5 Percussio in omni mechanica maximi usus. etiam physica. in explicanda luce usus sum.

Plurimi quaesivere vel ante nos vel sine nobis. ^d Galileus Cartesius Fabrius¹ Borelli. <A>

10 Caeteri leges definire ausi^e. Galileus difficultatem vidit, maluitque nihil dicere quam falsas. Cita Galileana, et ex Borello^f. Laus Galilei in his quae de motu.

Falsa ceterorum non refutabo sigillatim. falsitas^g patebit adductis veris.

15 Etsi vera pauca habeant nullam demonstrationem certam. omnes demonstrant, nec tamen consentiunt.<t.>

^a Corpora a corporibus moveri.
scr. sed p. del.

^b *verbum non intelligitur*

^c Galileus ... continuari.] *ins. i. l.*

^d Plurimi ... nobis.] *ins. i. l.*

^e leges definire ausi] *definiverunt*

del.

^f et ex Borello] *ins. i. l.*

^g falsitas] *error*

* Il Frammento 5 corrisponde alla prima pagina del foglio doppio H2 della classificazione di Korteweg, cioè al f. 10r del *Codex* 7A. La redazione è sicuramente posteriore al 1687 (alle rr. 46 e 77-79 compaiono infatti evidenti riferimenti ai *Principia* newtoniani, che Huygens ricevette nel luglio di quell'anno; cfr. la lettera a Nicolas Fatio de Duillier dell'11 luglio 1687 in OC, IX, p. 191) se non addirittura al 1690, dal momen-

FRAMMENTO 5

[10r] L'indagine sul moto nei nostri tempi.

In meccanica non hanno ricercato tanto le leggi del moto, quanto quelle della gravità. Galileo si è occupato della caduta dei corpi [...] Mette conto ricercare secondo quale legge ciò avvenga. Da qui dipende la forza dell'urto.

L'urto è di grande utilità nell'intera meccanica ed in fisica; io me ne sono avvalso nella spiegazione della luce.

Moltissimi hanno indagato intorno all'urto, sia prima di noi sia indipendentemente da noi: Galileo, Descartes, Fabri, Borelli. <A>

Altri si sono cimentati nel definirne le leggi. Galileo vide la difficoltà e preferì non dire nulla piuttosto che sbagliare. Citare le opinioni di Galileo, anche da Borelli. Elogio di Galileo in ciò che riguarda il moto.

Non confuterò uno per uno gli errori degli altri; la loro falsità sarà evidente, una volta addotte le proposizioni vere.

Benché abbiano poche proposizioni vere, non hanno alcuna dimostrazione certa; tutti pretendono di dimostrare, eppure non sono d'accordo tra loro.

to che Huygens fa riferimento al *Traité de la Lumière* (cfr. rr. 64-65). Una datazione posteriore al 1690 appare in ogni caso la più probabile, anche in considerazione dell'accenno al mutamento di opinione circa la natura del moto circolare (cfr. rr. 47-48), che nel 1694 Huygens affermerà essere avvenuto da «2 ou 3 ans» (Christiaan Huygens a Gottfried W. Leibniz, 24 agosto 1694, in OC, X, p. 669).

¹ Cfr. Honoré Fabri, *Tractatus physicus de motu locali*, cit.

 Qua occasione ad haec quaerenda adductus fuerim. absurditate quarundam^h Cartesij regularum, quantopere illas affirmaverit in epistola quadam². quomodo excusent quod experientiae adversentur.ⁱ Quando cum Schotenio communicaverim³.

20 Parisijs in Academia, ubi non satis capiebant principia⁴, unde accuratius clariusque existimavi tractanda.

<C> Quid postea, anno 1661 apud Anglos. Reliqua cognoscentur ex Diarijs Gallico et Anglico, quae refer. in his summa quaedam demonstrandarum habetur.

25 Quid illi de Wallisio, non attigit resilientia, nihil demonstravit nisi de mollibus, ubi Cartesianum principium secutus quod ibi locum habet, in duris fallit.

<D> Et tamen non se ipse tantum; sed et a conterraneis^j suis primo loco recensetur^k. Wrennius ab experimentis:^l Neminem demonstrasse.
30 Mariottus omnia ex me. nihil demonstrat.

quid Wrennius de demonstratione suorum ex Oldenburgij literis. nempe nullas putabat dari⁵.

^h quarundam] quidem *del.*

ⁱ quomodo ... adversentur.] *ins.*

i. l.

^j conterranei *ms.*

^k a ... recensetur] conterranei ipsius primo loco eum # *del.*

^l Wrennius ab experimentis:] *ins.*

i. l.

² Su questa lettera cfr. la nota 8 al Frammento 15.

³ Cfr. Christiaan Huygens a Frans van Schooten, 29 ottobre 1652, in OC, I, p. 186; 7 novembre 1652, in OC, III, p. 457; 29 ottobre 1654, in OC, I, p. 303; 27 dicembre 1654, *ibi*, p. 317 e 28 giugno 1656, *ibi*, p. 441.

⁴ Cfr. *supra*, p. 73 e le rr. 36-37 del presente frammento. Le sedute dell'Accademia parigina dedicate all'esposizione della teoria dell'urto di Huygens ebbero luogo nei giorni 4, 11 e 18 gennaio 1668; cfr. *Académie Royale des Sciences - Procès verbaux*, Registre de physique, I, p. 248.

 In che occasione io sia stato spinto a ricercare intorno a questi argomenti: ciò fu a causa dell'assurdità di alcune regole di Descartes, per quanto egli le abbia sostenute con convinzione in una sua lettera. In che modo giustifichino il fatto che esse sono in contrasto con l'esperienza. In che occasione io ne abbia trattato con van Schooten.

Cosa accadde a Parigi, nell'Accademia, dove non capivano a sufficienza i miei princìpi. Perciò pensai di doverli trattare in modo più accurato e più chiaro.

<C> Cosa accadde in seguito, in Inghilterra, nel 1661. Le altre circostanze si apprenderanno dal « Journal des Sçavans » e dalle « Philosophical Transactions »; fare le citazioni. In quei giornali c'è più o meno l'essenziale di ciò che va dimostrato.

Cosa sia stato detto di Wallis. Egli non trattò i corpi che rimbalzano e non dimostrò nulla se non dei corpi molli. Nel trattarli egli ha seguito il principio cartesiano, che in essi è valido ma, se riferito ai corpi duri, è errato.

<D> E tuttavia non solo egli si sbaglia ma il suo errore viene anche colto, innanzitutto dai suoi conterranei. Wren ricava la sua teoria da esperimenti. Nessuno ha trovato dimostrazioni. Mariotte prende tutto da me; non dimostra nulla.

Citare, dalla lettera di Oldenburg, quanto dice Wren sulla dimostrazione delle proprie regole, e precisamente che egli pensava non se ne potesse dare alcuna.

⁵ «Monsieur Wren dit, qu'à son avis, il n'y a point de demonstration de ce qu'il a avancé dans son escrit du mouvement, sans qu'on suppose un grand nombre d'autres postulata, qui demandoient, peut estre, d'autres demonstrations» (Henry Oldenburg a Christiaan Huygens, 14 febbraio 1669, "Appendice I", in OC, VI, p. 359).

Nullius demonstrationem verisimiliori principio niti quam sit Cartesij
illud de conservatione ejusdem quantitatis motus. verisimilia axiomata^m
35 periculosa exemplum alterum.ⁿ

<E> meum principium praecipuum quodnam. Id^o vix Parisiensibus
intelligi potuisse.^p

sed Brounkero in Anglia. Cita ex epistola Oldenbugij. Postea Wallisio
usurpatum et P. des Chales. qui ab illo vel a nostris academicis.^q

40 quodnam meum principium praecipuum, in navi exemplum^r. alterum
de centro gravitatis non ascendente.

unde meum petitem, et posse demonstrari aliunde, si natura motus
curiosius inquiratur.

45 disputatio de vero et relativo motu. Vulgo existimant verum quendam
motum esse^s qui relativo opponatur. Borellus, Mariotte⁶. an Pardies⁷.
Newton⁸. an Wallisius?

me in circulari motu diu credidisse κριτήριον existere veri motus.
quomodo resipuerim.

50 quomodo vere terra moveatur diurna rotatione^t. hoc Cartesius non
perspexit.^u

^m axiomata] principia *del.*

ⁿ verisimilia ... alterum.] *ins. i. l.*

^o praecipuum ... Id] *ins. i. l.*

^p obhaerebant etiam ad verum mo-
tum. *scr. sed p. del.*

^q Postea ... academicis.] *ins. i. l.*

^r in navi exemplum] *ins. i. l.*

^s esse] *ins. i. l.*

^t rotatione] vertigine

^u quomodo ... perspexit.] *ins. i. l.*

⁶ Cfr. Frammento 10, rr. 2-6.

⁷ «Il faut distinguer la vitesse absolue d'un corps, & sa vitesse respective. J'appelle
Vitesse Absolue, celle qui se considere dans un corps comparé avec l'espace dans lequel

Nessuno appoggia la propria dimostrazione su un principio più verisimile di quanto sia quello ben noto di Descartes, della conservazione della medesima quantità di moto. Gli assiomi verisimili possono essere insidiosi. Addurre un altro esempio.

<E> Quale sia il mio principio fondamentale. A stento esso poté essere compreso dai parigini.

Esso fu invece compreso da Brouncker, in Inghilterra. Citare dalla lettera di Oldenburg. In seguito è stato usurpato da Wallis e dal Padre Dechales; questi lo ha preso dallo stesso Wallis o dai membri dell'Accademia.

Quale sia il mio principio fondamentale; l'esempio della nave. Il secondo principio, secondo il quale il centro di gravità non sale.

Da ciò deriva quello che io ho postulato, che può essere dimostrato anche per altra via, se si indaga con più attenzione la natura del moto.

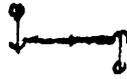
La disputa sul moto vero e relativo. Si ritiene comunemente che ci sia un certo moto vero, opposto a quello relativo. Borelli, Mariotte. Forse Pardies? Newton. Forse Wallis?

Io credetti lungamente che nel moto circolare ci fosse il criterio del moto vero. In che modo mi sia ricreduto.

In che modo la Terra si muova veramente con rotazione diurna. Descartes non lo comprese fino in fondo.

il se meut: & *Vitesse Respective*, celle qui se considere dans deux corps comparez ensemble, par laquelle vitesse ces deux corps s'approchent ou s'éloignent mutuellement l'un de l'autre» (Ignace-Gaston Pardies, *op. cit.*, p. 44); cfr. anche *ibi*, pp. 70-72.

⁸ Cfr. Isaac Newton, *Principia*, ed. cit., pp. 5-11.



[Fig. 5]

Dicent se notionem claram habere spatij immoti. Respondeo sic idiotae se notionem certissimam habere dicunt positus^v superioris et inferioris. eoque antipodas casuros vetus praejudicium.

55 motum non posse intelligi nisi relative. quid locus? an spatium immobile. quid autem immobile dicimus cum adhuc definitionem motus quaeramus?

Sed ne haec non capientes, demonstrationes nostras rejiciant hoc tantum ponemus, vel hoc tantum posuimus tunc.^w An quaerendum quo pacto corpora a corporibus motum accipiant. Possum jam demonstrare^x corpus
60 a corpore moveri. in mollibus absolute. in duris si ponamus resilientia dari. non videtur causa dici posse, non enim desinit aut cessat motus, utque in restitutis, sed tantummodo determinatio mutatur.^y an perfecte dura resilient?^z qui negent, qui affirmant⁹. verisimile propter atomos ne adherescant. alioqui fatendum corpuscula omnia aeris et aetheris restituendi vi
65 praedita ut in expositione luminis nostra¹⁰. quae restituendi sui vim habent, tunc perfectissime habent cum iisdem gradibus accelerant discessum^z relativum quibus retardata fuerant.

Apparet ex praecedentibus celeritatem accedendi moderari celeritatem recedendi.^a

70 Ponamus^b perfecte restitutiva, quae^c eadem celeritate discedant qua accedunt.

^v positus] *ins. i. l.*

^w Sed ... tunc.] *ins. marg.*

^x demonstrare *ms.*

^y Possum ... mutatur.] *ins. i. l.*

^z discessum] motum *del.*

^a Apparet ... recedendi.] *ins. i. l.*

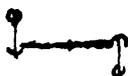
^b ergo *scr. sed p. del.*

^c restitutiva, quae] resilientia, et

del.

⁹ Cfr. le note 11 e 15 al Frammento 4.

¹⁰ «Rien n'empêche que nous n'estimions les particules de l'éther estre d'une ma-



[Fig. 5]

Essi affermeranno di avere una nozione chiara dello spazio immobile. Rispondo che, allo stesso modo, gli ignoranti affermano di avere una nozione certissima del sopra e del sotto e ne ricavano il vecchio pregiudizio secondo il quale gli abitanti degli antipodi dovrebbero cadere.

Il moto non può essere inteso se non relativamente. Che cos'è il luogo? Forse lo spazio immobile? Ma che cosa possiamo dire immobile, se ancora stiamo ricercando la definizione di movimento?

Ma affinché coloro che non comprendono queste cose non respingano le nostre dimostrazioni, porremo solamente questo o, meglio, ciò soltanto ponemmo allora. Bisogna forse ricercare in che modo i corpi ricevano il moto dai corpi? Posso dimostrare che un corpo è mosso da un corpo: assolutamente, riguardo ai corpi molli; riguardo a quelli duri, se poniamo che siano capaci di rimbalzare. Non sembra che si possa dire la causa del rimbalzo; il moto, infatti, non termina né si interrompe, come accade nei corpi elastici, ma cambia soltanto direzione. Forse i corpi perfettamente duri rimbalzano? Nominare chi lo nega e chi lo afferma. È verisimile che sia così, affinché gli atomi non restino tutti attaccati. In caso contrario bisognerebbe ammettere che tutti i corpuscoli dell'aria e dell'etere siano dotati di una forza elastica, come abbiamo scritto nella nostra trattazione sulla luce. I corpi che hanno forza elastica ne sono dotati in modo perfetto se la loro distanza relativa aumenta con la stessa proporzione con la quale, prima dell'urto, era diminuita.

Appare chiaro, da ciò che precede, che la velocità di avvicinamento determina quella di allontanamento.

Consideriamo perfettamente elastici quei corpi che si allontanano con la medesima velocità con la quale si erano avvicinati.

tiere si approchante de la dureté parfaite & d'un ressort si prompt que nous voulons» (Christiaan Huygens, *Traité de la Lumière*, in OC, XIX, p. 472).

Idemque de duris ponamus, dato quod resiliant a se mutuo.

Jam omnia de duris. primo de aequalibus. dein de inaequalibus. aequae
75 gravium easdem esse percussiones,^d tum reliqua^e Theoremata. an propositio
universalis¹¹ algebraice tantum, potius: quia et de mollibus algebraice.

de mollibus demonstratio.

Theorema nostrum de centri gravitatis quiete vel aequali progressu
perseverante demonstrare conatur Newtonus¹², et recte in corporibus ante
concursum, sed non post.

80 Wallisius primus ponitur, cum tantum de irreflexis egerit. ex Cartesij
Principijs^f quasi demonstrationibus. meo principio usus postea, quasi suo.
nec Wrennius demonstrat. mea tam certa demonstratio ut ex illa demum
Cartesij principium corruat.^g

85 Bronkeri allegandum testimonium. Galilei. de mariotti plagio. point le
nommer.^h

90 Ce P. de Chales quoy qu'il se serve de nostre principe du Vaisseau, n'a
pas laissè de mettre des propositions fausses. comme quand il dit que la
vitesse respective n'est pas la mesme tousjours apres et devant le chocq¹³.
Item sa propos.13 du 5 livre¹⁴. d'ou s'ensuit la 28.^e du mesme¹⁵. il est bien
stupide.

^d aequae ... percussiones.] *ins. i. l.*

^e reliquam *ms.*

^f Princ. *ms.*

^g mea ... corruat.] *ins. i. l.*

^h de ... nommer.] *ins. i. l.*

¹¹ Per «propositio universalis» Huygens intende la Proposizione IX del suo *De Motu Corporum ex Percussione* (cfr. OC, XVI, pp. 65-71 [*Hug.* 26A, ff. 101-102r]), la cui dimostrazione nel trattato è condotta *more veterum* secondo il procedimento geometrico ed è, per ciò stesso, piuttosto lunga; in un foglio sciolto recante il titolo «Regula universalis» (*Hug.* 26A, f. 73v), invece, egli la esprime appunto in forma algebraica.

¹² «Le centre commun de gravité de deux ou de trois ou de tant qu'on voudra de corps, avance toujours également vers le même costé en ligne droite devant & apres leur rencontre» (*Extrait d'une Lettre de M. Hugens*, in OC, XVI, p. 181). Il teorema, che nel medesimo contesto Huygens definisce «loy admirable de la Nature» e che egli ritiene valido tanto per i corpi duri quanto per quelli molli, non viene però dimostrato né nel 1669 né in seguito; esso costituirà il quarto corollario agli «Axiomata sive Leges Motus» del primo libro dei *Principia* newtoniani (cfr. Isaac Newton, *Principia*, ed. cit., pp. 17-19).

La stessa cosa poniamo riguardo ai corpi duri, sempre che nell'urto essi rimbalzino.

Abbiamo ormai detto tutto dei corpi duri. In primo luogo degli eguali, poi degli ineguali. Gli urti di corpi egualmente gravi sono eguali. Poi gli altri teoremi. È forse meglio esporre la regola generale solo in forma algebrica? Anche la regola dei corpi molli l'ho infatti espressa in questa forma.

La dimostrazione circa i corpi molli.

Newton tenta di dimostrare il nostro teorema secondo cui il centro di gravità persevera in quiete o in moto uniforme. Lo fa correttamente riguardo ai corpi prima dell'urto, ma non dopo.

Inizio con Wallis, poiché ha trattato solo dei corpi che non rimbalzano. Ha preso i *Principia* di Descartes come se fossero dimostrazioni. In seguito si è servito del mio principio, come se fosse suo. Nemmeno Wren riesce a dimostrare. La mia dimostrazione è tanto certa da far finalmente cadere il principio di Descartes.

Bisogna addurre la testimonianza di Brouncker. E quella di Galileo. Del plagio di Mariotte. Evitare di nominarlo.

Questo Padre Dechales, benché si serva del nostro principio della nave, non ha mancato di mettere proposizioni false. Ad esempio quando dice che la velocità relativa non è sempre la stessa, prima e dopo l'urto. Egualmente falsa è la sua proposizione 13 del quinto libro, dalla quale deriva la ventottesima dello stesso libro. È davvero stupido.

¹³ «Proposition dix-neuvième. Theoreme. Les corps à ressort après le choc, n'ont pas toujours la même vitesse respective, qu'ils avoient avant le choc» (Claude F.M. Dechales, *Traité du Mouvement Local*, cit., p. 433); la dimostrazione occupa le pp. 433-444.

¹⁴ «Proposition treisième. Theoreme. Si deux corps à ressort, poussez l'un contre l'autre se choquent avec des vitesses reciproques à leurs pesanteurs, la quantité de mouvement sera la même après le choc, que devant, laquelle ils partageront selon la raison reciproque de leurs pesanteurs, & les nouvelles vitesses seront en raison doublée des premières» (*ibi*, p. 413).

¹⁵ «Proposition vingt-huitième. Theoreme. Le centre de gravité des corps qui se choquent n'est pas toujours dans le même estat, devant & après le choc» (*ibi*, p. 464).

de vi centrifuga.

Hooke jactator, vult invenisse evolutionem curvae qua fit parabola¹⁶.

<A> Apud veteres non videtur quaesitum. *add. marg.*

 liceat vindicare mihi debita. *add. marg.*

<C> Londini casus resolvi.
male Hamelius me ad Experimenta recurrisset¹⁷. *add. marg.*

<D> expone Wallisij quasi demonstrationes. *add. marg.*

<E> Super meo principio dissertatio. Certum esse etiam his qui quiescere terram credunt.

Alterum principium de centro gravitatis non ascendente¹⁸. mirabiliter hic usu venit.

Tertium de mollibus et duris. *add. marg.*

¹⁶ La determinazione huygensiana dell'evolva della parabola risale al 1659 (cfr. Christiaan Huygens, *Projet de 1660 d'une édition amplifiée de l'“Horologium” de 1658* [...], in OC, XVII, p. 122 [*Hug.* 10, f. 113v] e Joella G. Yoder, *Unrolling Time*, cit., pp. 85-89 e pp. 119-126). Nel 1673, dopo la pubblicazione dell'*Horologium Oscillatorium*, Hooke affermò di aver ottenuto lo stesso risultato già nel 1666; circa la disputa che seguì questa rivendicazione cfr. OC, VII, pp. 314, 337-338, 391 e 418.

¹⁷ Non mi è stato purtroppo possibile rintracciare alcuna indicazione intorno a questo accenno, da riferirsi con ogni probabilità a Jean-Baptiste Du Hamel.

¹⁸ Huygens si riferisce qui alla propria modificazione del cosiddetto Principio di Torricelli; cfr. Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, in OC, XVI, p. 57 [*Hug.* 26A, f. 98v]).

Della forza centrifuga.

Hooke è un millantatore: pretende di aver trovato l'evoluta della curva con la quale si costruisce la parabola.

<A> Non pare che gli antichi si siano interrogati su questo.

 Mi sia lecito rivendicare ciò che mi spetta.

<C> Risolsi i casi che mi furono proposti a Londra.
A torto du Hamel dice che io feci ricorso ad esperimenti.

<D> Esporre le pseudodimostrazioni di Wallis.

<E> La discussione sul mio principio, che è certo anche per chi crede la Terra in quiete.

Il secondo principio, che il centro di gravità non sale, tornò qui mirabilmente utile.

Il terzo, che riguarda i corpi molli e quelli duri.

<FRAMMENTO 6>

[10v] Non est dicendum^a corpora per motum mutare inter se distantiam ac situm, est enim motus ipse illa distantiae mutatio, non autem aliud quid ab illa diversum.

Si duo corpora non ligata sed libera eandem inter se distantiam servant et positum, ea mutuo respectu^b quiescunt. si vero mutant distantiam, jam mutuo respectu moventur.

<A> quidsi haec duo A et B^c tantum in rerum natura ponantur existere, atque ita mutuo respectu moveri: deinde alterum eorum A^d ad nihilum redigi; an jam B^e quod superest non amplius movebitur? non equidem; quia moveri nihil aliud est quam mutare distantiam ab alio: hic vero aliud nullum extat, et mundi nulli sunt termini nec centrum quorum respectu positum mutet. An ergo quiescet B? non quiescet etiam, siquidem quiescere est respectivum ad aliud corpus quocum distantiam ac situm servat. Sed an non corpus quodlibet vel quiescit vel movetur? Ita quidem illi dicent quibus moveri et quiescere est aliquid per se, nulla aliorum relatione. Mihi vero^f cum nullus sit motus nec quies, nisi respectu ad alia nec movebitur B, nec quiescet, sed existet tantum. neque enim motus aut quietis vocabulum ipsi convenit.

 duobus tantum in natura positis corporibus, an non potest dici eorum alterum moveri alterum quiescere? nequaquam. sed tantum illa inter se vel respectu mutuo moveri vel quiescere.

^a dicendum] concipiendum

^b mutuo respectu] inter se *del.*

^c A et B] *ins. i. l.*

^d A] *ins. i. l.*

^e B] *illud del.*

^f vero] *ins. i. l.*

* Il Frammento 6 corrisponde alle ultime tre pagine del foglio doppio H2 della classificazione di Korteweg, cioè ai ff. 10v e 11r-v del *Codex 7A*; esso è qui considerato come un frammento autonomo in quanto la grafia è più espansa di quella utilizzata nella prima pagina, in fondo alla quale Huygens lascia inoltre uno spazio bianco insoli-

FRAMMENTO 6

[10v] Non si deve dire che i corpi mutano distanza e posizione reciproca attraverso il movimento; il movimento, infatti, è appunto quel mutamento di distanza e non qualche altra cosa, diversa da esso.

Se due corpi, non legati ma liberi, conservano la medesima distanza e posizione reciproca, allora sono in quiete l'uno rispetto all'altro. Se invece mutano distanza, allora sono in moto l'uno rispetto all'altro.

<A> Se si pone che nell'universo esistano soltanto i due corpi A e B, mossi l'uno rispetto all'altro nel modo esposto, e che poi uno di loro, A, sia ridotto al nulla; forse allora B, che continua ad esistere, non sarà più in movimento? Certamente no: perché muoversi non è che mutare la distanza da altro. Ma qui non esiste più nient'altro e il mondo non ha confini o un centro rispetto ai quali B muti posizione. Forse allora B sarà in quiete? Nemmeno, dal momento che la quiete è relativa ad un altro corpo, rispetto al quale si mantenga la medesima distanza e posizione. Ma un corpo non deve forse essere o in quiete o in moto? Così affermano coloro per i quali il moto e la quiete sono qualcosa in sé, senza relazione ad altro. Ma poiché per me non c'è moto né quiete se non rispetto ad altri corpi, B non sarà né in moto né in quiete ma semplicemente esisterà. Ad esso non si può infatti riferire né il termine di quiete né quello di moto.

 Posti due soli corpi nell'universo, forse non si può dire che l'uno si muove e l'altro è in quiete? Nient'affatto. Essi si muovono o sono in quiete solo tra loro e l'uno rispetto all'altro.

tamente ampio. La divisione del foglio H2 in due frammenti distinti appare inoltre pienamente giustificata dalla diversità degli argomenti trattati. La redazione è sicuramente posteriore al 1687 (cfr. le rr. 25 e sgg., dove compare un implicito riferimento ai *Principia* newtoniani) e forse al 1690, in quanto il frammento è verisimilmente successivo al Frammento 5. Nella Fig. 6 compare la lettera S (*Sol?*), che non rende comunque molto più chiaro il significato del disegno.

Itaque cum de corporibus duobus A, B, ponitur A^s quiescere, B vero^h versus A moveri, necessario alia praetereaⁱ corpora existere intelliguntur quorum respectu A quiescat. <C>

- 25 Qui verum motum absque aliorum corporum intuitu^j sibi imaginantur viderunt non posse in corporibus liberis simpliciter motis motum discerni vel dijudicari^k, cum in ipso spatio^l infinito quod sibi immobile fingunt, nihil inveniatur unde iudicium ejusmodi exoriatur^l. Sed in corporibus circulariter motis putarunt κρητηριον veri motus haberi. <D>
- 30 cum datis duobus A, B^m inter se quiescentibus acⁿ liberis, alterum A^o pellitur ut inter se moveantur, illud quidem impressionem accipit, sed non magis idem A^p moveri alterius B^q respectu dici debet, quam hoc respectu A^r. atque etiamsi A multo majus sit quam B, idem effectus sequitur sive moveatur^s A sive B ad certam celeritatem respectu mutuo. quamvis majoris
- 35 operae sit sic^t movere A quam B. [11r]



[Fig. 6]

^s ponitur A] dicitur alterum *del.*

^h B vero] alterum *del.*

ⁱ praeterea] *ins. i. l.*

^j intuitu] respectu

^k dijudicari *ms.*

^l immobili et *scr. sed p. del.*

^m A, B] *ins. i. l.*

ⁿ ac] *ins. i. l.*

^o A] *ins. i. l.*

^p A] *ins. i. l.*

^q B] *ins. i. l.*

^r respectu A] illius respectu *del.*

^s effectus ... moveatur] efficitur movendo *del.*

^t sic] *ins. marg.*

¹ «Motus quidem veros corporum singulorum cognoscere, & ab apparentibus actu discriminare, difficillimum est; propterea quod partes spatij illius immobilis in quo corpora vere moventur, non incurrunt in sensus» (Isaac Newton, *Principia*, ed. cit., p. 11).

Quando dunque di due corpi, A e B, si pone A in quiete e B in movimento verso di esso, si intende necessariamente che, oltre ad essi, esistono altri corpi, rispetto ai quali A è in quiete. <C>

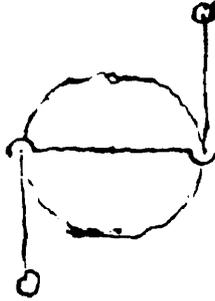
Coloro che si immaginano un moto vero, senza riferimento ad altri corpi, hanno visto che esso non può essere riconosciuto o individuato nei corpi liberi mossi di moto semplice, poiché nello stesso spazio infinito, che essi si fingono immobile, i nostri sensi non trovano nulla da cui possa originarsi un simile giudizio. Pensarono però che nei corpi mossi di moto circolare ci fosse il criterio del moto vero. <D>

Dati due corpi A e B, in quiete tra loro e liberi, se si spinge A in modo che siano in moto tra loro, esso riceve certamente un impulso; ma non si deve dire che sia più lo stesso A a muoversi rispetto a B, che non questo rispetto ad A. E se anche A è molto maggiore di B, si consegue lo stesso effetto sia muovendo l'uno sia muovendo l'altro con una determinata velocità relativa, benché ci voglia molto più sforzo a muovere in questo modo A che non B. [11r]



[Fig. 6]

Si unum tantum corpus in rerum natura concipias, sive in infinito spatij extensu, an potes imaginari^u illud vere quiescere? Sane dices, cum spatij immoti certam partem occupat. sunt enim et partes illius infiniti spatij immotae. Respondeo, sunt ejus partes sed non certae, hoc est
 40 definitae.^v Sed unde idea immoti nisi a quiete relativa corporum? cui ideae itaque^w adjunctum est ut inter se quiescant. Tuum vero immotum spatium cujusnam respectu quiescit? Non igitur convenit ei idea quietis. Itaque falsa est notio spatij illius immoti quatenus immotum^x. Sic plurimi e vulgo
 45 notionem habent ejus quod Sursum ac deorsum dicitur, idque nec Terrae nec ullius^y alterius rei respectu. Et hinc olim^z antipodes dari non posse concludebant, quod capitibus eorum deorsum tendentibus, in terra^a haerere non possent, sed necessario deberent decidere. haec notio est illorum opinione^b evidentissima, et tamen falsa, quoniam illud sursum et deorsum relativa sunt ad centrum Terrae.



[Fig. 7]

50 Motus circulationis est motus relativus^c in rectis parallelis, mutata continue directione, et manente distantia propter vinculum^d. Motus circularis in uno corpore^e est motus respectivus partium, manente distantia propter vinculum.

^u imaginari] cogitare *del.*

^v Respondeo ... definitae.] *ins.*

marg.

^w itaque] *ins. i. l.*

^x quatenus immotum] #

^y nec Terrae nec ullius] nullius *del.*

^z olim] *ins. i. l.*

^a in terra] terrae *del.*

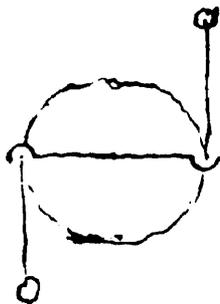
^b haec ... opinione] quae falsa est notio et illis tamen *del.* \ \ opinionem *ms.*

^c relativus] *ins. i. l.*

^d mutata ... vinculum] cum continua mutatione directionis *del.*

^e in uno corpore] *ins. i. l.*

Se ti figuri che ci sia soltanto un unico corpo in natura, ossia nell'infinita estensione dello spazio, puoi forse immaginare che esso sia in quiete vera? Certamente, dirai, in quanto esso occupa una parte determinata dello spazio immobile. Anche le parti di quello spazio infinito sono infatti immobili. Rispondo: sono senz'altro parti dello spazio, ma non sono determinate, cioè definite. Ma da dove si origina l'idea d'immobilità, se non dalla quiete relativa dei corpi? In questa idea di immobilità è dunque implicito che essi siano in quiete tra loro. Ma rispetto a che cosa è in quiete questo tuo spazio immobile? Non gli si può dunque attribuire tale idea. Pertanto è falsa la nozione di quello spazio immobile in quanto immobile. Allo stesso modo molti, tra la gente comune, hanno una nozione di ciò che si dice l'alto e il basso, e questo senza riferimento alla Terra o ad alcuna altra cosa. E di qui, un tempo, concludevano che non possono esistere gli abitanti degli antipodi poiché, essendo le loro teste rivolte verso il basso, essi non potrebbero restare attaccati alla Terra ma dovrebbero necessariamente cadere. Questa nozione è evidentissima, secondo la loro opinione, e tuttavia è falsa, in quanto quell'alto e quel basso sono relativi al centro della Terra.



[Fig. 7]

Il moto di rotazione è un moto relativo secondo rette parallele, con continuo mutamento di direzione e senza mutamento della distanza, a causa del vincolo. Il moto circolare in un unico corpo è un moto relativo delle parti senza mutamento della distanza, a causa del vincolo.



[Fig. 8]

55 dato corpore uno, vel pluribus cohaerentibus^f quae^s circa centrum
aliquod moveantur, potest colligi, ex vi centrifuga, quantam celeritatem
circularem^h acceperint. sed et haec relativa est inter illa corpora vel inter
unius partesⁱ. non tamen^j cognoscetur quantum veri motus partibus singu-
lis insit, hoc est respectu spatij ut fingunt, immoti. nam et illorum arbitrio,
quod^k circulariter movetur simul et recto motu totum, sive ex pluribus
60 junctum^l progredi potest quo itaque et partes feruntur:^m qui rectus motus
quatenus sit verus, nullo signo discerni posse fatenturⁿ. Itaque tantummo-
do hoc cognoscetur quanta sit circularis motio. hoc est quanta sit relativa
conjunctorum, vel partium unius corporis. Non cognoscetur etiam positis
duobus conjunctis^o utrum eorum impressionem ab impellente acceperit,
65 aut^p quantam singula.

dicent, an igitur si unicum quodpiam corpus in toto immenso spatio
mundano existat, deus ipse id^q movere non poterit motu progressivo <E>,
(nam de circolare fateor posse eum contrarijs impressionibus in uno illo
corpore hunc motum producere) hoc inquiunt sequeretur si motus nullus
70 sit nis relativus. Est autem absurdum, ergo et verum motum dari necesse
est. <F> Respondeo, cum motum nullum esse^r nisi relatione ad aliud cor-
pus statuam,^s nulla dei injuria dicemus eum non posse facere ut relatio sit
ad id quod non est, hoc est^t ut unum corpus sint duo vel^u plura. Similiter

^f cohaerentibus] conjunctis \\\ *ins.*
i. l.

^g simul *scr. sed p. del.*

^h circularem] respectivam *del.*

ⁱ sed ... partes] non tamen sciri
utrum e duobus impressionem ab impel-
lente acceperit, aut quantam singula *del.*

^j non tamen] nec *del.*

^k quod] *ins. i. l.*

^l totum ... junctum] *ins. i. l.*

^m quo... feruntur:] *ins. i. l.*

ⁿ discerni posse fatentur] discer-
nunt *del.*

^o positis duobus conjunctis] *ins.*
i. l.

^p aut] nec *del.*

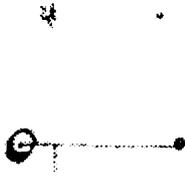
^q id] illud *del.*

^r nullum esse] non *del.*

^s nihil *scr. sed p. del.*

^t ut ... est] *ins. i. l.*

^u duo vel] *ins. i. l.*



[Fig. 8]

Dato un unico corpo, o più corpi solidali che si muovono intorno ad un centro, si può calcolare, per mezzo della forza centrifuga, quanta velocità circolare abbiano ricevuto. Ma anch'essa è relativa tra quei corpi o tra le parti di quel corpo unico. Non si saprà, invece, quanto moto vero ci sia nelle singole parti, ossia rispetto allo spazio immobile che essi immaginano. Anche secondo il loro parere, infatti, un corpo ruotante, intero o anche composto di più parti congiunte, può contemporaneamente avanzare con moto rettilineo e comune alle parti stesse. In che misura questo moto rettilineo sia vero, essi ammettono che non si possa riconoscerlo da alcun indizio. Pertanto si saprà solo quanto sia il moto circolare relativo, ovvero quanto sia il moto relativo dei corpi congiunti o delle parti del corpo unico. Neanche posti due corpi congiunti si saprà quale di essi abbia ricevuto un impulso da chi ha esercitato la spinta, o quanto intenso sia stato l'impulso ricevuto da ciascuno.

Diranno: forse che, se esiste un unico corpo nell'intero immenso spazio mondano, nemmeno Dio stesso potrà muoverlo di moto progressivo <E> (riguardo al moto circolare ammetto infatti che, per mezzo di impulsi contrari in quell'unico corpo, Dio possa produrlo)? Ciò accadrebbe, essi affermano, se non ci fosse che il movimento relativo; ma ciò è assurdo, quindi è necessario che ci sia un moto vero. <F> Rispondo: poiché affermo che non c'è alcun moto se non in relazione ad un altro corpo, senz'alcuna offesa a Dio diremo che egli non può far sì che ci sia una relazione a

75 dico neque unum corpus solitarium quiescens a deo constitui posse, quia
 quies aequae ac motus relativa sunt ad aliud, neque ea de corpore uno
 praedicari possint^v.

Vos autem cum posse dicitis, spatium infinitum et partes ejus immotas
 cogitatis, quarum respectu ut quidque movetur, illud vere moveri vultis.^w

80 Inde autem est quod spatium infinitum immotum ponitis, quia intel-
 ligitis absurdum esse ut^x illud moveri dicatis. cum potius cogitare deberetis
 nec motum nec quietem de spatio ejusmodi praedicari posse.

Potest quidem illud unicum corpus in mundo existens, impressiones
 varias a deo accipere, quid igitur? an non hinc motus in corpore produce-
 tur? <G> si neges: ergone illa impressione nihil efficitur^y? Respondeo. si
 85 motus liber^z esset aliquid in corpore praeter recessum^a ab alio corpore,
 jam aliquid fateor illa impressione effici. quid autem aliud esset? Translatio
 iniquiunt ab uno immobili spatio in aliud, nihil enim aliud certe^b. Ita rursus
 ad ideam istam spatij immoti devenimus.

[11v] <H> Quaerentibus quid sit motus, hoc unum occurrit corpora
 90 moveri dici cum eorum inter se, vel ad alia quaevis situs ac distantia muta-
 tur. quiescere cum servant inter se vel ad alia situm et distantiam.^c nihil
 adhuc aliud de motu concipimus. <I> jam quomodo^d spatium immotum
 concipere te dicitis, cum nihil aliud de quiete^e cognoscas quam hoc ut
 relativa^f sit ad alia corpora^g spatij quiescentis hanc ideam habent, ut si a
 95 foco ad fenestram recedam, manere dicant spatium juxta focum^g a quo
 excessi. sed nimirum cubiculi respectu.

Corpus ex nova impressione novum motum concipere existimant,
 etiam nullius alterius corporis respectu; inque ipso motu violentum quid
 inesse putant, adeo quidem ut rapiditate summa vel disperdi ac^h dissolvi

^v neque ... possint] *ins. i. l.*

^w Atqui idea motus vel quietis non
 nisi corporibus convenit. de spatio au-
 tem absque corpore considerato nec *scr.*
sed p. del.

^x esse ut] # esse *del.*

^y efficitur] agitur *del.*

^z liber] *ins. i. l.*

^a recessum] lationem *del.*

^b nihil enim aliud certe] *ins. i. l.*

^c quiescere ... distantiam.] *ins. i. l.*

^d quomodo] *ins. i. l.*

^e quiete] motu *del.*

^f relativa] relativus *del.*

^g juxta focum] *ins. i. l.*

^h vel disperdi ac] *ins. i. l.*

qualcosa che non esiste, cioè che un solo corpo sia due o più corpi . Allo stesso modo dico che Dio non può nemmeno porre un corpo solitario in quiete, poiché la quiete e il moto sono relativi ad altro e non possono essere predicati di un unico corpo.

Voi invece, poiché dite che ciò è possibile, ritenete infinito lo spazio ed immobili le sue parti e volete che si muova veramente ciò che si muove rispetto ad esse.

Ma la vostra tesi di uno spazio infinito ed immobile nasce da questo, che comprendete che sarebbe assurdo affermarne il movimento, mentre invece dovrete pensare che di un tale spazio non si possono predicare né il moto né la quiete.

Quel corpo unico al mondo può certamente ricevere vari impulsi da Dio; e dunque? Non si produrrà forse del moto in esso, a causa di ciò? <G> Se dici di no, allora quell'impulso non ha alcun effetto. Rispondo: se il moto libero in un corpo fosse qualcosa oltre al suo allontanarsi da un altro corpo, allora ammetto che quell'impulso avrebbe qualche effetto. Ma cos'altro potrebbe essere? La traslazione da uno spazio immobile ad un altro, dicono, certamente nulla di diverso. Ricadiamo così di nuovo in questa idea di uno spazio immobile.

[11v] <H> A chi ricerchi cosa sia il moto, si presenta alla mente solo questo: i corpi si dicono mossi quando varia la loro posizione e distanza tra loro o rispetto ad altri e si dicono in quiete quando rimane eguale. Nient'altro concepiamo finora intorno al movimento. <I> In che modo dunque dici di concepire uno spazio immobile, se della quiete non conosci altro se non che è relativa ad altri corpi? Dello spazio in quiete hanno un'idea come questa: se io arretro dal focolare alla finestra, ad esempio, dicono che lo spazio presso il focolare, dal quale mi sono allontanato, resta fermo. Ma esso è fermo rispetto alla stanza!

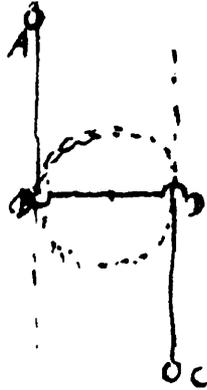
Essi ritengono che, da un nuovo impulso, un corpo riceva un nuovo moto, anche senza riferimento ad alcun altro corpo; e pensano che nel moto stesso risieda qualcosa di violento, al punto che i corpi possono di-

- 100 corpora possint². at mihi nihil efficit in corpore quantacunque impressio, nisi¹ ut situm ac positum ejus¹ mutet aliorum relatione.

posito definito numero fixarum inter se quiescentium, oportet illis incertum esse, utrum maximo motu recto^k omnes una abripiantur, an quiescant.

- 105 Spatium mundanum^l infinite extensum quiescere concipiunt. nempe spatium absque corporis ullius conceptu. Tale vero spatium non est substantia sed nihil continet. Ergo illud nihil quiescet.^m

- Moveatur corpus A in recta AB; corpus vero C in linea CD ipsi AB parallelaⁿ. haec corpora^o inter se ac mutuo respectu moveri cognoscimus. 110 hoc tamen^p fatemini non^q cognosci, quatenus^r utrumque eorum vere^s moveatur. hoc est spatij mundani respectu. <J>



[Fig. 9]

ⁱ nisi] quam *del.*
ⁱ ejus] *ins. i. l.*
^k recto] *ins. i. l.*
^l mundanum] *ins. i. l.*
^m Ergo ... quiescet.] *ins. i. l.* \ Nec terminus aut punctum certum in illo spatio aut extra illud^a designari aut intelligi potest. *scr. sed p. del.*

^a aut extra illud] *ins. marg.*
ⁿ ipsi AB parallela] *ins. i. l.*
^o corpora] *ins. i. l.*
^p hoc tamen] *sed del.*
^q posse *scr. sed p. del.*
^r quatenus] *an del.*
^s vere] *vero motu del.*

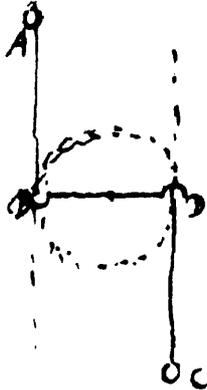
² Cfr. Frammento 7, rr. 126 e sgg.

sperdersi e dissolversi a causa di una grandissima velocità. Secondo me, invece, un impulso, per quanto grande, non produce alcun effetto in un corpo, se non che gli fa mutare distanza e posizione rispetto ad altri corpi.

Posto un numero definito di stelle fisse in riposo tra loro, resta necessariamente incerto, per i nostri oppositori, se esse siano trascinate tutte insieme da un velocissimo moto rettilineo oppure siano in quiete.

Essi pensano che lo spazio mondano infinitamente esteso sia in quiete; ed intendono uno spazio che non comprende alcun corpo. Ma un tale spazio non è sostanza e non contiene nulla. Esso, perciò, non sarà affatto in quiete.

Si muovano il corpo A lungo la retta AB ed il corpo C lungo la retta CD, parallela alla stessa AB. Sappiamo che questi corpi sono in movimento tra loro e l'uno rispetto all'altro. Ammetterete tuttavia che non si sappia in che misura ciascuno di essi sia mosso realmente, cioè rispetto allo spazio mondano. <J>



[Fig. 9]

Ponamus^t jam filum BD^u utrique AB, CD perpendiculare, atque eo loci positum, ut eodem momento A incidat in B, et C in D; sintque unci quidam in B et D, quibus haereant corpora utraque, quo fiet ut rectus
115 eorum motus in circulem vertatur, quem tensione sua filum BD prodet^v.

cum igitur,^w antequam in uncis istos corpora A, B, inciderent, ignoraretur quantum vero motu moverentur; nunc postquam inciderunt, hoc^x sciemus, ac definiemus quantum respectu spatij illius infiniti et immoti concitentur. Hoc certe dici non potest. Recte vero rem perpendiculari^y, manet tantum motus respectivus qui fuit antea. nihilque aliud accidit nisi
120 quod cum antea esset in lineis rectis^z parallelis, nunc sit in partibus circumferentiae oppositis quae similiter inter se parallelae dici possunt, distantia vero corporum quae prius mutabatur continue, nunc invariata maneat, propter vinculum. Ergo et in circulari ejusmodi motu nihil quoque nisi
125 respectivus motus cognoscitur, sicuti in motu solutorum. Idemque de corporis cujus vis^a unius circulari motu super axem putandum est; in quo motus respectivus partium inter se atque etiam respectu centri cognoscitur. quomodo autem se habeat ad spatium infinitum, nec apparet neque etiam respectum aliquem ad hoc habet.^b

^t nunc *scr. sed p. del.*

^u eo loco positum *scr. sed p. del.*

^v prodet] manifestum reddet

^w cum igitur,] sane igitur, cum *del.*

^x postquam inciderunt, hoc] *ins. i. l.*

^y Hoc ... perpendiculari] Minime inquam, *sed del.*

^z rectis] *ins. i. l.*

^a vis] #

^b motus cognoscitur ... habet.] *ins. marg.*

<A> *sed add. marg.*

 haec non inutili^a subtilitate disputantur. est enim plurimum in eo momenti ad demonstrationes legum. *add. marg.*

<C> Haec cum Cartesius recte satis considerasset, tamen consequentias utiles quae inde oriuntur non animadvertit. vidisset alioqui, ex 1^a regula sua de collisione, pendere 6^{am} et 3^{iam}. *add. marg.*

^a inutili] superflua

Poniamo ora un filo BD, perpendicolare ad AB ed a CD e posto in un luogo tale che, nello stesso momento, A incontri B e C incontri D; ci siano poi in B e in D degli uncini, ai quali entrambi i corpi si aggancino. Il loro moto rettilineo si trasformerà così in circolare ed il filo BD lo rivelerà con la propria tensione.

Poiché dunque, prima che i corpi A e B incontrassero questi uncini, si ignorava in che misura essi si muovessero di moto vero, ora, dopo che li hanno incontrati, forse lo sapremo? Potremo definire quanto essi siano agitati rispetto a quello spazio infinito ed immobile? Ciò non si può certo dire. Per chi consideri la cosa in modo corretto, rimane solamente il moto relativo che c'era prima e non accade altro se non che il moto, che prima era lungo rette parallele, ora risiede nelle parti opposte della circonferenza (che possono egualmente essere dette parallele tra loro), mentre la distanza tra i corpi, che prima mutava continuamente, ora resta invariata a causa del vincolo. Anche in un simile moto circolare, dunque, non si conosce che il moto relativo, come nel moto dei corpi liberi. E la stessa cosa bisogna pensare del moto circolare di un unico corpo sul proprio asse; in esso si conosce il moto relativo delle parti tra loro, ed anche rispetto al centro, ma in che modo esso si rapporti allo spazio infinito non si rivela né ha alcuna relazione con questo.

<A> Ma ...

 Non discuto di queste cose per amore di vane sottigliezze; sono infatti di grande importanza nella dimostrazione delle leggi.

<C> Benché avesse considerato queste cose in modo abbastanza esatto, Descartes non si accorse tuttavia delle utili conseguenze che ne derivano. Altrimenti avrebbe visto che dalla sua prima regola dell'urto derivano la sesta e la terza.

<D> consideratio motus terrae an non hic verus sit dicendus. *add. marg.*

<E> forsitan nil opus est deum hisce admisceri. *add. marg.*

<F> Respondeo. an quaeris num deus possit movere antea quiescens an motum? vides igitur jam ponere te quietem aut motum; quod est illud quod quaeritur. Ego vero neutrum dari dico posito uno corpore in rerum natura. Itaque neque facere deus potest ut corpus illud unicum quiescat, quia scilicet nulla notio est quietis nisi respective ad alia corpora. *add. marg.*

<G> Imo efficitur ut imprimentis respectu moveatur, praeterea nihil. *add. marg.*

<H> diversa sunt spatia in quibus corpora A et B in hoc instanti, Ergo datur motus unius corporis de spatio in spatium. Respondeo, diversa sunt illa spatia mutuo respectu, vel corporum A et B ipsa occupantium, non autem diversa aut certa^b respectu spatij mundani infiniti, cum neutrum ad hoc ullo modo definitum sit. *add. marg. superiore*

<I> Frustra inquiritur^c quis sit verus motus iste, cui bono enim? Nostri vero principij, nempe motum non alium quam relativum esse, utilitas et consequentiae insignes sunt. Velut quod concesso, corpus quiescens perseverare in quiete nisi ab alio pellatur, hinc sequitur necessario, corpus libere motum pergere moveri eadem celeritate nisi ab alio impediatur. nihil enim interest inter simul libere moveri, et simul quiescere. *add. marg.*

<J> si dicunt jam certo cognosci vero circulari motu^d corpora A B moveri. Respondebo et antea cum in lineis rectis ferebantur verum inter ea motum me agnovisse. sed debebas dicere quantum respectu spatij immoti moveantur. *add. marg.*

^b aut certa] *ins. i. l.*

^c inquiritur] quaeritur *del.*

^d inter *scr. sed p. del.*

<D> La considerazione del moto terrestre; se non si debba qui dire che esso è vero.

<E> Forse non è necessario implicare Dio in questi argomenti.

<F> Rispondo: chiedi forse se Dio possa muovere un corpo già prima in quiete o mosso? Vedi dunque che stai già ponendo la quiete ed il moto, che è appunto ciò su cui stiamo indagando? Io dico che non ci sono né moto né quiete, se nel mondo c'è un corpo solo. Dio non può dunque nemmeno fare che quel corpo solitario sia in quiete, proprio perché non c'è alcun concetto di quiete se non relativamente ad altri corpi.

<G> Senza dubbio, si fa sì che si muova rispetto a chi gli ha dato l'impulso; ma niente di più.

<H> Gli spazi nei quali si trovano in questo istante i corpi A e B sono diversi, quindi c'è il moto di un corpo da uno spazio all'altro. Rispondo: quegli spazi sono diversi l'uno rispetto all'altro, rispetto ai corpi A e B che li occupano, ma non sono diversi o determinati rispetto allo spazio infinito del mondo, poiché non possono in alcun modo essere definiti rispetto ad esso.

<I> Invano si indaga su quale sia questo moto vero; a che scopo, infatti? L'utilità e le conseguenze del nostro principio, secondo il quale non c'altro moto che quello relativo, sono invece rilevanti. Ad esempio, concesso che un corpo in quiete rimane in quiete se non è spinto da un altro, da esso segue necessariamente che un corpo liberamente mosso continua a muoversi con la stessa velocità se non è impedito da un altro. Non c'è infatti alcuna differenza tra il moto e la quiete relativi di corpi liberi.

<J> Se dicono che si sa già con certezza che i corpi A e B sono mossi di moto circolare vero, risponderò che anche prima, quando si spostavano in linea retta, sapevo che c'era un vero moto tra loro. Ma dovevi dire quanto moto essi abbiano rispetto allo spazio del mondo.

<FRAMMENTO 7>

[15r] Cum corpora duo ut in se mutuo impingant efficimus, quae nobiscum jam ante motu quodam communi et aequabili ferebantur, haud aliter illa ab occurso vel resilire vel conjuncta ferri, respectu nostri qui eodem communi motu deferimur, ac si omnibus adventitius ille motus
5 abesset.

Veluti si quis in navi sedens^a quae aequabili motu provehitur duos aequales globulos ex ebore vel alia materia dura, inter se collidat, eos aequali quoque celeritate repercussum iri, vectoris hujus respectu, ipsarumque partium navis; prorsus eodem modo ac^b in navi quiescente, aut in terra
10 posito contingeret.

Ac facile hoc ita se habere concedent, qui sciunt in navi quae aequabili cursu fertur, caetera omnia quae ad motum spectant eadem ratione evenire, atque in terra consistentibus. neque ullo motu corporum aut repercussione quae intra navem accidunt, deprehendi posse utrum ea pergat
15 aequaliter an immota maneat. Uti quoque nihilo magis ex motu corporum cadentium aut projectorum, aut^c in se impingentium internosci posse, utrum Terra moveatur an quiescat. Nam qui hinc argumenta petierunt ad demonstrandam ejus quietem, eos jam diu Galileus alijque plurimi viri eruditi confutaverunt¹. Qui igitur Terram quiescere volunt, ijs experimenta

^a in navi sedens] navi vectus *del.*

^c aut] vel *ins. i. l.*

^b prorsus eodem modo ac] #

* Il Frammento 7 comprende il foglio doppio H3 (con l'aggiunta di un foglietto attaccato poco sotto la metà della terza pagina con una goccia di ceralacca) ed il foglio semplice H4 (anch'esso con l'aggiunta di un foglietto, ora staccato ma un tempo unito con una goccia di ceralacca a metà circa della prima pagina) della classificazione di Korteweg, e corrisponde dunque ai ff. 15r-v, 17r-v, 16r-v, 19r-v, 18r-v del *Codex 7A*; nell'angolo inferiore sinistro del f. 17v Huygens anticipa infatti le prime due parole, « Quod mirum », del f. 19r. La redazione è posteriore a quella del Frammento 8 e del Frammento 11, interi passi dei quali si ritrovano qui in forma assai più corretta; non condivido pertanto l'opinione dei curatori dell'edizione nazionale, che giudicano questo

FRAMMENTO 7

[15r] Se facciamo in modo che si scontrino due corpi che, già prima, si spostavano insieme a noi con moto comune ed uniforme, dopo l'urto essi non rimbalzano né si muovono congiuntamente, rispetto a noi che ci spostiamo con il medesimo moto comune, diversamente che se quel moto avventizio mancasse a tutti.

Ad esempio, se qualcuno, seduto su una nave che avanza con moto uniforme, fa urtare tra loro due sfere eguali di avorio, o di altra materia dura, esse si rifletteranno anche con eguale velocità, rispetto al navigante ed alle stesse parti della nave; e ciò accadrebbe esattamente come se egli si trovasse su una nave in quiete o sulla terraferma.

E che sia così, lo concederà facilmente chi sa che, su una nave mossa uniformemente, tutto ciò che riguarda il movimento avviene come per chi si trova sulla terraferma e che da nessun movimento o riflessione dei corpi sulla nave si può arguire se essa avanzi uniformemente o resti immobile. E così nemmeno dal moto dei gravi o dei proietti, o da quello dei corpi che si scontrano, si può meglio distinguere se la Terra sia mossa o in quiete. Già da tempo, infatti, Galileo e molti altri eruditi hanno confutato coloro che cercarono di trarre da qui argomenti per dimostrarne la quiete. A coloro che affermano che la Terra è in quiete, dunque, questi esperimenti condotti sulla nave proveranno la verità del principio che abbiamo assunto. Quelli che considerano invece la Terra in movimento, come fanno ora

frammento il più antico di tutti (ad eccezione del Frammento 12), e ritengo che esso sia sicuramente posteriore al 1688. Nel f. 18v compare un disegno, sicuramente estraneo al testo, che è stato tralasciato.

¹ Cfr. le note 1 e 2 al Frammento 8.

- 20 ista in navi peracta veritatem adsumti Principij comprobabunt. Qui vero Terram moveri statuunt, ut fere nunc omnes Astronomi ac Philosophi, ij dubitare nequeunt, quin perinde^d omnia eveniant in navi vectis, atque in Terra stantibus, cum sciant non magis hos quam illos quiescere, adeoque omnes motus de quibus hic agemus^e respective ad alia corpora accipiendos esse.
- 25 esse. Quid enim? an inquirere juberent quid fiat in motibus veris veraque quiete. Hoc quidem nemo exegit eorum qui de hisce percussionum legibus egerunt, sed quid nobis^f contingat in Terra versantibus quaesiverunt. quo omnis utilitas hujus investigationis continetur. Sed nec ultra quaeri quicquam potest. Nam si quis hoc existimet non sufficere, is ostendat oportet
- 30 quid sit in mundo quod vere moveatur aut vere quiescat. In quo frustra laborabit, neque unquam exitum inveniet. Quinimo si diligenter inspiciamus motus naturam, inveniemus verum istum motum veramque quietem, quomodo plerique omnes intelligunt, [15v] non solum cognosci non posse, sed neque esse omnino in rerum natura. Quod paradoxon novum atque
- 35 a veritate alienum permultis visum iri non dubito, quando quidem omnes qui de motu egerunt, quorum quidem scripta videre mihi contigit, (uno tantum Cartesio excepto^g qui aliquid amplius hic vidit, sed quo tamen uti nescivit)^h vel ponunt hoc tanquam certissimum, vel silentio agnoscunt,ⁱ quaedam scilicet^j corpora vere quiescere, aut vere^k moveri, prout in spatio mundano locum eundem servant, vel alio permutant^l; quaedam aestimatione tantum^m aliorum ita se habereⁿ quae ut quiescentia spectentur^o. Quo majus operaepretium fore^p videtur, si communem hunc errorem evellere conemur. Neque tamen ab hac demonstratione, quam praevideo non aequae omnibus intelligendam, sequentium Theorematum veritas pendebit, sed maxime^q ab eo quod jam sumsimus principio; tum ab alijs quibusdam nihilo minus certis quae postmodo adferemus.

^d perinde] eodem modo *del.*

^e agemus] inquirimus *del.*

^f nobis] *ins. i. l.*

^g excepto] #

^h (uno ... nescivit)] *ins. marg.*

ⁱ vel ponunt ... agnoscunt,] existimant *del.*

^j quaedam scilicet] quendam esse # *del.*

^k aut vere] quaedam *sive* vel *sive* aut *del.*

^l prout ... permutant] quae nem-

pe^a in spatio mundano loco suo eodem manere perseverant, vel in hoc^b locum mutant *del.*

^a quae nempe] ut quietem tribuunt ijs quae *del.*

^b vel in hoc] motum ijs quae in hoc spatio *del.*

^m tantum] *ins. i. l.*

ⁿ ita se habere] *ins. i. l.*

^o spectantur] spectentur *del.*

^p fore] *ins. i. l.*

^q maxime] partim *del.*

quasi tutti gli astronomi ed i filosofi, non possono dubitare che tutto avvenga egualmente per chi è trasportato da una nave e per chi si trova sulla terraferma, poiché sanno che il primo non è in quiete più del secondo e che tutti i moti che qui considereremo, pertanto, sono da intendersi in relazione ad altri corpi. Ma come? Qualcuno potrebbe forse invitarmi a ricercare cosa avvenga nei moti e nella quiete veri? Ma questo non lo ha in realtà preteso nessuno di coloro che hanno trattato queste leggi dell'urto; essi ricercarono soltanto che cosa avvenga a noi che ci troviamo sulla Terra, questione nella quale è contenuta tutta l'utilità di questa indagine ed oltre la quale non si può cercare di sapere nient'altro. Se infatti qualcuno pensa che questo non sia sufficiente, è necessario che mostri che cosa sia veramente in moto o in quiete nel mondo. Ma in questo si affaticherà inutilmente e non raggiungerà mai alcun risultato. Ed anzi, se esaminiamo con cura la natura del moto, troveremo che questo vero moto e questa vera quiete, quali li intendono quasi tutti, [15v] non solo non possono essere conosciuti ma neanche esistono in alcun modo in natura. Non dubito che questo sembrerà a moltissimi un paradosso strano e lontano dal vero, dal momento che tutti coloro che hanno trattato del moto, ed i cui scritti mi è capitato di vedere (eccettuato il solo Descartes, che in questo vide un po' più lontano degli altri ma non seppe avvalersene), o pongono come cosa certissima che i corpi sono realmente in quiete o in movimento a seconda che conservino il medesimo luogo nello spazio mondano o lo cambino con un altro, oppure lo riconoscono con il loro silenzio. Ma il moto e la quiete possono essere detti tali soltanto in relazione ad altri corpi che siano considerati come immobili. Per questo sembra che valga ancor più la pena tentare di sradicare quest'errore comune. La verità dei teoremi che seguono non dipende tuttavia da questa dimostrazione, che prevedo non possa essere egualmente compresa da tutti, ma soprattutto da quel principio che abbiamo già assunto e da taluni altri, non meno certi, che addurremo in seguito.

Qui itaque Tellurem^r hanc immobilem plane imaginantur, dicent corpus illud^s quod omnibus sui partibus respectu Telluris^t eundem locum servat, vere quiescere, moveri vero vere, quod vel totum, vel partibus suis, 50 ejusdem respectu locum permutat. quibus vero Tellus movetur,^u forsitan dicent stellas, quas fixas vocamus, vera illa quiete frui^v. Utrique autem, si interrogentur quid sit sic vere^w quiescere, non aliud quod respondeant habent, nisi hoc contingere cum corpus quodpiam atque omnes partes ejus, eundem locum servant in spatio mundi universi. Sed quoniam spatio 55 hoc infinite extenditur in omnem partem, nullis finibus circumscriptum, nihil medium aut extremum habens; hoc enim^x apertius est quam ut probatione indigeat; fateantur necesse est, nihil esse unde certus locus illic definiri possit; neque etiam esse quo locus a loco differat, ejusdem spatij infiniti respectu. Nam cum ipsum immobile dicunt, quo et partes in ipso 60 immobiles inveniant, nescio quem conceptum habeant hujus immobilitatis; sed non meminerunt^y, hoc ipsum adhuc quaeri, quid sit esse immobile, adeoque in circulum quem vocant incidunt^z. Viderunt puto, absurdum fore^a, si dicerent spatium mundi infinitum moveri, atque ita^b concluderunt ipsum^c quiescere. Cum potius cogitare^d debuissent, neque quietem neque 65 motum spatio isti convenire, sed corporibus tantum; vel improprie ijs spatij quae a corpore occupantur, vel includuntur: veluti si^e spatium amphorae una cum amphora moveri dicamus, aliorum corporum respectu.

nulla igitur est^f [20v] mutatio loci respectu spatij mundani.

[17r] Constat igitur nihil obstare quin Stellas fixas inter se quiescere 70 dicamus^g ac respectu mutuo, non autem aliam insuper quietem illis tribui posse quae vera dicenda sit. Eademque ratio est in alijs corporibus quibuslibet, ut nimirum quiescere dici nequeant nisi unius vel plurium^h respectu

^r itaque Tellurem] igitur Terram
del.

^s illud] omne *del.*

^t omnibus ... Telluris] ejus respectu *del.*

^u possent *scr. sed p. del.*

^v vera illa quiete frui] quiescere
del.

^w sic vere] *ins. i. l.*

^x hoc enim] quod *del.*

^y meminerunt] intelligunt *del.*

^z in ... incidunt] circulum efficiunt
del.

^a fore] esse *del.*

^b ita] idcirco *del.*

^c ipsum] *ins. i. l.*

^d cogitare] considerare *del.*

^e si] *ins. i. l.*

^f *verba continuantur in f. 20v*

^g nihil ... dicamus] stellas fixas recte dici inter se quiescere *del.*

^h dici ... plurium] dicantur eorum
del.

Coloro che immaginano questa Terra del tutto immobile, dunque, diranno veramente in quiete quel corpo che, con tutte le sue parti, conserva il medesimo luogo rispetto alla Terra e veramente in moto, invece, quello che, nel suo insieme o con le sue parti, cambia luogo rispetto ad essa. Coloro per i quali la Terra si muove, invece, diranno forse che le stelle, che chiamiamo fisse, godono di quella vera quiete. Gli uni e gli altri tuttavia, se interrogati su che cosa significhi essere veramente in quiete, non hanno altro da rispondere se non che ciò accade quando un corpo e tutte le sue parti conservano il medesimo luogo nello spazio del mondo universo. Ma poiché questo spazio si estende infinitamente in ogni parte, non è racchiuso in alcun limite e non ha centro né estremità (ciò infatti è troppo evidente per avere bisogno di prova), essi devono ammettere che non c'è nulla che consenta di definire in esso un luogo determinato e nemmeno qualcosa per cui, rispetto ad esso, un luogo si differenzi da un altro. Quando dicono infatti che lo spazio infinito è immobile, al fine che anche le sue parti risultino immobili, non so che concetto abbiano di questa immobilità; ma non rammentano che stiamo ancora ricercando appunto che cosa significhi essere immobile e cadono perciò in quello che si dice un circolo vizioso. Penso che abbiano visto che sarebbe assurdo dire che lo spazio infinito del mondo si muove e concluderono così che esso è in quiete, mentre avrebbero dovuto piuttosto pensare che né il moto né la quiete possono essere attribuiti a questo spazio, bensì ai soli corpi o, ma impropriamente, agli spazi occupati da un corpo o racchiusi in esso; ad esempio, quando diciamo che, rispetto ad altri corpi, lo spazio di un'anfora si muove insieme ad essa.

Non vi è dunque alcun [20v] mutamento di luogo rispetto allo spazio mondano.

[17r] È evidente perciò che nulla ci impedisce di dire che le stelle fisse sono in quiete tra loro, l'una rispetto alle altre, ma, oltre a questa quiete, non se ne può attribuire loro un'altra che debba dirsi vera. La medesima ragione vale per gli altri corpi, che non possono essere detti in

quibuscum eundem positum eandemque servant distantiam. nec moveri nisi aliorum item respectu quibuscum ista eadem commutant.ⁱ

75 ⁱ Quae autem contra haec adferri possint non pauca^k mihi in mentem venerunt, quorum praecipua hic exponere^l placet.

Quid si fingamus^m, dicet aliquis², unicum tantum corpus in toto mundi spatio existere, hoc igitur moveri non poterit, quia nihil est ad quod ejus motus referatur? quo quid absurdius?ⁿ Respondeo neque quiescere
80 illud posse, quia utrumque hoc quiescere et moveri respective tantum intelligi potest^o, In spatio autem infinito, si nullum praeterea corpus extet, nihil est quo habeatur respectus. Si enim quaeram qua in re consistat aut motus aut quies unci hujus corporis, non habent quod respondeant, nisi in hoc quod vel^p servabit vel mutabit locum suum in spatio mundi cum totum
85 tum partibus suis omnibus^q. Atqui si nihil est illius spatij respectu^r, quo locus a loco differat^s, ut jam ante diximus^t, non erit utique nec loci mutatio; <A> ac rursus si non est illic^u unde locus idem esse dicatur,^v nec ullum I b i, non erit requies in eodem loco; sed totum illud quiescere aut moveri nequaquam pertinebit ad corpus illud unicum.^w

90 [16r] Ils diront que quoyqu'il n'y ait rien dans l'espace infini et vuide par ou designer la diversitè des lieux, il est pourtant certain que supposant les corps A et B distans de 3. pieds^x le lieu du corps A est different du lieu du corps B^y. Et qu'ainsi le corps A estant poussè vers le lieu^z ou est main-

ⁱ nec ... commutant.] *sublineatur
et marg. add. non bene.

^j Sed scr. sed p. del.

^k non pauca] nonnulla

^l exponere] #

^m fingamus] ponamus

ⁿ quo quid absurdius?] ins. i. l.

^o potest] possunt del.

^p manebit scr. sed p. del.

^q cum ... omnibus] ins. i. l.

^r illius spatij respectu] in illo spatio del.

^s illius ... differat] quod identitatem, ut ita dicam, loci designet in spatio isto del.

^t diximus] ostensum fuit del.

^u illic] ins. i. l.

^v adeoque scr. sed p. del.

^w expositio continuatur in f. 16

^x p. ms. \ \ supposant ... pieds] ins.

i. l.

^y qui en est distant de 3 pieds scr.

sed p. del.

^z estant ... lieu] # \ \ lieu lieu ms.

² Huygens pensa forse all'obiezione mossagli nel 1669 da William Neile, membro della Royal Society; cfr. *supra*, pp. 55 e sgg.

quiete se non relativamente ad uno o più altri rispetto ai quali mantengano la medesima posizione e distanza ed, egualmente, non possono essere detti in movimento che relativamente ad altri rispetto ai quali le mutino.

Ho pensato a molte obiezioni che si potrebbero addurre contro questi argomenti e voglio qui esporre le principali.

Che accade, dirà qualcuno, se fingiamo che esista un unico corpo nell'intero spazio del mondo? Esso non potrà dunque muoversi perché non c'è nulla a cui riferire il suo moto? Cosa c'è di più assurdo di questo? Rispondo che esso non può nemmeno essere in quiete, perché questa quiete e questo moto possono essere intesi solo relativamente; ma nello spazio infinito, se non esiste alcun altro corpo, non vi è nulla con cui esso possa avere relazione. Se io chiedo in che cosa consistano il moto o la quiete di quell'unico corpo, infatti, essi non hanno altro da rispondere se non che consisteranno nel mantenere o nel mutare luogo nello spazio del mondo, da parte del corpo nel suo insieme e di tutte le sue parti. Ma se, come abbiamo già detto, rispetto a quello spazio non vi è nulla per cui un luogo si differenzi da un altro, tanto meno vi sarà mutamento di luogo; <A> e, di nuovo, se non c'è nulla in esso che consenta di definire un medesimo luogo, né alcun "ivi", nemmeno ci sarà un rimanere nel medesimo luogo e quella quiete e quel moto non riguarderanno in alcun modo quel corpo unico.

[16r] Essi diranno che, benché nello spazio infinito e vuoto non ci sia nulla che consenta di determinare la diversità dei luoghi, è tuttavia certo che, supponendo i corpi A e B distanti 3 piedi, il luogo di A è differente da quello di B. E dunque il corpo A, essendo spinto verso il luogo dove si

tenant B, se mouvra. Je repons vous concevez les corps A et B et leurs
 95 lieux^a comme immobiles devant le mouvement de A;^b non pas seulement^c
 entre eux, mais aussi a l'égard de l'univers. Car si vous pouvez consentir
 qu'ils soient en mouvement^d, il se pourra que le corps A estant poussé et^e
 allant vers le lieu qu'occupe B, soit en repos, scavoir si A et B se
 100 mouvoient^f du commencement avec autant de vitesse vers le costè con-
 traire. Mais vous dites qu'A se meut en allant vers B. Vous concevez donc
 une immobilité a l'égard de l'espace mondain infini, ce qui est retourner a
 la fausse idée de cy devant.

Quelqu'un dira encore, nous ne pouvons pas peutestre scavoir en
 quoy consiste le mouvement, mais scavons seulement qu'un corps qui a
 105 receu de l'impulsion se meut. Je repons, cum Ideam motus non aliunde
 habeamus quam ex mutatione positus corporis alicujus, vel partium ejus
 (ut in motu circulari) ad alia corpora, nullum proinde motum imaginari
 possumus, quin etiam positus mutationem contingere concipiamus, quia
 non potest motus intelligi cui non conveniat idea mous. Et jam vidimus
 110 non sequi ut [16v] corpus quod impulsus est, moveatur.

[17r] Instabunt vero rursus, quid si^g mecum pila^h A in mundo exi-
 stat, ac praeterea nihil, atque ego eam a me repellamⁱ, nunquid^j durabit
 impressio,^k in pila^l A, qua scilicet fiet ut continue aequaliter a me
 recedat?^m Quod si jam ego qui impulsi in nihilum redigar, an non durabit
 115 etiam postea impressio in pilaⁿ A facta? Si autem durat, ergo jam movebi-
 tur absque mei respectu aut alterius rei cujusquam, aut certe aliquid habe-
 bit pila^o A, quod non habebat antequam mea opera impelleretur. Respon-
 deo impulsu pilae^p A effectum esse ut existat motus inter te atque illam,
 sive ut respectu mutuo moveamini, non enim tunc tu magis quiescere dici

^a et leurs lieux] *ins. i. l.* \\\ leur *ms.*

^b et *scr. sed p. del.*

^c comme immobiles *scr. sed p. del.*

^d en mouvement] mobiles *del.*

^e estant poussé et] en *del.*

^f et B se mouvoient] se mouvoit
del.

^g ego *scr. sed p. del.*

^h pila] globus *del.*

ⁱ a me repellam] impellam *del.*

^j nunquid] nunquid ipsi motum
conferam. Imo vero inquam tui respectu

a quo fugit; non potes autem dicere ip-
sam moveri respectu spatij mundani,^a
secundum ea quae jam adduximus.
Atqui *del.*

^a propter eam *scr. sed p. del.*

^k dicent, *scr. sed p. del.*

^l pila] globo *del.*

^m a me recedat?] pergat mei re-
spectu. *del.*

ⁿ pila] globo *del.*

^o pila] globus *del.*

^p pilae] globi *del.*

trova ora B, si muoverà. Rispondo: voi concepite i corpi A e B ed i loro luoghi come immobili, prima del movimento di A, non solo tra loro ma anche rispetto all'universo. Infatti, se voi potete ammettere che essi siano in movimento, allora si potrà dare che il corpo A, essendo spinto ed andando verso il luogo occupato da B, sia in quiete e precisamente nel caso che A e B, inizialmente, si muovessero con altrettanta velocità nella direzione opposta. Ma voi dite che A si muove, quando va verso B; dunque concepite un'immobilità rispetto allo spazio mondano infinito. E questo significa ritornare alla falsa idea di prima.

Qualcuno dirà ancora: forse non possiamo sapere in che cosa consista il movimento, però sappiamo almeno che un corpo che ha ricevuto una spinta si muove. Rispondo: poiché non deriviamo l'idea di moto che dal mutamento di posizione di un corpo (o delle sue parti, come accade nel moto circolare) rispetto ad altri corpi, non possiamo immaginare alcun moto senza pensare anche che questo mutamento di posizione si produca, in quanto non è possibile intendere un movimento al quale non si adatti l'idea di movimento. Ed abbiamo già visto che, dal fatto che un corpo sia stato spinto, [16v] non consegue che esso si muova.

[17r] Ma essi insisteranno ancora: se oltre a me non esistesse nel mondo altro che la sfera A ed io la spingessi via da me, non si manterrebbe forse in essa l'impulso per il quale, appunto, essa continua ad allontanarsi da me con moto uniforme? E se ora io che l'ho spinta vengo ridotto al nulla, non si manterrà forse anche in seguito l'impulso esercitato su A? Ma, se si mantiene, allora la sfera A si muoverà anche senza alcuna relazione a me o a qualsiasi altra cosa, oppure avrà certamente qualcosa che non aveva prima che io la spingessi con la mia azione. Rispondo: spingendo la sfera A, hai fatto sì che ci sia un moto tra te ed essa, ossia che vi muoviate l'uno rispetto all'altra; non si poteva infatti dire che, prima, fossi in quiete più tu

- 120 poteras quam ipsa pila^q A; neque enim ante [17v] impulsus uterque quiescere dici poteratis nisi inter vos. Sicut igitur redacta ad nihilum pila^r A, non potest dici te moveri, per ante dicta sic neque te sublato dici potest moveri pila A nec erit aliquid in illa quod non erat antequam impelleretur. In hoc enim errari solet, quod qualitatem aut vim impressam, aut impetum
- 125 in corporibus existere postquam impulsa fuerint, imaginamur, quorum virtute moveantur; adeo ut sint qui existiment violentia quadam affici corpora perniciosissime^s mota^t, eoque fieri posse ut^u glandes plumbeae in medio cursu liquescant³. quod profecto si fiat^v, non propter motus velocitatem contingeret^w, sed propter aeris occursum atque attritum^x. Ex motu enim
- 130 quamlibet intenso^y corpora nihil accipiunt neque patiuntur^z praeter hoc ipsum quod aliorum respectu distantiam aut positum immutent^a.

Hoc porro semper ita ex aequo utrisque convenit, ut nunquam magis A moveatur respectu B, quam B respectu A. Unde etiam hoc consequitur, ut si corpora A, B, mutuo respectu quiescant, solaque tecum in mundo

135 existere ponantur, sitque A millecuplo majus quam B, tamen sive tu A ita impuleris ut certa celeritate a B discedat; sive B impuleris ut eadem illa celeritate discedat ab A; idem prorsus (omisso tui respectu),^b effeceris; etsi hoc posterius multo minori labore constiterit quam prius istud.

140 Pleraque haec mira videbuntur, ac forsitan absurda atque aliena ijs qui noviter in ea incident. at serio diligenterque perpendenti vera esse apparebit. Neque enim quicquam opponi potest quod non ex jam dictis facile explicetur. Sed jam ulterius obscuram hanc motus naturam pervestigare pergamus.

^q ipsa pila] ipse globus *del.*
^r redacta ad nihilum pila] redacto ad nihilum globo *del.*
^s perniciosissime] celerrime
^t mota] *ins. i. l.*
^u posse ut] #
^v fiat] fit *del.*

^w contingeret] contingit *del.*
^x atque attritum] *ins. i. l.*
^y quamlibet intenso] *ins. i. l.*
^z patiuntur] habent *del.*
^a immutent] mutant *del.*
^b (omisso tui respectu),] *ins. i. l.*

³ Cfr. Galileo Galilei, *Il Saggiatore*, in *Le Opere di Galileo Galilei*, cit., VI, pp. 336 e sgg.

che non la sfera stessa. Prima dell'impulso, infatti, [17v] nessuno poteva essere detto in quiete, se non rispetto all'altro. Così dunque come, ridotta al nulla la sfera A, non si può dire che tu ti muova, allo stesso modo, per quanto si è detto prima, non si può dire che, tolto te, si muova la sfera A e nemmeno ci sarà in essa qualcosa che non c'era prima che fosse spinta. In questo, infatti, si sbaglia di solito: ci si immagina che nei corpi, dopo che sono stati spinti, risieda una qualità o una forza impressa o un impeto in virtù dei quali essi si muovono. Al punto che c'è chi ritiene che nei corpi rapidissimamente mossi risieda una qualche violenza e che possa perciò accadere che i proiettili di piombo si liquefacciano durante il loro tragitto. Se ciò accade, non è certamente per la velocità del moto ma per la resistenza e l'attrito dell'aria. Da un moto, per quanto intenso, i corpi non ricevono o subiscono altro, infatti, che un mutamento di distanza o di posizione rispetto ad altri corpi.

Inoltre questo vale sempre in modo eguale per entrambi, così che mai A si muove rispetto a B più di quanto B si muova rispetto ad A. Ne consegue anche che se i corpi A e B sono in quiete l'uno rispetto all'altro e si pone che nel mondo, oltre a te, esistano soltanto essi e che A sia mille volte più grande di B, tuttavia, sia che tu spinga A in modo che si allontani con una determinata velocità da B, sia che tu spinga B in modo che si allontani con la medesima velocità da A, avrai prodotto esattamente lo stesso effetto (a parte il riferimento a te), benché quest'ultima azione sia costata molta meno fatica della prima.

Queste cose appariranno per la maggior parte straordinarie e forse assurde ed insensate, a chi vi si imbatte per la prima volta. Ma a chi rifletta con serietà ed attenzione, apparirà chiaramente che sono vere. Non si può infatti obiettare nulla che non si spieghi facilmente a partire da quanto abbiamo già detto. Ma ora proseguiamo ad esaminare più a fondo questa oscura natura del movimento.

145 Binis corporibus inter se motis distantiamque mutantibus, non potest ex solo motu ipsorum cognosci^c utrum e duobus impulsus fuerit^d, an utraque. Neque item si 3 aut plura fuerint quae sic moventur. Ex solo inquam ipsorum motu, nam si ex. gr. cymbam in lacu progredi cernam^e non dubitabo^f utique cymbam aut hominis aut venti vi impulsam^g fuisse non autem Terrae totius motione id effectum^h.

150 Itaque quodlibet corpus ut immotum spectari potest, ad quod caeterorum motus ac celeritatesⁱ referantur. ac propterea cum in sequentibus dicemus hac illave celeritate corpora quaedam ferri, hoc ita se habere respectu certorum quae ut quiescentia considerantur intelligendum erit.^j

155 Quoniam vero^k nullam quietem corporum esse ostendimus nisi inter se, ac^l mutuo respectu, videndum jam^m estⁿ quatenam corpora inter se quiescant. Certe non alijs hoc convenit nisi quae^o distantiam eandem positumque servant mutuo respectu. Sed non ideo quaecunque distantiam eandem positumque mutuo respectu^p servant, inter se quiescunt.

160 [19r] Quod mirum rursus videbitur, sed ad explicandam motus circularis naturam ita necessario statuendum est^q, ut mox patebit.

Sciendum itaque quiescere inter se corpora, quae cum nullo vinculo aut obice continentur quominus singula libere^r a se mutuo^s recedant, tamen situm distantiamque inter se^t eandem servant. Ut si globuli perfecta rotunditate in plana mensae superficie dispositi, nusquam discedant, eos

^c non ... cognosci] nullo modo cognosci potest *del.*

^d fuerint *ms.*

^e progredi cernam] a ripa repulem *del.*

^f non dubitabo] #

^g vi impulsam] opera agitatam *del.*

^h cymbam ... effectum] cymbae impulsus non autem Terrae totius motione id effectum esse *del.*

ⁱ ac celeritates] *ins. i. l.*

^j Cum vero in linea recta quidpiam moveri dicemus, sciendum est quid *scr. sed p. del.*

^k Quoniam vero] #

^l ostendimus ... ac] nisi *del.*

^m jam] etiam *del.*

ⁿ videndum jam est] jam videndum^a superest *del.*

^a videndum] dicendum *del.*

^o Certe ... quae] Etenim quae inter se quiescunt ea^a *del.*

^a quiescunt ea] *ins. i. l.*

^p mutuo respectu] inter se *del.*

^q ad ... est] ex circularis motus contemplatione necessario deducitur *del.*

^r moveantur atque *scr. sed p. del.*

^s mutuo] *ins. i. l.*

^t inter se] *ins. i. l.*

Dal solo moto di due corpi mossi tra loro, che mutano la distanza reciproca, non si può sapere quale sia stato spinto o se lo siano stati entrambi. E ciò non è possibile nemmeno se a muoversi così sono tre o più corpi. Dal solo loro moto, dico, perché se vedo, ad esempio, una barca che avanza in un lago, riterrò senza alcun dubbio che essa sia stata spinta dalla forza di un uomo o del vento, non certo che quel moto sia stato causato dallo spostamento della Terra intera.

Si può dunque considerare qualsiasi corpo come immobile e riferire ad esso i moti e le velocità degli altri; nel seguito, quando diremo che certi corpi si muovono con questa o quella velocità, bisognerà pertanto intendere che ciò si definisce in rapporto a determinati corpi che sono considerati in quiete.

Ma poiché abbiamo mostrato che i corpi non sono in quiete che tra loro e l'uno rispetto all'altro, bisogna ora vedere quelli in quiete tra loro quali siano. Certamente ciò non si può affermare che di corpi che mantengono la medesima distanza e posizione l'uno rispetto all'altro; ma non per questo sono in quiete tra loro tutti quelli che mantengono la medesima distanza e posizione l'uno rispetto all'altro.

[19r] E, nuovamente, ciò potrà sembrare strano ma, come sarà presto chiaro, è necessario stabilirlo per spiegare la natura del movimento circolare.

Bisogna dunque sapere che sono in quiete tra loro quei corpi che, senza essere impediti da alcun vincolo od ostacolo ad allontanarsi liberamente l'uno dall'altro, mantengono tuttavia la medesima distanza e posizione tra loro. Se, ad esempio, delle sfere perfettamente rotonde, disposte

- 165 inter se quiescere ac mensae^u illius respectu dicemus; atque ipsius quoque^v mensae partes tunc inter se quiescere.^w

170 Quodsi vero ita inter se quiescentium respectu, corpus aliud libere et sine obstaculo ullo^x moveatur, id lineam rectam eorundem respectu percurreret, progressuque aequabili^y feretur. Atque hoc Principij loco habendum est, ^z quod cum^a experientia manifesto comprobatur a plurimis ante nos sumtum fuit. ^b quanquam et hac ratione nititur^c, quod aequae rationi consentaneum sit^d corpora mutuo respectu mota, si nullum occurrat impedimentum, moveri pergere neque in ullam partem^e declinare, quam inter se quiescentia si nil aliud accidat perseverare in quiete^f.

175 Ex hoc vero motu ad corpora inter se quiescentia relato^g, intelligi ac definiiri^h demum potest quid sit in linea recta libereⁱ et aequabiliter moveri. adeo ut^j nec cursus rectus et aequabilis navigij^k, supra adductus explicando priore^l Assumpto nostro, alia ratione talis^m censi queat, quam partium terrae inter se quiescentium respectuⁿ.

180 ^o Quoniam vero positis corporibus inter se quiescentibus, plura alia ipsorum respectu secundum diversas lineas rectas moveri possunt, hae lineae^p tunc diversae motuum directiones^q dicuntur.^r

^u quoque *scr. sed p. del.*
^v ipsius quoque] hinc cognoscetur etiam *del.*
^w atque ... quiescere.] *ins. i. l.*
^x et sine obstaculo ullo] *ins. i. l.*
^y progressuque aequabili] et aequaliter *del.*
^z est,] *ins. i. l.*
^a cum] et *del.*
^b tum ... fuit.] *ins. i. l.*
^c et hac ratione nititur] et motus continuatio ratione hac nitatur *del.*
^d aequae rationi consentaneum sit] *ins. i. l. \ \ rationi ins. i. l.*
^e in ullam partem] usquam *del.*
^f si nullum ... quiete] nullo occurrente impedimento, moveri pergunt, sicut inter se quiescentia in quiete perseverant *del. \ * Linea autem recta in spatio mundi non aliter quam corporum quorundam inter se quiescentium^a respectu definiiri potest. *scr. sed p. del.*
^a inter se quiescentium] *ins. i. l.*

^g ad ... relato] respectivo ad alia *del.*
^h definiiri] definire *del.*
ⁱ libere] *ins. i. l.*
^j adeo ut] Etenim *del.*
^k rectus et aequabilis navigij] navi *del.*
^l priore] primo *del.*
^m alia ratione talis] aliter *del.*
ⁿ partium ... respectu] si ripae adjacentis partes inter se quiescant *del.*
^o corpus libere se habens sicunde exoriantur corpora quaevis^a inter se quiescentia eorum respectu vel quiescet vel aequaliter in linea recta movebitur. de directione ex iisdem quiescentibus aestimanda. *addidit marg. sed p. del.*
^a quaevis] *ins. i. l.*
^p hae lineae] #
^q diversae motuum directiones] diversas motuum directiones habere # *del.*
^r *expositio continuatur in f. 18*

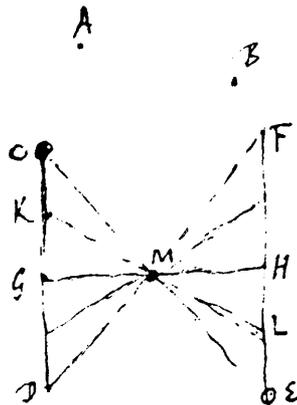
sulla superficie piana di un tavolo, non si allontanano in nessuna direzione, allora diremo che esse sono in quiete tra loro e rispetto alla tavola; ed anche le parti della stessa tavola saranno in quiete tra loro.

Se poi, rispetto a corpi così in quiete tra loro, un altro corpo si muove liberamente e senza alcun ostacolo, esso percorrerà una linea retta rispetto ad essi e si sposterà con moto uniforme. E questo deve essere posto come principio, perché l'esperienza lo prova manifestamente ed è stato assunto da moltissimi prima di noi; e tuttavia si appoggia anche al seguente argomento: è egualmente consono alla ragione che corpi mossi l'uno rispetto all'altro continuino a muoversi senza deviare verso alcuna parte, se non interviene alcun impedimento, quanto che corpi in quiete tra loro perseverino nella quiete, se non accade nient'altro.

Grazie a questo moto, riferito a corpi in quiete tra loro, si può finalmente comprendere e determinare cosa significhi muoversi liberamente ed uniformemente in linea retta. Al punto che il corso rettilineo ed uniforme della nave, addotto in precedenza nello spiegare il nostro primo assunto, non può essere considerato tale per altra ragione che per il riferimento alle parti della Terra in quiete tra loro.

Poiché, posti dei corpi in quiete tra loro, molti altri possono muoversi rispetto ad essi secondo diverse linee rette, queste linee saranno allora dette le diverse direzioni dei moti.

[18r] ac^s tali duorum^t corporum motu, etsi singula aequabiliter^u ferantur fit^v tamen semper^w ut inequaliter ad se mutuo illa accedant vel a se recedant^x. ut si corporum A et B, inter se quiescentium, respectu moveantur libere et aequae celeriter^y C quidem^z secundum directionem rectae CD; E vero secundum directionem contrariam^a rectae EF, ipsi CD parallelae. Intelligatur autem recta GH utrique directioni perpendicularis, quaeque distantiam CE mediam secet in puncto M: Et dividantur bifariam CG in K, EH in L. Jam si^b, una parte temporis, corpus C pervenerit in K, simulque E in L. altera vero temporis parte simili^c corpus C peregerit spatium^d KG, simulque E spatium LH, utriusque aequalis est motus, sed mutatio distantiae inter utrumque aequalibus temporibus^e inaequalis accidit^f quoniam majore excessu superat CE rectam KL, quam haec rectam GH, ut quivis facile demonstrabit. Atque ita quo propius ad lineam GH accedunt corpora C, E, eo lentius inter se appropinquant; deinde^g vero cum ab ea recedunt^h crescit continue ipsorum mutuo respectu celeritas. Et facile apparet celeritates eorum in lineis directionis suae, quantumlibet majores esse

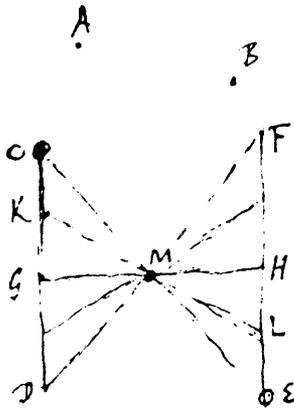


[Fig. 10]

^s ac] atque hinc *del.*
^t duorum] *ins. i. l.*
^u aequabiliter] aequali motu *del.*
^v fit] fieri potest *del.*
^w semper] plerumque *del.*
^x ad ... recedant] a se mutuo recedant vel accedant *del.*
^y libere et aequae celeriter] *ins. i. l.*
^z quidem] *ins. i. l.*

^a contrariam] *ins. i. l.*
^b Jam si] Quod si igitur *del.*
^c temporis parte simili] *ins. i. l.*
^d spatium] *ins. marg.*
^e aequalibus temporibus] *ins. i. l.*
^f accidit] *ins. i. l.*
^g deinde] ac rursus *del.*
^h vero ... recedunt] ab ea recedentes *del.*

[18r] In un tale moto di due corpi, benché ciascuno si sposti con moto uniforme, tuttavia accade sempre che essi si avvicinino o si allontanino l'uno dall'altro con moto non uniforme. Rispetto ai corpi A e B, in quiete tra loro, si muovano liberamente e con pari velocità i corpi C, secondo la direzione della retta CD, ed E, secondo la direzione contraria della retta EF, parallela alla stessa CD. Si immagini poi la retta GH, perpendicolare ad entrambe le direzioni e tale da secare in due parti eguali la distanza CE nel punto M. Si dividano poi CG con il punto K ed EH con L così che, in una parte di tempo, il corpo C pervenga in K ed il corpo E in L. In una seconda parte eguale di tempo il corpo C avrà percorso lo spazio KG ed il corpo E lo spazio LH; il moto di entrambi è uniforme ma il mutamento della loro distanza, in tempi eguali, non è eguale, perché CE supera la retta KL più di quanto questa non superi la retta GH, come chiunque può facilmente dimostrare. E così, quanto più i corpi C ed E si avvicinano alla linea GH, tanto più lentamente essi si avvicinano tra loro ma poi, quando si allontanano da essa, la loro velocità relativa cresce continuamente. Ed appare facilmente che le loro velocità, lungo le rispettive direzioni, possono essere quanto si vuole maggiori della velocità con la quale si avvicinano l'uno all'altro o con la quale si separano, e precisamente a misura che li si intenda più vicini alla linea GH.



[Fig. 10]

200 posse celeritate qua adⁱ se invicem accedunt vel qual se junguntur, prout nempe propiora lineae GH intelligentur.^j

[18v] Potest vero directio motus etiam corporis aut^k puncti alicujus respectu considerari quod ut quiescens spectatur.

205 [19r] directiones porro motuum^l celeritatesque corporum respectu mutuo certo cognosci possunt^m, praesentibus ijs corporibus quae inter se quiescunt,ⁿ quoniam utraeque respectu horum definiuntur^o. His vero sublatis, etsi illa haud aliter quam prius^p moveri inter se pergant, difficilius^q est dicere quae sint eorum directiones, quaeve in ijs celeritates aequabiles^r: quae utraque etiam diversimode explicari possunt, quod nunc pluribus non persequemur^s.



[Fig. 11]

210 Sed in corporibus colligatis ac circulariter motis^t, aut in partibus unius cujuspiam corporis^u, circa centrum^v conversi, cognoscitur motus

ⁱ ad] inter *del.*

^j Et ... intelligentur.] *ins. marg. inferiori*

^k corporis aut] *ins. i. l.*

^l directiones porro motuum] imo directiones *del.*

^m respectu ... possunt] in ijs motorum manifesto patent *del.*

ⁿ His vero sublatis *scr. sed p. del.*

^o utraeque ... definiuntur] utrum-

que horum respectu definitur *del.*

^p haud aliter quam prius] *ins. i. l.*

^q difficilius] difficile *del.*

^r aequabiles] *ins. i. l.*

^s quod ... persequemur] *ins. i. l.*

^t corporibus ... motis] conjunctis corporibus *del.*

^u circulariter motis *scr. sed p. del.*

^v aut axem *scr. sed p. del.*

[18v] La direzione di un movimento può essere considerata anche rispetto ad un qualche corpo o punto che sia considerato in quiete.

[19r] Le direzioni dei moti e le velocità dei corpi l'uno rispetto all'altro possono poi essere conosciute con certezza, se sono presenti quei corpi in quiete tra loro, perché le une e le altre si definiscono rispetto ad essi. Tolti questi, invece, anche se i corpi continuano a muoversi tra loro non diversamente da prima, è più difficile dire quali siano le loro direzioni o quali velocità siano uniformi. Entrambe queste cose, infatti, possono essere spiegate anche in molti altri modi, che ora non esamineremo.



[Fig. 11]

Ma nei corpi collegati e mossi circolarmente, o nelle parti di un unico corpo ruotante intorno ad un centro, si conosce il moto circolare o in

215 circularis vel^w relatu ad corpora quaedam inter se quiescentia, vel absque
his etiam ex vi Centrifuga. Velut si bina corpora filo eidem^x utrimque
alligata sint, ac circulariter moveantur cognoscetur id ex tensione fili. ac
220 similiter si rota quaequam in orbem vertatur, patebit hoc e ponderibus in
circumferentia suspensis si ea ab axe refugere cernentur^y et obliquis filis
circumferri. unde constabit non te spectatorem circa rotam immobilem
circumduci, sed illam in sese versari.^z ac numerum quidem ac celeritatem
225 licet. Sine ijs vero quo major est vis centrifuga eo quidem^a celeriores circui-
tus esse^b colligemus, sed et^c quanta sit celeritas et qui numerus conversio-
num ex Theorematibus nos<tris> de vi centrifuga^d discere licebit.

[19v] ^d motus vero circularis est^c corporum plurium vel partium
225 corporis^f unius, cum illa vel hae moventur respectu puncti quod ut quie-
scens consideratur, mutatis continue directionibus, manente vero distantia
propter vinculum vel obicem.^g

Est tamen exceptio in motu circulari, cujus naturam ex his quae jam
diximus explicare conabimur.^h

^w praesentibus *scr. sed p. del.*

^x eidem] inter se *del.*

^y cernentur] cernantur *del.*

^z unde ... versari.] *ins. marg.*

^a quidem] *ins. i. l.*

^b esse] *ins. i. l.*

^c et] *ins. i. l.*

^d Motus vero circularis est cum corpora duo vel plura, vel unius corporis partes mutuo respectu moventur mutatis continue directionibus *scr. sed p. del.*

^e vel *scr. sed p. del.*

^f corporis] *ins. i. l.*

^g motus ... obicem.] *delevit sed p. marg. scr. non delendum* \ Est autem motus circularis qui fit in circuli circumferentia cujus centrum vel quiescit vel

libere movetur respectu aliorum corporum inter se quiescentium seu datorum, seu quae quomodo libet dari possint^a.

Est^b autem, in circulatione, motus corporis unius^y vel plurium, vel partium corporis unius, non alius quam^b respectu centri atque inter se^c mutuo; mutatis continue directionibus; et manentibus distantijs propter vinculum vel obicem *scr. sed p. del.*

^a seu datorum ... possint] vel reapse praesentium seu dandorum *del.*

^b Est] Non alius *del.*

^y unius] *ins. i. l.*

^b non alius quam] *ins. i. l.*

^c inter se] respectu *del.*

^h Est ... conabimur.] *ins. i. l.*

⁴ Christiaan Huygens, *De Vi Centrifuga*, in OC, XVI, pp. 254-301. L'opera di Huygens fu edita postuma nel 1703 ma tredici teoremi erano già stati pubblicati, senza dimostrazioni, in appendice all'*Horologium Oscillatorium* del 1673. Cfr. la nota 2 al Frammento 15.

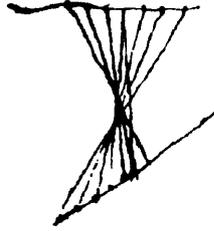
relazione a certi corpi in quiete tra loro oppure, senza questi, anche grazie alla forza centrifuga. Ad esempio, se due corpi sono legati alle estremità di uno stesso filo e si muovono circolarmente, questo si riconoscerà dalla tensione del filo. E, similmente, se una ruota si muove circolarmente, ciò apparirà dai pesi pendenti dalla circonferenza, se si vedrà che si allontanano dall'asse e che i fili che li reggono si dispongono obliquamente. Sarà evidente, da questi indizi, che non sei tu che guardi a girare intorno alla ruota immobile ma che è essa a ruotare su di sé. Ed il numero e la velocità dei giri potranno essere determinati mediante l'osservazione di altri corpi, in quiete tra loro. Senza di questi, arguiremo che quanto maggiore è la forza centrifuga tanto più veloci saranno le rotazioni; ma dai nostri teoremi sulla forza centrifuga si potranno apprendere sia la loro velocità sia il loro numero.

[19v] Il movimento circolare è il movimento di più corpi, o delle parti di uno solo, rispetto ad un punto considerato come immobile, con continuo mutamento delle direzioni ma senza cambiamento della distanza, a causa di un vincolo o di un ostacolo.

Nel movimento circolare vi è tuttavia un'eccezione, la cui natura tenteremo di spiegare a partire da quanto abbiamo già detto.

230 Sicut igiturⁱ paulo ante ostendimus celeritatemⁱ corporum inter se^k
 secundum diversas directiones quantumlibet majorem esse posse celerita-
 te qua a se mutuo^l recedunt, ita haec potest esse prorsus nulla, dum illa
 quantumlibet magna existit.

Ex his vero quae hactenus dicta sunt motus circularis natura explicari
 potest, idque hic^m faciendum est, quoniam sunt qui &c.



[Fig. 12]

ⁱ igitur] *ins. i. l.*
ⁱ ostendimus celeritatem] diximus
 motum *del.*

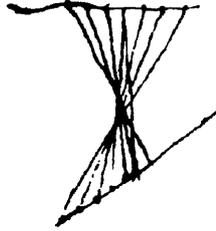
^k inter se] *ins. i. l.*
^l a se mutuo] inter se *del.*
^m hic] *ins. i. l.*

<A> sed erit partium inter se diversa directio, unde motus circularis. *add. marg.*

 non esse hic verum magis quam in libere motis. *add. marg.*

Come poco prima abbiamo mostrato che la velocità dei corpi secondo le rispettive direzioni può essere quanto si vuole maggiore della velocità con la quale si allontanano l'uno dall'altro, così quest'ultima può anche essere del tutto nulla, pur essendo la prima grande a piacere.

Da quanto abbiamo detto fin qui si può spiegare la natura del movimento circolare; ed è qui necessario spiegarla, perché c'è chi ecc.



[Fig. 12]

<A> Sarà però diversa la direzione delle parti tra loro; da ciò deriva il moto circolare.

 Ciò non è più vero in questo caso che in quello di corpi liberamente mossi.

<FRAMMENTO 8>

[20r] Corpora inter se quiescere^a quae cum nullo vinculo aut repagulo teneantur, eandem inter se distantiam servant, tam tota quam partes.

Corpus quod libere movetur respectu aliorum corporum inter se quiescentium, moveri in linea recta eorundem respectu definit^{ur} et progressu aequabili.^b

Hanc lineam^c, secundum quam corpus vel quaelibet^d pars corporis movetur, vel secundum quam si liberum esset moveretur, directionem motus vocamus.^e

^a quiescere] quiescunt *del.*

^b Corpus ... aequabili.] *ins. i. l.*

^c Hanc lineam] Directionem corporis moti dicimus lineam rectam, respectu aliorum corporum inter se quiescentium, definitam *del.*

^d quaelibet] *ins. i. l.*

^e directionem motus vocamus.] *ins. i. l.* \ Motum circulare[m] voco^a qui fit aequabili progressu in circuli circumferentia, respectu corporum inter se quiescentium definita.^b

In Motu circulari est continua^γ mutatio directionis^δ vel totorum corporum absque mutatione distantiae^ε, vel partium cohaerentium^ζ corporis unius.^η

In motu circulari

Quae motu circulari moventur, ea respectu centri moventur circumferentiae quam describunt. *scr. sed p. del.*

^a cum corpus vel partes corporis *scr. sed p. del.*

^β Terra qui? *add. marg.*

^γ In ... continua] Motus circularis corporum est continua eorum *del.*

^δ absque mutatione distantiae *scr. sed p. del.*

^ε absque mutatione distantiae] inter se *del.*

^ζ cohaerentium] *ins. i. l.*

^η etiam huic conveniat definitio



[Fig. 13]

etiam annulo



[Fig. 14]

add. marg.

* Il Frammento 8 corrisponde al foglio doppio H5 della classificazione di Korteveg, cioè ai ff. 20r-v e 21r-v del *Codex* 7A. La citazione della *Medicina Mentis* di

FRAMMENTO 8

[20r] Sono in quiete tra loro quei corpi che, pur non essendo trattiene-
nuti da alcun vincolo o impedimento, mantengono la medesima distanza
tra loro, tanto nel loro insieme quanto con le parti.

Un corpo che, rispetto ad altri corpi in quiete tra loro, si muove libe-
ramente, si dice mosso in linea retta ed uniformemente rispetto ad essi.

Questa linea, lungo la quale il corpo (o una sua parte) si muove, o
lungo la quale si muoverebbe se fosse libero, la chiamiamo direzione del
moto.

Tschirnhaus (cfr. nota), opera ricevuta da Huygens nell'ottobre 1686 (cfr. Chri-
stiaan Huygens a Ehrenfried W. von Tschirnhaus, 10 marzo 1687, in OC, IX, p. 122),
fornisce un sicuro *terminus a quo*. Il frammento contiene comunque una chiara delinea-
zione dell'ultimo pensiero di Huygens sul moto circolare ed è dunque con ogni proba-
bilità posteriore al 1688.

10 Corpora inter se moveri possunt vel in eadem directionis linea vel in parallelis vel qualitercunque^f inclinatis^g.

15 <A> Celeritas corporum respectiva alia est secundum lineas directionis aestimata, alia^h secundum mutationem distantiae inter ipsa corpora. Potestque in eodem duorum corporum motu, haec celeritas ad illam, habere rationem quacunque data minorem. Explica, et hoc etiam, Respectivum
15 motum in linea directionisⁱ respectu puncti extra ipsam, non differre a motu respecti<vo> in lineis directionis parallelis.^j

Motus circularis est qui fit^k respectu puncti quod ut quiescens^l consideratur, manente eadem ab illo distantia mobilis^m propter vinculum vel impedimentumⁿ, s e d mutata continue hujus directione^o.

20 Quanta vero sit celeritas corporis vel partis cujusque respectu puncti illius quiescentis; id^p aestimatur vel ex corporibus inter se et cum puncto illo quiescentibus considerato tempore et amplitudine circuitus^q; sed et^r absque ijs corporibus ex vi centrifuga cognoscitur^s eo majorem esse istam celeritatem respectivam, quo vis haec major fuerit. Ex qua itaque^t vi cen-

^f qualitercunque] in aliquo modo sive quocunque *del.*

^g Celeritas motus liberi aestimatur^a in linea directionis^b, prout majores vel minores partes ejus aequabili cursu conficit.

Corporis moti celeritas in linea directionis ad celeritatem ejusdem^γ respectu puncti extra lineam directionis positi proportionem qualibet data majorem habere potest. *scr. sed p. del.*

^a aestimetur] *ins. i. l.*

^b aestimetur *scr. sed p. del.*

^γ ejusdem] suam *del.*

^h Celeritas ... alia] Motus corporum respectivus alius est in lineis directionis aestimatus, alius *del.*

ⁱ directionis] *ins. i. l.*

^j Circularem motum fieri cum

Circulariter simul^a moventur corpora plura vel unum, cum vel illa vel partes hujus^b respectu centri moventur secundum directionem^γ manente^δ quam habent ab eo distantia propter vinculum

aut impedimentum. *scr. sed p. del.*

^a simul] *ins. i. l.*

^b unum ... hujus] partes unius, cum vel illa vel hae *del.*

^γ secundum directionem] in lineis directionis *del.*

^δ manente] servata sive ut tamen *del.*

^k qui fit] motus *del.*

^l quiescens] immobile

^m mobilis] *ins. i. l.*

ⁿ impedimentum] obstaculum *del.*

^o hujus directione] directione mobilis *del.* \ \ Etsi vero directio seu linea directionis per corpora inter se quiescentia definiatur *scr. sed p. del.*

^p quiescentis; id] *ins. i. l.*

^q considerato ... circuitus] *ins.*

margin.

^r sed et] vel etiam *del.*

^s motus circularis, et *inseruit i. l. sed p. del.*

^t Ex qua itaque] at item ex hac sola *del.*

I corpi possono muoversi tra loro o nella medesima linea di direzione o lungo linee parallele o lungo linee inclinate in qualunque modo.

<A> Altra è la velocità relativa dei corpi stimata lungo le rispettive linee di direzione, altra è quella stimata secondo il mutamento di distanza tra i corpi stessi. Questa velocità, nel medesimo moto di due corpi, può avere rispetto all'altra un rapporto minore di qualsiasi rapporto dato. Spiegarlo. E spiegare anche che il moto relativo lungo la linea di direzione, rispetto ad un punto esterno alla retta, non differisce dal moto relativo lungo linee di direzione parallele.

Il moto circolare è quello che si dà rispetto ad un punto considerato in quiete, senza cambiamento della distanza da esso del mobile, a causa del vincolo o dell'impedimento, *ma con continuo mutamento della direzione.*

La velocità di un corpo (o di una sua parte) rispetto a quel punto in quiete si valuta grazie ai corpi in quiete tra loro e rispetto a quel punto, considerati il tempo e l'ampiezza della rotazione; anche senza quei corpi, però, per mezzo della forza centrifuga si riconosce che quella velocità relativa è tanto più grande quanto maggiore è questa forza. Attraverso la forza

25 trifuga motus circularis deprehendi potest.^u Veluti si corpus quodpiam fune ad palum immobilem religatum circulariter circa eum moveatur, vel si^v duo corpora filo tantum inter se conjuncta^w circularem motum acceperint, celeritas respectu centri^x ejus motus eo major agnoscitur quo magis funis aut filum intenditur.

30 [20v] Non esse motum nisi respectivum ad aliud^y.

Consistit autem motus ille respectivus vel in mutatione distantiae corporum duorum vel plurium inter se, partiumve unius ad partes alterius, (velut cum duae sphaerae manente centrorum distantia, inter se convertuntur)^z.

35 possunt duo corpora utraque libere moveri, ita tamen ut distantia inter ipsa crescat vel diminuatur inequaliter.

nulla igitur est^a mutatio loci respectu spatij mundani.^b

40 quare nec est motus ullus nec quies^c respectu spatij istius atque idcirco^d necessario respectu ad aliud quid nempe ad corpora alia vel partes eorum vel puncta in ipsis definita.^e

^u Ex ... potest.] *ins. i. l.*

^v si corpus ... si] *si del.*

^w tantum inter se conjuncta] alligata *del.*

^x respectu centri] respectiva ad centrum *del.*

^y nisi respectivum ad aliud] corporis nisi aliorum respectu *del.* \ \ Respectus autem hic vel *scr. sed p. del.*

^z partiumve ... convertuntur)] vel in mutatione directionis; possunt enim duae sphaerae vel a se mutuo recedere, vel manente centrorum distantia,^o inter se distantiam mutare si convertuntur *del.* \ \ Vel *scr. sed p. del.*

^a diversas sui partes # utriusque *scr. sed p. del.*

^a igitur est] *ins. i. l.*

^b Si quis ergo motum verum^a fieri neget nisi mutatione loci in spatio isto, illi unum *scr. sed p. del.*

^a verum] *ins. i. l.*

^c quare ... quies] Itaque nullus est

motus *del.*

^d atque idcirco] Itaque *del.*

^e nempe ... definita.] *ins. i. l.* \ \ omnesque adeo motus et quies respectiva sunt.

Nullus motus nisi respectivus inter corpora, vel inter partes corporis unius. moventur itaque tantum corpora inter se, vel partes eorum. sed quomodo? nempe cum corpora inter se distantiam mutant ea mutuo respectu moventur. Non autem contra^a, ut quae mutuo respectu moveantur, ea distantiam mutant, ut paulo post manifestum fiet.

Item quae mutuo respectu quiescunt, ea distantiam non mutant. Quod rursus non convertitur, ut scilicet quae distantiam non mutant ea mutuo respectu quiescant.

qua in re igitur consistere dicemus motum corporum? *scr. sed p. del.*

^a Non autem contra] Hoc autem non convertitur

centrifuga si può dunque cogliere il moto circolare. Ad esempio, se un corpo, legato con una fune ad un palo, ruota intorno ad esso, o se due corpi, uniti tra loro solamente da un filo, hanno ricevuto un moto circolare, si apprende che le velocità rispetto ai centri di quei moti sono tanto maggiori quanto più la fune o il filo sono tesi.

[20v] Non c'è movimento se non relativo ad altro.

Ma quel moto relativo consiste nel mutamento di distanza di due o più corpi tra loro, oppure in quello delle parti di un corpo rispetto alle parti di un altro (come quando due sfere, senza che cambi la distanza dei centri, ruotano su se stesse).

Due corpi possono muoversi entrambi liberamente in modo tale, tuttavia, che la loro distanza aumenti o diminuisca in modo non uniforme.

Non vi è dunque alcun mutamento di luogo rispetto allo spazio mondano.

Rispetto a questo spazio non c'è perciò alcun movimento né alcuna quiete; pertanto essi sono necessariamente tali rispetto a qualcos'altro, e precisamente rispetto ad altri corpi o alle loro parti o a punti determinati in essi.

ac Sane ubicunque corpora inter se distantiam mutant^f ibi motum esse constat^g. non autem contra ubicunque motus contingit, ibi distantiam corporum mutat^h. scimus enim corpora duo vinculoⁱ con:nixa circulariter moveri posse, ut tamen neque distantiam nec situm inter se commutent.

45 Atque item^j corpus unum in sese rotari posse, cujus partes^k inter se connexae maneant.

<C> ^l Itaque videndum est qua in re tum rectus ac simplex tum circularis motus consistant^m, idque eo magis, quod putarunt nonnulli verum illum motum, quo corpora vel partes eorum locum mutare voluntⁿ in spatio mundano, in circulari^o motu reperiri, ac certo deprehendi posse. Ostendemus autem et hic non nisi respectivum motum contingere.

50

ut autem a prima origine rem repetamus dispiciendum est primo quaeenam corpora inter se^p quiescant.

quaenam inter se quiescere ponamus. horum respectu mota lineam rectam percurrere eorundem respectu. et aequabiliter ferri et ita perseverare. Hoc Principij loco. hinc intelligendum quid sit recta linea moveri.^q de diversis directionibus. de inequali mutatione distantiae inter duo libere mota. quod horum alterum ut quiescens considerare liceat, transferendo^r motu in ea quae inter se quiescunt. quod^s et in directionibus quae in diversis planis sunt, eadem inaequalis mutatio distantiae fieri possit. Circularis motus explicatio. sicut exigua distantiae mutatio, ita et nulla potest^t esse. manente eadem propter vinculum, et manente tamen motu respectivo.^u Sic in duobus colligatis. Sic in partibus corporis unius.

55

60

^f ac ... mutant] Sane ea quae distantiam inter se mutant ijs *del.*

^g ibi motum esse constat] in hoc ipso motus consistit respectu mutuo. Certumque est quaecunque inter se distantiam mutant ea respectu mutuo^a moveri *del.*

^a respectu mutuo] inter se *del.*

^h ubicunque ... mutat] quaecunque inter se moventur, ea distantiam mutare putandum *del.*

ⁱ aliquo *scr. sed p. del.*

^j sphaera aut *scr. sed p. del.*

^k cujus partes] ut partes tamen *del.*

^l respectu inter se quiescentium in directione ad corpus extra lineam direc-

tionis fit motus. qui perseverat etiamsi auferantur corpora illa inter se quiescentia. *addidit marg. sed p. del.*

^m qua ... consistant] in quo circularis ejusmodi motus consistat *del.*

ⁿ mutare volunt] mutant *del.*

^o circulari] hoc *del.*

^p inter *ms.*

^q hinc ... moveri.] *ins. i. l.*

^r transferendo *ms.*

^s sublata gravitate *scr. sed p. del.*

^t postest *ms.*

^u manente eadem ... respectivo.] *ins. i. l. \ \ in quo igitur consistit circularis motus. scr. sed p. del.*

E, certamente, dovunque dei corpi mutano distanza tra loro, è evidente che c'è del movimento; ma non è vero l'inverso, ossia che un moto, dovunque si verifica, modifichi la distanza dei corpi. Sappiamo infatti che due corpi congiunti da un vincolo possono muoversi circolarmente, senza tuttavia cambiare distanza e posizione tra loro. Ed egualmente un unico corpo può ruotare su di sé, pur rimanendo le sue parti connesse tra loro.

<C> Bisogna dunque vedere in che cosa consistano da un lato il moto rettilineo e semplice, dall'altro il moto circolare, e tanto più bisogna considerare quest'ultimo, in quanto alcuni hanno pensato che quel vero movimento, per il quale affermano che i corpi o le loro parti mutano luogo nello spazio mondano, possa essere trovato e riconosciuto con sicurezza nel moto circolare. Ma noi mostreremo che anche qui non c'è che un moto relativo.

Per affrontare l'argomento dal principio, si deve innanzitutto vedere quali corpi siano in quiete tra loro.

Quali corpi poniamo in quiete tra loro. I corpi mossi rispetto ad essi percorrono, sempre rispetto ad essi, una linea retta, si spostano uniformemente e si mantengono in questa situazione. Ciò deve essere posto come principio. Da qui si deve intendere cosa significhi muoversi in linea retta. Delle diverse direzioni. Del mutamento di distanza non uniforme tra due corpi mossi liberamente. Ciascuno di essi può essere considerato in quiete, attribuendo il movimento ai corpi in quiete tra loro. Anche in direzioni situate su piani diversi ci può essere un mutamento di distanza non uniforme. La spiegazione del moto circolare: come il mutamento di distanza può essere assai piccolo, così può essere nullo. Senza mutamento di distanza, a causa del vincolo, permanendo tuttavia il moto relativo. Tanto in due corpi collegati quanto nelle parti di un unico corpo.

Etiam in circulari motu continuationem aequabilem statuendam. In
 65 motu libero praesentibus corporibus inter se quiescentibus^v certo cogno-
 scantur directiones et in his celeritates per quas mutatio distantiae explicetur
 et horum opera etiam circulantium celeritas definitur^w. Illis sublatis
 corporibus, difficilius hoc cognoscitur in liberis sed^x motus circularis^y
 70 duorum vel plurium vinculo^z conjunctorum, vel partium unius corporis,
 deprehenditur ex vi centrifuga. contra eos qui verum motum hunc esse
 volunt. dico non esse nisi respectivum. non enim potes dicere centrum
 circulationis quiescere in mundo, sed etiam respective tantum ad alia cor-
 pora. Rectum ac simplicem corporis motum fieri cum punctum impulsus et
 centrum gravitatis sunt in linea directionis atque haec superficiem impulsi
 75 corporis secat ad angulos rectos. an centrum gravitatis non melius dicatur
 centrum potentiae cum gravitas tollatur.

centrum potentiae quantitatis. centrum momenti. centrum molis. resi-
 stentiae. Etiam si nulla gravitas esset, tamen hoc centrum in occursum et
 percussione sibi constaret.^a

80 [21r] ^b Cum corpora duo ut in se mutuo impingant efficitur, quae
 nobiscum jam ante^c motu quodam communi et aequabili^d ferebantur^e,
 haud aliter illa post occursum^f vel resilire vel conjuncta ferri, respectu
 nostri^g qui eodem communi motu deferimur^h ac si omnibus adventitius ille
 motus abesset.

85 Veluti si quis navi vectus duos aequales globulos eburneosⁱ aequali
 utrinque celeritate inter se collidat, eos aequali quoque celeritate repercus-

^v praesentibus ... quiescentibus]
ins. i. l.

^w et ... definitur] *ins. marg.*

^x sed] attamen *del.*

^y vel *scr. sed p. del.*

^z vinculo] *ins. i. l.*

^a quatenam ... constaret.] *ins. marg. inferiore foliorum 20v et 21r*

^b Motus corporum de quibus^a hic inquirimus, celeritatesque eorum aequales aut inaequales respective accipienda esse, ut referantur^b ad alia corpora quae tanquam quiescentia spectantur, etsi fortasse et haec et illa alio communi moto

involvantur, ac proinde *addidit marg. superiore sed p. del.*

^a de quibus] quos *del.*

^b nempe *scr. sed p. del.*

^c nobiscum jam ante] prius *del.*

^d et aequabili] *ins. i. l.*

^e ut ... ferebantur] in se mutuo impingunt etiamsi altero praeterea motui aequabili utrumque simul agatur^a *del.*

^a agatur] obnoxium fuerit *del.*

^f post occursum] *ins. i. l.*

^g nostri] ejus *del.*

^h deferimur] defertur *del.*

ⁱ eburneos] *ins. i. l.*

Anche nel moto circolare si deve stabilire la continuazione uniforme. Nel moto libero, dati dei corpi in quiete tra loro, si conoscono con certezza le direzioni e le velocità lungo le direzioni; grazie ad esse si spiegherà il mutamento di distanza. Per mezzo di quei corpi si determina anche la velocità dei corpi ruotanti. Tolti quei corpi, è più difficile individuare tali grandezze e velocità nei corpi liberi, ma il moto circolare di due o più corpi congiunti da un vincolo, o delle parti di un unico corpo, si riconosce dalla forza centrifuga. Contro coloro che sostengono che questo è un movimento vero, io affermo che è solo relativo. Non si può infatti dire che il centro della rotazione sia in quiete nel mondo, ma soltanto relativamente ad altri corpi. Il moto rettilineo e semplice si ha quando il punto in cui si esercita la spinta ed il centro di gravità sono sulla linea della direzione e questa taglia perpendicolarmente la superficie del corpo spinto. Non è forse meglio definire "centro di potenza" il centro di gravità, dal momento che si astrae dalla gravità?

Centro di quantità di potenza. Centro di momento. Centro di mole. Centro di resistenza. Se anche non ci fosse alcuna gravità, questo centro manterrebbe tuttavia la propria posizione nello scontro e nell'urto.

[21r] Quando facciamo in modo che si scontrino due corpi che, già prima, si spostavano insieme a noi con un certo moto comune ed uniforme, rispetto a noi che ci spostiamo con il medesimo moto comune essi non rimbalzano o si muovono congiuntamente, dopo l'urto, diversamente che se quel moto avventizio mancasse a tutti.

Ad esempio, se qualcuno, trasportato su una nave, fa urtare tra loro due sfere eguali di avorio o di altra materia dura, mosse con pari velocità,

sum iriⁱ, vectoris hujus respectu ipsarumque partium navis, quoniam idem^k in navi quiescente aut in terra posito contingeret^l.

90 Facile haec ita se habere concedent qui sciunt in navi quae aequalibili cursu fertur caetera omnia quae ad motum spectant eadem ratione evenire^m atque in terra stantibus.ⁿ Neque^o ullo motu aut repercussione corporum quae intra navem contingunt, deprehendi posse^p utrum ea aequaliter pergat, an immota maneat^q.

95 Uti quoque nihilo magis ex motu corporum cadentium vel projectorum aut in sese impingentium internosci^r potest, utrum Terra moveatur an quiescat. Nam qui hinc argumenta petierunt ad demonstrandam ejus quietem, eos^s jam diu Galileus^{t1} alijque plurimi viri eruditi confutaverunt. qui igitur Terram quiescere credunt, ijs^u experimenta ista veritatem adsumti^v principij comprobant.^w

ⁱ Veluti ... iri] Veluti si globis aequalibus^a aequali celeritate sibi mutuo impactis^b uterque eadem qua advenit celeritate resiliat, idem aequae evenire sive Veluti si quis ejusmodi^y collisionis experimentum capiat in navi quae aequali motu provehitur; idem prorsus eventurum *del.*

^a globis aequalibus] globi aequales *del.*

^b impactis *ms.*

^y ejusmodi] *ins. i. l.*

^k quoniam idem] ac si *del.*

^l posito contingeret] positus haec faceret *del.*

^m evenire] contingere *del.*

ⁿ quod et experientia comprobatur. *sive* Atque hoc ipsum experientia comprobatur. *scr. sed p. del.*

^o ex sive enim *scr. sed p. del.*

^p deprehendi posse] cognosci potest *del.*

^q maneat] jaceat *del.*

^r internosci] deprehendi *del.*

^s eos] *ins. i. l.*

^{t1} Gassendus² *scr. sed p. del.*

^u ijs] *ins. i. l.*

^v adsumti] *ins. i. l.*

^w qui igitur ... comprobant.] quod autem &c. *del.* \\ Hoc igitur indubitato principio in sequentibus utemur. Est vero operaepretium experiri num hujus ipsius demonstratio aliqua inveniri possit, quam quidem^a ex intima motus contemplatione suppeditari confidimus, etsi per ea incedendum est quae multis paradoxa videbuntur.^b

Existimant omnes qui de motu egerunt, quorum quidem scripta videre mihi contigit^y, Esse motum quandam

¹ Huygens ha naturalmente in mente il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*.

² Cfr. ad esempio Pierre Gassendi, *Institutio Astronomica*, in *Opera Omnia*, cit., IV, pp. 50 e sgg. La prima edizione dell'opera, della quale Huygens possedeva un esemplare, fu edita a Parigi nel 1647. Oltre a Gassendi e Galileo, probabilmente, Huygens ha in mente anche altri astronomi copernicani a lui noti, ad esempio il fiammingo Philip Lansbergen.

esse rimbalzeranno anche con eguale velocità, rispetto al navigante ed alle stesse parti della nave, poiché così accadrebbe su una nave in quiete o sulla terraferma.

Che ciò sia così, lo concederà facilmente chi sa che, su una nave mossa uniformemente, tutto ciò che riguarda il movimento avviene come per chi si trova sulla terraferma e che da nessun movimento o riflessione dei corpi sulla nave si può arguire se essa avanzi uniformemente o resti immobile.

E così nemmeno dal moto dei gravi o dei proietti, o da quello dei corpi che si scontrano, si può meglio distinguere se la Terra sia mossa o in quiete; già da tempo, infatti, Galileo e molti altri eruditi hanno confutato coloro che cercarono di trarre da qui argomenti per dimostrarne la quiete. A coloro che credono la Terra in quiete, dunque, questi esperimenti proveranno la verità del principio che abbiamo assunto.

verum, alium vero apparentem^b qui aestimetur respectu aliorum corporum quae ut quiescentia considerantur. Et verum^c esse censent, cum corpus locum mutat in spatio mundano^c, quod immobile esse statuunt. Ego autem contra nullum alium esse motum corporum^d arbitrator quam mutuo respectu. Hunc esse verum. Illum autem^e quem isti verum dicunt, non solum cognosci non posse, sed neque omnino esse in rerum natura. Rationes autem habeo istas, Spatium quidem in omnem partem infinite extendi

certius est quam ut probatione egeat. *scr. sed p. del.*

^a quidem] *ins. i. l.*

^b Omnes existimant, quorum quidem *scr. sed p. del.*

^γ videre mihi contigit] ad me pervenerunt *del.*

^b apparentem] *ins. i. l.*

^c quidem illum *scr. sed p. del.*

^c mundano] mundi universi *del.*

^d corporum] *ins. i. l.*

^e Hunc ... autem] illumque *del.*

100 Hoc spatium [21v] ita solum absque ullo corpore consideratum^x,
 quomodo quiescere^y intelligi possit non video. Cum quies et motus non
 sint^z nisi corporum, et utriusque^a idea ab his solis^b exorta sit. Nam si spatij
 quies aut^c motus esse aliquis^d dici potest, illius spatij erunt^e, quod a corpo-
 105 re occupatur, vel quod a corpore includitur,^f ut si^g amphorae spatium una
 cum amphora quiescere aut^h moveri dicamus. At spatio illi infinito et inani
 neque motus neque quietis idea aut appellatio convenit. Qui veroⁱ quiesce-
 re ipsum statuunt, non alia^j ratione id facere videntur^k, quam quod
 animadvertunt^l absurdum esse si moveri dicatur, unde^m necessario quie-
 scere dicendum putaruntⁿ. Cum potius cogitare debuerint nec motum nec
 110 quietem ad spatium illud omnino pertinere^o. <D> Absonum igitur est si
 corpus vere^p quiescere vel moveri dicatur respectu spatij mundani, cum
 neque spatium hoc quiescere dici possit, neque sit in eo^q loci mutatio.
 Nulla enim est definitio aut designatio^r loci nisi per alia corpora. Itaque
 nullus est corporum motus aut quies^s nisi respectu mutuo. Ac fatentur
 115 quidem diversae partis assertores non esse unde cognoscatur corpora vera
 illa quiete teneri, neque etiam sciri posse quatenus^t vero motu praedita
 sint, illa^u quae simplici latione^v feruntur (nam de circulariter motis aliter
 sentiunt de quibus postea videbimus)^w. Volunt tamen veram illam quietem
 verumque motum etiam in^x recto ac simplici motu pergentibus differre ab
 120 ea quiete ac motu qui est ipsorum corporum^y inter se. ^z neque enim, quia

^x ita ... consideratum] absque corpore ullo *del.*

^y aut moveri *scr. sed p. del.*

^z quies ... sint] motus non sit *del.*

^a et utriusque] atque ejus *del.*

^b his solis] horum transportatione aut agitatione nobis *del.*

^c quies aut] aliquis esse *del.*

^d aliquis] *ins. i. l.*

^e illius spatij erunt] erunt illius spatij *del.*

^f ut] velut *del.*

^g si] *ins. i. l.*

^h quiescere aut] *ins. i. l.*

ⁱ aliter *scr. sed p. del.*

^j ut puto *scr. sed p. del.*

^k id facere videntur] eo adducti puto *del.*

^l animadvertunt] animadvertent *del.* \\ motum illius non posse *scr. sed p. del.*

^m unde] ergo *del.*

ⁿ unde ... putarunt] itaque consequi ut quiescat *sive* hinc concludendum crediderunt *del.*

^o ad ... pertinere] de spatio illo dici aut intelligi^a posse *del.*

^a aut intelligi] *ins. i. l.*

^p vere] *ins. i. l.*

^q quidquam *scr. sed p. del.*

^r aut designatio] *ins. i. l.*

^s aut quies] *ins. i. l.*

^t esse ... quatenus] posse cognosci utrum corpora vera illa quiete fruantur, an *del.*

^u quidem *scr. sed p. del.*

^v tantum *scr. sed p. del.*

^w (nam ... videbimus)] *ins. marg.*

^x in] in illis quae *del.*

^y quiete ... corporum] qui est respectu ipsorum *del.*

^z Quid *scr. sed p. del.*

Non vedo in che modo questo spazio, [21v] considerato in sé, senza alcun corpo, possa essere concepito in quiete, poiché la quiete ed il movimento riguardano solo i corpi e l'idea di entrambi ha tratto origine soltanto da essi. Infatti, se si può dire che c'è una quiete o un moto dello spazio, saranno di quello spazio che è occupato o racchiuso da un corpo, come quando diciamo che lo spazio di un'anfora è in quiete o in movimento insieme ad essa. Ma a quello spazio infinito e vuoto non si possono attribuire né l'idea né il nome del moto e della quiete. Coloro che affermano che esso è in quiete non sembrano farlo per altra ragione che perché si rendono conto che sarebbe assurdo asserirne il movimento, e dunque pensarono si dovesse necessariamente dire che è in quiete, quando piuttosto avrebbero dovuto pensare che né il moto né la quiete riguardano in alcun modo quello spazio. <D> È dunque assurdo dire che un corpo è veramente in quiete o in moto rispetto allo spazio mondano, perché non si può dire che questo spazio è in quiete né vi è in esso cambiamento di luogo. Non vi è infatti determinazione o designazione di un luogo se non attraverso altri corpi. E quindi non c'è nessun moto o quiete dei corpi, se non dell'uno rispetto all'altro. Ed i sostenitori della tesi opposta ammettono che non c'è modo di conoscere che dei corpi sono tratti in quella vera quiete e che non si può nemmeno sapere in che misura siano dotati di moto vero i corpi che si spostano con traslazione semplice (dei corpi mossi circolarmente, che considereremo in seguito, essi hanno infatti un'opinione diversa). Essi affermano tuttavia che quella vera quiete e quel vero moto differiscono da quelli relativi anche nei corpi che avanzano con moto retto e semplice; né

aestimari^a non possint verus motus ac quies, ideo in rerum Natura^b non existere. Cum autem multa objicere nobis possint, ex ijs praecipua hic adferre placet,^c ne quis vel sibi ipsi^d difficultates movendo vel ab alijs motas non expediendo incertus haereat. dicent si vera est mea opinio^e
 125 consequi^f ut si in mundo unicum aliquod corpus tantum ponatur, illud moveri non possit, Ita est inquam, sed neque quiescere,^g nam si in spatio mundano <E>

^a aestimari] cognosci *del.*

^e si ... opinio] *ins. i. l.*

^b eos *scr. sed p. del.*

^f ex mea *scr. sed p. del.*

^c quo magis omnis dubitatio *scr. sed p. del.*

^g cum vocabula motus et quietis *scr. sed p. del.*

^d ipsi] *ins. i. l.*

<A> Haec [*sc. rr. 11-19*] ad disquisitionem de vi centrifuga reserventur. *add. marg.*

 corpus omne libere se habens, id aliorum respectu inter se quiescentium, vel datorum, vel tunc cum dabuntur, aut quiescit, aut movetur aequaliter in linea recta. Cum vero non magis hoc quam illa tunc moveantur, an non hinc ostendatur motum istum respectivum continuari. Non enim magis a corpore illo A quam a corporibus B B inter se quiescentibus^a, mutatio aliqua incipiet. Nulla autem a corporibus B B, quoniam nihil illis accidit. Ergo neque ab A.

Tschirnhaus negat continuari motum pag. 51. post alibi fatetur, p. 92³. *add. marg.*

<C> auferre gravitatem versus terram cogitatione, quod non tollit molem et materiam resistentiamque. tunc directio diversa aequae in aethere atque super mensa. Terra ipsa tollatur. *add. marg.*

<D> Porro quoniam nec loci ulla definitio aut designatio est in spatio hoc infinito, dico neque locum mutari ejus respectu posse. Nec proinde corpus aliquod ejus spatij respectu moveri. *add. marg.*

<E> non impetum impressum nec aliquid esse in corpore motum nisi hoc ipsum quod positum mutet ad alia. *add. marg.*

^a quibuslibet accidit *scr. sed p. del.*

³ Ehrenfried W. von Tschirnhaus, *Medicina Mentis, sive Tentamen genuinae Logicae, in qua disseritur De Metodo detegendi incognitas veritates*. Amstelredami, Apud Albertum Magnum, & Joannem Rieuwerts Juniores. 1687, p. 51 e pp. 99-100. Il rife-

credono che, per il fatto che il vero moto e la vera quiete non possono essere valutati, essi non esistano in natura. Ma poiché possono esserci rivolte molte obiezioni, voglio qui addurre le principali, per evitare che qualcuno, o muovendo difficoltà a se stesso o non riuscendo a risolvere quelle mosse da altri, resti sospeso nel dubbio. Se la mia opinione è vera, essi diranno, ne consegue che un corpo unico al mondo non può muoversi; è vero, rispondo, ma non può neanche essere in quiete. Infatti, se nello spazio mondano [...] <E>

<A> Questo va riservato per l'indagine sulla forza centrifuga.

 Qualsiasi corpo libero è in quiete o si muove uniformemente in linea retta rispetto ad altri corpi in quiete tra loro, se questi ci sono, oppure si comporterà così, quando essi ci saranno. Non risulterà forse da ciò che questo moto relativo si conserva, dal momento che non è il corpo libero a muoversi più che quegli altri? Non è infatti più da quel corpo A che dai corpi B B in quiete tra loro che nascerà qualche cambiamento. Ma dai corpi B B non nasce alcun cambiamento, perché a loro non accade nulla; dunque nemmeno da A.

Tschirnhaus, a pag. 51, nega che il moto si conservi; poi però, a pag. 92, lo ammette.

<C> Togliere con il pensiero la gravità verso terra; ciò non elimina massa, materia e resistenza. Poi la differente direzione, nell'etere come sopra un tavolo. Si elimini la Terra stessa.

<D> Poiché inoltre in questo spazio infinito non c'è alcuna determinazione o designazione di luogo, dico che non può nemmeno esserci cambiamento di luogo rispetto ad esso. Di conseguenza, rispetto a quello spazio, un corpo non può nemmeno muoversi.

<E> In un corpo mosso non c'è impeto impresso né altro, ma solo il fatto stesso che esso muta posizione rispetto ad altri corpi.

rimento di Huygens alla p. 92 dell'opera di Tschirnhaus è sicuramente errato e va corretto come qui indicato; si noti che in una lettera a Tschirnhaus del 10 marzo 1687 (OC, IX, pp. 124-125) Huygens sbaglia invece il riferimento al primo dei due passi in questione dell'opera, nominando la p. 44 anziché la p. 51. Nella risposta del 12 maggio 1687 (OC, IX, p. 149) Tschirnhaus corregge comunque il dato.

<FRAMMENTO 9>

[24r] Motus inter corpora relativus tantum est.

Is producitur impressione in alterum eorum vel in utrumque sed effecto jam motu non potest cognosci in quodnam eorum impressio facta sit. Imo idem prorsus utraque impressione effectum est.

- 5 Motus verus et simplex^a unius alicujus totius^b corporis nullo modo concipi potest^c quid sit, nec differt a quiete ejus corporis.

- 10 Diu putavi in circulari motu haberi veri motus κριτηριον, ex vi centrifuga.^d Etenim ad caeteras quidem apparentias idem fit sive orbis aut rota quaequam^e me juxta adstante^f circumrotetur, sive stante orbe illo ego per ambitum ejus circumferar, sed si lapis ad circumferentiam ponatur, projicietur circumeunte orbe, ex quo vere tunc et nulla ad aliud relatione eum moveri et circum gyroni judicari existimabam. Sed is effectus^g hoc tantummodo declarat impressione in circumferentiam facta partes rotae motu relativo ad se invicem in partes diversas impulsas fuisse. <A> ut
15 motus circularis sit relativus partium in partes contrarias concitatarum sed cohibitus propter vinculum aut connexum. an autem corpora duo inter se relative moveri possunt quorum eadem manet distantia? Ita sane dum distantiae incrementum inhibetur, contrarius vero motus relativus per circumferentiam viget.

^a et simplex] *ins. i. l.*

^b totius] *ins. i. l.*

^c potest *ms.*

^d nunc aliter sentio *scr. sed p. del.*

^e aut rota quaequam] *aliquis del.*

^f in gyroni *scr. sed p. del.*

^g effectus] *motus del. \ \ nihil scr.*

sed p. del.

* Il Frammento 9 corrisponde alle prime due pagine del foglio doppio H6 (ora diviso) della classificazione di Korteweg, cioè al f. 24r-v del *Codex* 7A. La redazione è probabilmente posteriore al 1690, dal momento che alle rr. 7-8 Huygens si esprime in termini analoghi a quelli del Frammento 5 circa la propria passata opinione sul moto; l'esposizione della nuova teoria è inoltre tra le più mature e precise che si possano

FRAMMENTO 9

[24r] Il moto è soltanto relativo tra i corpi.

Esso si produce con un impulso in uno dei due corpi o in entrambi ma, una volta che si è prodotto, non si può sapere su quale corpo sia stato esercitato l'impulso e, anzi, qualunque dei due sia stato spinto, l'effetto conseguito è esattamente il medesimo.

Non si può concepire in alcun modo cosa sia il moto vero e semplice di un corpo intero né esso differisce dalla quiete del medesimo corpo.

A lungo ho pensato che nel moto circolare fosse dato il criterio del moto vero, dalla considerazione della forza centrifuga. Infatti, per quanto riguarda tutti gli altri fenomeni, è la medesima cosa se un disco o una ruota che si trovi presso di me si muova circolarmente o se, essendo quel disco fermo, sia io a girare lungo la sua circonferenza; ma se si pone una pietra sull'estremità, quando il disco ruota essa viene scagliata via. Per questo ritenevo che, in tal caso, esso si muova e ruoti veramente, senz'alcuna relazione ad altro. Ma quest'effetto manifesta soltanto che, per l'impulso esercitato sulla circonferenza, le parti della ruota sono state spinte in direzioni diverse, con moto relativo delle une rispetto alle altre; <A> così che il moto circolare è il moto relativo delle parti, spinte in direzioni contrarie, ma impedito a causa di un vincolo o di un legame. Forse allora due corpi possono muoversi relativamente tra loro senza che cambi la distanza? Certamente, se si impedisce l'incremento della distanza; ma nella circonferenza è presente un moto relativo in direzioni contrarie.

riscontrare nei suoi scritti. Nel margine sinistro del f. 24v compaiono alcuni disegni e calcoli, di incerta decifrazione, che non sembrano appartenere al testo e sono pertanto stati tralasciati.

- 20 Plerique verum corporis motum statuunt cum ex loco certo ac fixo in
spatio mundano transfertur. male. nam cum infinite spatium undique ex-
tensum sit quae potest esse definitio aut immobilitas loci? Stellas affixas, in
Copernicano systemate, forsitan revera quiescentes dicent. Sint sane inter se
25 immotae sed omnes simul sumtae cujus alterius corporis respectu quiesce-
re dicentur, vel qua in re different a celerrime motis in partem aliquam?
nec quiescere igitur corpus nec moveri in infinito spatio dici potest^h.
ideoque quies et motus tantum relativa sunt.

- Recte satis Cartesius artic. 29 partis secundae¹. Nisi quod eandem vim
et actionem requiri dicit sive utⁱ AB transferatur ex vicinia CD sive ut hoc
30 ex illius vicinia. quod tunc quidem verum cum AB aequale CD, alias haud-
quaquam. Male etiam quod immediate contingentium respectu motum
corporis definit. quidni enim etiam longissime dissitorum?

- [24v] Cartesius dura corpora in collisione considerat eaque resilire
cum aequalia aequali celeritate occurrunt statuit tanquam per se manife-
35 stum. Idem existimat Borellus prop. 63. vel quasi demonstrat². Wallisius
contra nullam in his fieri reflexionem statuit ut et Mariotte. Ego contra.

<C> Pardies fait aussi reflechir les corps durs. pag. 53³.

Il se trompe en voulant qu'un grand corps recoive autant de velocitè
d'un petit qui le frappe qu'un egal a ce petit.

- 40 Il parle de mes regles publiees⁴.

^h quiescere ... potest] quiescens igitur corpus nec motum idem prorsus est in infinito spatio *del.*
ⁱ ut] *ins. i. l.*

¹ « Translatio est reciproca, nec potest intelligi corpus AB transferri ex vicinia corporis CD, quin simul etiam intelligatur corpus CD transferri ex vicinia corporis AB: ac plane eadem vis & actio requiritur ex una parte atque ex altera. Quapropter si omnino propriam, & non ad aliud relatam, naturam motui tribuere vellemus, cum duo corpora contigua unum in unam, aliud in aliam partem transferuntur, sicque a se mutuo separantur, tantundem motus in uno quam in altero esse diceremus » (René Descartes, *Principia*, II, art. 29, ed. cit., VIII-1, pp. 55-56).

² Giovanni A. Borelli, *De Vi Percussionis*, cit., p. 120.

³ « Un corps dur venant à frapper sur un autre corps inébranlable, se réfléchit

I più considerano vero il moto di un corpo quando esso si sposta nello spazio mondano da un luogo determinato e fisso, ma si sbagliano. Essendo infatti lo spazio infinitamente esteso da ogni parte, quale può essere la determinazione o l'immobilità di un luogo? Diranno forse che le stelle fisse, nel sistema copernicano, sono realmente in quiete; e siano pure immobili tra loro ma, prese tutte insieme, rispetto a quale altro corpo si diranno in quiete o in che cosa si differenzieranno dall'essere velocissimamente mosse in una qualche direzione? Un corpo non può dunque essere detto in quiete né in moto nello spazio infinito; e perciò il moto e la quiete sono solo relativi.

Quanto Descartes afferma nell'articolo 29 della seconda parte è abbastanza giusto, eccetto quando dice che è richiesta la medesima forza ed azione sia per trasportare AB dalla vicinanza di CD sia per trasportare questo dalla vicinanza del primo. Ciò è vero solo quando AB è eguale a CD, altrimenti per nulla. Sbaglia anche quando definisce il moto di un corpo rispetto ai corpi immediatamente contigui; perché infatti non anche rispetto a quelli separati e lontanissimi?

[24v] Nell'urto Descartes prende in considerazione corpi duri ed afferma, come cosa di per sé manifesta, che, quando sono eguali e si scontrano con pari velocità, essi rimbalzano. La stessa cosa ritiene (o quasi dimostra) Borelli, nella proposizione 63. Wallis, al contrario, afferma che in essi non avviene alcuna riflessione, come anche Mariotte. Io la penso diversamente da questi ultimi.

<C> Anche Pardies ritiene che i corpi duri rimbalzino, alla pag. 53.

Egli sbaglia nel volere che un corpo grande riceva, da uno piccolo che lo urta, tanta velocità quanta ne riceverebbe uno eguale a quest'ultimo.

Egli parla delle mie regole pubblicate.

avec tout son mouvement » (Ignace-Gaston Pardies, *op. cit.*, p. 53). Cfr. anche le note 11 e 15 al Frammento 4.

⁴ Cfr. Ignace-Gaston Pardies, *op. cit.*, "Preface", p. [4].

Wallisius^j Infeliciter mathesin ad alia applicat ut in naturalibus et mechanicis. Putatne se parte prima demonstrasse reciprocam proportionem brachiorum et ponderum in aequilibrio constitutorum, quod prop. 12 concludit⁵. Certe nihil minus, nec quicquam demonstrationi simile attulit.

45 Centrum gravitatis pag. 73 definit⁶, non autem demonstrat dari. de quo vide Pappum⁷.

Pag. 126 ex ista centri gravitatis definitione^k propositum de quovis situ servando concludit⁸, hoc facile fit.

50 siquod est punctum unde suspensum grave quemlibet situm retineat, jam facile est ostendere non esse nisi unum. Sed tale punctum dari demonstrare artis^l est.

Wallisius non demonstrationes dat sed quasi demonstrationes, sicut Epicurei dicebant deos non corpora habere sed quasi corpora non sanguinem sed quasi sanguinem⁹. Tales demonstrationes impune adhibentur in
55 ijs quae ab alijs ante inventa et extra dubitationem posita sunt. Simul ac notulis suis algebraicis propositionem involvit, quae inde efficit putat pro demonstratione habenda.

demonstratio tentanda, Positis corporibus semiduris vel semiresilientibus ut nimirum percussione facta cum dimidia celeritate separentur vel
60 tertia parte, ejus qua concurrerunt (relative inter se non singula seorsim, hoc enim poni non opus; et constat dum relativus motus concurrentium uno aliquo casu datus sit, nec non resilientium, fore eandem resilientium celeritatem respectivam dummodo relativus occurrentium fuerit idem.)

^j Wallisius] *ins. marg.*

^l artis] *difficile del.*

^k definitione *ms.*

⁵ John Wallis, *Mechanica*, cit., I, p. 625.

⁶ *Ibi*, I, p. 618.

⁷ Cfr. la Proposizione I del Libro VIII in *Pappi Alexandrini Collectionis quae supersunt e libris manu scriptis edidit Latina interpretatione et commentariis instruxit Fridericus Hultsch*, Berlin 1875-1878, ristampa Adolf M. Hakkert, Amsterdam 1965, III, pp. 1030-1035.

Wallis applica senza successo la matematica ad altri campi, quali la fisica e la meccanica. Crede di avere forse dimostrato la proporzione reciproca dei bracci e dei pesi costituiti in equilibrio, come conclude nella proposizione 12 della prima parte? Niente affatto; non ha addotto nulla di simile ad una dimostrazione.

Alla pag. 73 definisce il centro di gravità ma non ne dimostra l'esistenza; su questo si veda Pappo.

Alla pag. 126, dalla definizione del centro di gravità, giunge alla conclusione che esso conserva sempre la propria posizione; questo è facile.

Se c'è un punto, sospeso dal quale un grave mantiene la propria posizione, allora è facile mostrare che non può essere che uno soltanto; ma il dimostrare che un tale punto esista è compito della meccanica.

Wallis non dà dimostrazioni ma quasi-dimostrazioni, così come gli Epicurei dicevano che gli dei non hanno corpi ma quasi-corpi, non sangue ma quasi-sangue. È facile usare tali dimostrazioni in ciò che è stato trovato da altri e stabilito fuori di dubbio. Mentre avviluppa la proposizione con certe sue noterelle algebriche, Wallis crede che ciò che ne ricava debba essere preso per dimostrazione.

Bisogna tentare la dimostrazione: posti dei corpi semiduri, ossia corpi che non rimbaltino perfettamente, tali cioè che si separino dopo l'urto con la metà o la terza parte della velocità con la quale si sono scontrati (considerando quella relativa tra i due corpi, non quella di ciascuno separatamente; non serve che lo si dica. È evidente che, dato in qualche caso il moto relativo di corpi che si scontrino, anche di corpi che rimbaltino per-

⁸ John Wallis, *Mechanica*, cit., I, p. 648.

⁹ Cfr. Marco Tullio Cicerone, *De natura deorum*, I, 68 e 71.

65 ostendere hic quoque centrum gravitatis aequè celeriter inque eandem partem ferri post impulsus atque ante. Demonstra primum de concurrentibus cum reciproca celeritate ponderum¹⁰, hoc est ut centrum gravitatis quiescat, vide demonstrationem suam de corporibus mollibus¹¹.



[Fig. 16]

70 Quoties quid isto Wallisij modo demonstratum invenio continuo mecum exquiro ac circumspicio an non certiori aliqua ratione idem comprobare detur.

75 quae de centrīs percussionis et agitationis propos. 15 cap. 11 tradit¹² tunc tantum vera sunt cum bases figurarum velut minimae ad altitudinem ponuntur atque eo posito nihil habet difficile haec theoria. sed in quibuslibet datis figuris multo difficilior est. de quibus egi in libro de centrīs oscillationis¹³ quem si vidisset ante Wallisius, non haec puto festinasset scribere.

<A> potest cognosci an regula libere et tota in unam partem moveatur (vel quiescat nam idem est) an partes ejus contrariorum motuum impressionem acceperint. *add. marg.*



[Fig. 15]

¹⁰ Cfr. la nota 15 al Frammento 3; la figura 16 del presente frammento si riferisce appunto a questo fondamentale caso d'urto.

¹¹ Cfr. John Wallis, *Mechanica*, cit., I, pp. 661 e sgg.

¹² *Ibi*, I, pp. 1012-1014.

¹³ Christiaan Huygens, *Horologium oscillatorium*, "Pars IV. De Centro Oscillatio-

fettamente, la velocità relativa dei corpi che rimbalzano sarà eguale, sempre che sia stato eguale il moto relativo dei corpi collidenti) mostrare che, anche in questo caso, il centro di gravità si sposta con la medesima velocità e nella medesima direzione prima e dopo l'urto. Dimostrarlo prima riguardo ai corpi che si scontrano con velocità inversamente proporzionali ai pesi, ossia tali che il loro centro di gravità sia in quiete. Si veda la dimostrazione di Wallis circa i corpi molli.



[Fig. 16]

Tutte le volte che trovo qualcosa dimostrato in questo modo, peculiare di Wallis, subito mi chiedo ed indago se non sia dato provare la stessa cosa con qualche argomentazione più certa.

Ciò che Wallis spiega circa i centri di percussione e di agitazione, nella proposizione 15 del capitolo 11, è vero soltanto se le basi delle figure sono poste come piccolissime rispetto all'altezza; posto questo, tale teoria non ha nulla di difficile. In figure comunque date, però, la teoria è molto più difficile; ne ho trattato nel libro sui centri d'oscillazione. Se Wallis l'avesse visto, penso, non si sarebbe affrettato a scrivere queste cose.

<A> Si può sapere se un regolo si muova liberamente e tutto intero in una direzione (oppure sia in quiete, che è la stessa cosa) a seconda che le sue parti abbiano ricevuto l'impulso di moti contrari oppure no.



[Fig. 15]

nis", in OC, XVIII, pp. 242-359. Il riferimento è alla prima edizione: *Christiani Hugenii Zulichemii, Const. F. Horologium Oscillatorium sive De Motu Pendulorum ad Horologia Aptato Demonstrationes Geometricae*. Parisiis, Apud F. Muguet. 1673.

corpus A per rectam seu secundum regulam AB moveatur. corpus C per rectam parallelam CD. cum A accedit ad B et C ad D, moventur utique mutuo respectu, et tamen distantiam pauxillum et veluti nihil mutant, sic in circulari motu colligatorum res se habet. *add. marg.*

<C> 1670 *add. marg.*

Il corpo A si muova in linea retta o secondo la riga AB; il corpo C, invece, lungo la parallela CD. Quando A si avvicina a B e C si avvicina a D, essi si muovono comunque l'uno rispetto all'altro, eppure mutano la loro distanza di pochissimo, quasi per niente; è così che accade nel moto circolare di corpi collegati.

<C> 1670

<FRAMMENTO 10>

[28r] de motu ex collisione vel occursu corporum.

Mariotte dans sa 3 definition distingue la vitesse respective de deux corps d'avec leurs^a vitesses propres. <A> Je dis qu'il n'y en a point de propre. au lieu de dire, quelles que soient leurs^b vitesses
5 propres¹, il devoit dire, quelles^c que soient leurs^d vitesses a l'égard de quelqu'autre corps.

Mariotte a tout pris de moy. comme peuvent attester ceux de l'academie des Sciences. m.^r du Hamel², m. Gallois³. et les registres, la machine⁴, l'experience du ressort des boules de verre⁵. l'experience d'une ou plusieurs boules poussees ensemble contre une rangee de boules pareilles⁶.
10 les theoremes que j'avois publiè. Il devoit avoir fait mention de moy. Je le luy dis un jour, et il ne sceut que respondre.

Il veut de mesme que Wallis que les corps durs sans ressort suivent les mesmes loix dans la percussion que les corps mols. Puis que (dit il)

^a leur *ms.*

^b leur *ms.*

^c qu'elles *ms.*

^d leur *ms.*

* Il Frammento 10 corrisponde alle ultime due pagine del foglio doppio H6 (ora diviso) della classificazione di Korteweg, cioè al f. 28r-v del *Codex 7A*; esso è qui considerato come un frammento autonomo sia in virtù del titolo apposto all'inizio sia per la diversità degli argomenti trattati rispetto al frammento precedente. La redazione risale agli anni tra il 1687 ed il 1689, come è dimostrato dal riferimento a Newton (cfr. nota <A>) e dall'affermazione che la pubblicazione delle regole dell'urto (1669) risale a 18 o 20 anni prima (cfr. rr. 29-31). Una data intorno al 1689 pare comunque più probabile, dal momento che Huygens afferma qui con una certa sicurezza la tesi che, nella collisione, i corpi perfettamente duri rimbalzano (cfr. rr. 16 e sgg.); nel Frammento 4 egli pareva ancora incerto su questo punto. Il foglio è più stretto degli altri ma fu certo tagliato prima di essere scritto.

¹ « Vitesse respective de deux corps, est celle avec laquelle ils s'approchent, ou s'esloignent l'un de l'autre, quelles que soient leurs vitesses propres » (Edme Mariotte, *op. cit.*, p. 2).

FRAMMENTO 10

[28r] Del moto prodotto dalla collisione, o scontro, dei corpi.

Nella sua terza definizione Mariotte distingue la velocità relativa di due corpi dalle loro « velocità proprie ». <A> Io dico che non c'è alcuna velocità propria. Anziché dire « quali che siano le loro velocità proprie », egli avrebbe dovuto dire « quali che siano le loro velocità riguardo a qualche altro corpo ».

Mariotte ha preso tutto da me, come possono attestare i membri dell'Académie des Sciences, Du Hamel e Gallois, ed i verbali: la macchina, l'esperienza dell'elasticità delle sfere di vetro, l'esperienza di una o più sfere spinte insieme contro una fila di sfere uguali, i teoremi che avevo pubblicato. Avrebbe dovuto fare menzione di me; glielo dissi, un giorno, ed egli non seppe cosa rispondere.

² Jean-Baptiste Du Hamel (1623-1706) fu *secrétaire perpétuel* dell'Accademia parigina.

³ Jean Gallois (1632-1707), l'editore del « Journal des Sçavans », fu assistente di Du Hamel all'Accademia e ricoprì spesso, in sua assenza, la funzione di segretario.

⁴ Circa la « machine » cfr. la nota 17 al Frammento 4.

⁵ Cfr. Christiaan Huygens, *De Motu Corporum ex Percussione*, "Appendice III", in OC, XVI, p. 160 [*Hug.* 26A, f. 112r] e *Extrait d'une Lettre de M. Huguens*, in OC, XVI, p. 183 [*Hug.* 2, f. 59r].

⁶ Cfr. le rr. 44 e sgg. e la nota 4 del presente frammento.

15 c'est le seul ressort qui donne le mouvement de reflexion⁷. C'est la la question. les corps mols sans ressort^e en se rencontrant retardent peu a peu leur mouvement en passant par tous les degrez de lenteur, jusqu'au repos, et ainsi il est necessaire qu'ils ne reflechissent point parce qu'il n'y a rien qui leur donne un nouveau mouvement. Mais c'est
 20 autre chose dans les corps durs^f, car leur vitesse continue tousjours sans estre interrompue ni diminuée, et partant il n'est pas estrange qu'ils rejalisent. S'il y a des atomes parfaitement durs^g comme il est croiable, (et mesme la matiere subtile de descartes semble devoir estre telle) ces particules en se rencontrant^h demeureroient toutes collees ensemble et ne
 25 composeroient pas une matiere liquide comme elles font, a moins que les corps durs ne reflechissent point en se rencontrant. Il est vray que je ne crois pas que nous ayons des corps visibles de pierre ni d'acier ni d'autre chose qui soient sans ressort⁸.

30 Une marque que je suis bien loin de me vouloir attribuer l'honneur des inventions d'autrui c'est que j'ay laissè passer plus de 18 ou 20 annees sans me vindiquer ce qui m'appartient de ces regles de percussion; en quoi m.^r Oldenburghⁱ ne m'avoit pas rendu justice comme il faloit, et moins encore m.^r Wallis.

35 Que cette theorie est de grande consequence dans la physique, principalement a l'egard de la lumiere. que des Cartes ne s'est nullement servi de ses regles de percussion, ainsi quoyque fausses elles ne detruisent rien dans le reste de sa physique.

[28v] Mariotte parle du Tonnerre⁹. mais ne rend pas raison du grondement qui dure souvent assez longtemps.

^e sans ressort] *ins. i. l.*

^f dur *ms.*

^g parfaitement durs] *ins. i. l.*

^h en se rencontrant] *ins. i. l.*

ⁱ ni Wallis *addidit marg. sed p. del.*

⁷ « Puisque c'est le seul ressort qui donne le mouvement de reflexion, il est aisé à juger que s'il y avoit quelques corps inflexibles qui se rencontrassent directement, leurs mouvements apres le chocq suivroient les mesmes loix que les boules molles sans ressort, & que lors qu'un corps inflexible en chocqueroit un autre inflexible & inébranlable, il demeureroit sans mouvement, & ne retourneroit point en arriere, puisqu'il n'auroit aucune cause nouvelle de mouvement de ce costé-là » (Edme Mariotte, *op. cit.*, p. 88); cfr. anche le note 11 e 15 al Frammento 4.

Egli vuole, come Wallis, che i corpi duri non elastici seguano nella collisione le medesime leggi dei corpi molli, « perché », egli dice, « è la sola elasticità che dà il movimento di riflessione ». È questo il punto: i corpi molli non elastici, scontrandosi, ritardano a poco a poco il loro movimento passando per tutti i gradi di lentezza, fino alla quiete e così, necessariamente, non rimbalzano, perché non c'è nulla che dia loro un nuovo moto. Ma nei corpi duri è diverso, perché la loro velocità si mantiene sempre, senza essere interrotta né diminuita, e pertanto non è strano che essi rimbalzino. Se, come è credibile, vi sono degli atomi perfettamente duri (e persino la materia sottile di Descartes sembra dover essere tale), queste particelle, incontrandosi, resterebbero tutte incollate insieme e non formerebbero una materia fluida come invece fanno, a meno che i corpi duri non rimbalzino quando si scontrano. È vero però che io non credo che ci siano corpi visibili, di pietra, d'acciaio o di altro materiale, che siano privi di elasticità.

Un segno del fatto che io sono ben lontano dal volermi attribuire l'onore delle scoperte altrui è che ho lasciato passare più di 18 o 20 anni senza rivendicare quanto mi spetta di queste regole dell'urto; in questo Oldenburg non mi aveva reso giustizia come si doveva, e meno ancora Wallis.

Questa teoria è di grande rilievo in fisica, principalmente riguardo alla luce. Descartes non si è minimamente servito delle sue regole dell'urto così che, benché false, esse non distruggono nulla nel resto della sua fisica.

[28v] Mariotte parla del tuono ma non rende ragione del rombo, che dura spesso molto a lungo.

⁸ Cfr. la medesima opinione in Edme Mariotte: « On doit conclure que la plupart des corps durs, comme l'acier, le marbre, le verre, l'ivoire, le jaspe, &c. ont une vertu de ressort prompte & ferme » (*op. cit.*, p. 87).

⁹ Cfr. *ibi*, pp. 215-226.

40 Je dis qu'il vient de ce que la matiere s'allume tout a la fois dans une grande estendue d'espace, et parce que le son emploi du temps, il en met plus a venir des endroits eloignez ou il a esté produit que des proches, et ainsi on l'entend successivement pendant quelque temps.

45 Sa demonstration pag. 175 de plusieurs boules qui choquent une ran-
gee, ne vaut rien¹⁰, par la raison que j'ay marquée a la marge. <C> Si on pouvoit considerer ces boules contigues comme un peu distantes la demonstration seroit aisée, mais cela ne se doit point, et on peut sans cela trouver la demonstrat<ion> par la consideration du ressort.^j



[Fig. 17]

50 Dans le commencement que A commence d'enfoncer B, A avance plus viste que le costè opposè de B, car autrement B ne seroit pas enfoncè par A, si son costè opposè avancoit autant que le costè frappè. de mesme le costè opposè c'est a dire le costè gauche de C avance moins viste que le costè gauche de B. Et de mesme le costè gauche de D moins viste que le costè gauche de C. Et partant le costè gauche de D avance beaucoup moins
55 viste que le costè gauche de A dans la premiere impression qu'il fait sur B. Mais pourtant ce costè gauche de D commence d'avancer aussi tost que A commence a faire plier B. Mais il se passe du temps devant que D ait acquis toute la vitesse de A, et ce temps doit estre d'autant plus long qu'il y a plus de boules contigues.

ⁱ Lors que la boule A commence a faire plier ou enfoncer B. dans ce commencement A avance encore avec facilitè et assez viste^a et la partie opposée de B fort peu et lentement, parce que B ne sent encore que peu d'impression mais quand A acheve son impression, alors toute la boule B avance avec toute la vitesse qu'avoit A.

^β de mesme lors que B n'a senti que^γ la premiere legere impression de A, alors C n'a senti qu'une fort legere impression de B. *scr. sed p. del.*

^a et assez viste] *ins. i. l.*

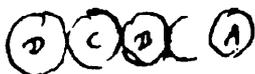
^β B s'applatit du costè ou elle est frappée par la boule A, et ainsi son diametre devient plus court qu'il n'estoit *scr. sed p. del.*

^γ peu *scr. sed p. del.*

¹⁰ Cfr. *ibi*, pp. 174-176.

Io dico che esso deriva dal fatto che la materia s'infiamma tutta insieme in una grande distesa di spazio ed il suono, poiché impiega del tempo a spostarsi, ce ne mette di più a venire dalle regioni più lontane nelle quali si è prodotto che da quelle vicine, così che lo si sente per un po' di tempo di seguito.

La sua dimostrazione di più sfere che urtano una fila di altre sfere, alla pag. 175, non vale nulla, per la ragione che ho indicato in margine. <C> Se si potessero considerare queste sfere contigue come un po' distanti, la dimostrazione sarebbe agevole; ma questo non è lecito e, tramite la considerazione dell'elasticità, si può trovare la dimostrazione di questo fenomeno senza tale ipotesi.



[Fig. 17]

All'inizio, quando A comincia a premere su B, A avanza più velocemente del lato lontano di B, perché B non sarebbe spinto da A, se il suo lato lontano avanzasse tanto quanto il lato urtato; allo stesso modo il lato lontano di C, vale a dire il lato sinistro, avanza meno velocemente del lato sinistro di B, ed egualmente il lato sinistro di D avanza meno velocemente del lato sinistro di C. Pertanto il lato sinistro di D avanza molto meno velocemente del lato sinistro di A, al momento del primo impulso che quest'ultimo esercita su B. Ma, tuttavia, questo lato sinistro di D comincia ad avanzare non appena A comincia a far flettere B; passa però del tempo, prima che D abbia acquisito l'intera velocità di A e questo tempo deve essere tanto più lungo quante più sono le sfere contigue.

- 60 Car comme le costè droit de B s'aplatit devant son costè gauche, il s'ensuit que le premier se restitue aussi devant le dernier. Par la mesme raison le costè droit de C se restitue devant son costè gauche,^k et ensemble le costè droit de D. Mais par cette restitution la boule D acquiert son mouvement egal a celuy qu'avoit A; donc il paroît que ce mouvement de D
65 vient d'autant plus tard apres le coup d'A sur B, qu'il y a plus de boules.

^k et le costè droit de D devant son costè gauche ainsi *scr. sed p. del.*

<A> ita omnes V u l g o. et aussi Newton. *add. marg.*

 marquez les propositions. *add. marg.*

<C> Il veut qu'elles plient comme un anneau, et que le costè opposè se retire un peu d'abord¹¹. Il faudroit donc que par les costez elles s'etendissent ou s'elargeassent, ce qui feroit qu'en mettant des boules a costè de celle qu'on frappe elles^a seroient chassees, ce qui n'arrive point. *add. marg.*

^a elle *ms.*

¹¹ Cfr. *ibi*, pp. 171-172.

Poiché il lato destro di B si comprime prima del lato sinistro, ne consegue che esso riacquista anche la sua forma originaria prima dell'altro. Per la stessa ragione il lato destro di C riacquista la sua forma originaria prima del lato sinistro e così accade al lato destro di D. Ma, attraverso questo ritorno alla forma originaria, la sfera D acquisisce un movimento eguale a quello che aveva A; è chiaro dunque che questo movimento di D si produce tanto più tempo dopo l'urto di A su B quante più sono le sfere.

<A> Così pensano tutti comunemente, ed anche Newton.

 Segnare le proposizioni.

<C> Egli sostiene che esse si piegano come un anello e che, dapprima, il lato opposto si ritira un poco. Esse dovrebbero dunque estendersi o allargarsi sui lati, il che comporterebbe che, mettendo delle sfere a lato di quella urtata, queste ultime vengano scacciate. Ma questo non accade.

<FRAMMENTO 11>

[30r] qui autem Terram moveri statuunt, ut fere omnes nunc astro-
 nomi ac philosophi, ij dubitare <non> possunt quin eodem modo omnia
 eveniant in navi vectis atque in Terra stantibus, quia sciunt non magis hos
 <quam>^a illos quiescere, omnesque motus de quibus^b hic inquirimus re-
 5 spective ad alia corpora accipiendos esse^c. [?] ^d Quid enim inquirere^e jube-
 rent quid fiat in motibus veris veraque quiete, non vero relativis. Nemo
 quidem hoc exegit^f eorum qui de hisce percussionum legibus^g egerunt sed
 quid contingat nobis^h Terra versantibus quaesiverunt, quod et necessario
 faciendumⁱ. Quod si cui id satis non es<set> is ostendere deberet^j quid sit
 10 quod vere moveatur aut vere quiescat. in quo frustra laborabit neque exitum
 inveniet. Quinimo^k si diligenter naturam motus inspiciatur, invenie-
 mus verum istum motum et quietem quomodo illi intelligunt^l non solum
 cognosci non posse, sed neque esse omnino in rerum natura,^m neque alium
 dari motum corporum nisi mutuo respectuⁿ. quod paradoxon novum ac

^a sciunt ... quam] neque hi neque
 del.

^b de quibus] quos del.

^c qui ... esse] Quod autem postu-
 lavimus motus de quibus hic inquirimus
 respective ad alia corpora accipiendos
 esse nemo^a est qui non concedat^b del.

^a eorum qui scr. sed p. del.

^b non concedat] negare debeat del.

^d *verbum non intelligitur* \\ Neque
 enim scr. sed p. del.

^e a me scr. sed p. del.

^f Nemo quidem hoc exegit] Hoc
 sane nemo postulavit del.

^g hisce percussionum legibus] hac
 re del.

^h novis ms.

ⁱ sed ... faciendum] ins. marg.

^j Quod ... deberet] Quod^a si quis
 faceret is tunc ostendat del.

^a Quod] Etenim del.

^k neque ... Quinimo] #

^l quomodo illi intelligunt] ins. i. l.

^m quod scr. sed p. del.

ⁿ nisi mutuo respectu] quam mu-
 tuo respectu, quod hic ostendere^a ope-
 raepretium erit^b del.

^a ostendere] ostendisse del.

^b erit] videtur del.

* Il Frammento 11 corrisponde al foglio doppio H7 della classificazione di Korteweg, cioè ai ff. 30r-v e 32r-v del *Codex* 7A. L'implicito riferimento ai *Principia* newtoniani (cfr. rr. 146-148) e l'accenno al periodo d'oscillazione dei pendoli all'equatore (cfr. nota <H>) indicano che la redazione non risale a prima del 1687. Il brusco inizio sembra doversi collegare all'argomentazione interrotta alla r. 99 del Frammento 8.

FRAMMENTO 11

[30r] Coloro che considerano invece la Terra in movimento, come fanno ora quasi tutti gli astronomi ed i filosofi, non possono dubitare che tutto avvenga nello stesso modo per chi è trasportato da una nave e per chi si trova sulla terraferma, in quanto sanno che il primo non è in quiete più del secondo e che tutti i moti che qui consideriamo sono da intendersi in relazione ad altri corpi. E che, dunque? Vorrebbero forse che si indaghi su cosa avvenga nei moti e nella quiete veri, non relativi? Ma questo non lo ha in realtà preteso nessuno di coloro che hanno trattato questo leggi dell'urto; essi ricercarono soltanto che cosa avvenga a noi che ci troviamo sulla Terra. Questo va necessariamente ricercato e se, per qualcuno, ciò non fosse sufficiente, egli dovrebbe mostrare che cosa sia veramente in moto o in quiete. Ma in questo si affaticherà inutilmente e non raggiungerà alcun risultato. Ed anzi, se esaminiamo con cura la natura del moto, troveremo che questo vero moto e questa vera quiete, quali essi li intendono, non solo non possono essere conosciuti ma neanche esistono in alcun modo in natura e che non c'è moto dei corpi se non relativo. E varrà qui la pena di dimostrare questo paradosso, singolare e contrario all'opinione di molti; la

15 multorum sententiae adversum^o, hic comprobare operae pretium erit. neque tamen ab hac demonstratione quae non perinde omnibus intelligitur^p sequentium^q veritas pendebit sed tum^r ab eo quod jam sumsimus^s principio, tum ab alijs^t quibusdam nihilo minus certis, quae postmodum adferemus.^u

20 Ceux qui^v tiennent que la Terre est en repos et immobile disent^w que tout corps qui garde sa place a l'égard de la Terre repose veritablement et que celui^x qui change sa place a l'égard de la Terre, se meut veritablement.^y

25 Ceux qui sçavent que la Terre se meut diront peut estre que les Estoiles fixes reposent. Mais les uns et les autres, si on leur demande ce que c'est qu'estre en repos, ils n'ont pas autre chose a dire, si non^z que c'est quand un corps et chacune de ses parties gardent le mesme lieu dans l'espace du Monde. Mais comme cet espace^a est infiniment etendu de tous costez, sans bornes, sans milieu ce qui est trop clair pour^b avoir besoin de preuve^c il faut qu'ils avouent qu'il n'y a rien^d par ou determiner un certain lieu la dedans ni que mesme^e il n'y a rien en quoy un lieu differe d'un autre a l'égard de ce mesme espace infini^f. Car^g quand ils disent que cet espace^h

^o ac multorum sententiae adversum] omniumque opinione repugnans del.

^p quae ... intelligitur] *ins. i. l.*

^q sequentium] postulati alicujus del.

^r tum] *ins. i. l.*

^s sumsimus] posuimus del.

^t tum ab alijs] alijsque del.

^u qui autem ... adferemus.] *ins. marg. superiore* \\ Je veux essayer de trouver une demonstration de mon principe.

Je l'auray si je montre qu'il n'y a point de mouvement que relatif, et que ceux la se trompent qui croient qu'il y a un mouvement veritable outre cela.

Voions donc ce qu'ils appellent mouvement reel ou veritable. C'est la translation d'un corps d'un lieu de l'espace mondain dans un autre.

Ils scavent et avouent qu'on ne

scauroit determiner aucun lieu certain *scr. sed p. del.*

^v Ceux qui] Itaque hi qui

^w disent] determinent del.

^x que celui] *ins. i. l.*

^y Ce n'est pas a eux que je veux avoir a faire, car leur opinion est^a refutée par tant d'arguments tant tirez de l'astronomie que de la physique que je crois pouvoir supposer qu'ils sont dans l'erreur. *scr. sed p. del.*

^a est] a esté del.

^z si non] *ins. i. l.*

^a cet espace] l'espace del.

^b trop clair pour] plus clair qu'on del.

^c ce ... preuve] *ins. i. l.*

^d qui scr. sed p. del.

^e mesme] *ins. i. l.*

^f ni ... infini] *ins. marg.*

^g Car] Et del.

^h infini *scr. sed p. del.*

verità dei teoremi che seguono non dipende però da questa dimostrazione, che non sarà egualmente compresa da tutti, ma soprattutto da quel principio che abbiamo già assunto e da taluni altri, non meno certi, che addurremo in seguito.

Coloro che sostengono che la Terra è in quiete, immobile, dicono che un corpo che conserva il proprio luogo rispetto alla Terra è veramente in quiete e che uno che lo cambia è veramente in moto.

Coloro che sanno che la Terra si muove diranno forse che le stelle fisse sono in quiete. Ma gli uni e gli altri, se si domanda loro cosa significhi essere in quiete, non hanno altro da dire se non che ciò accade quando un corpo e ciascuna delle sue parti conservano il medesimo luogo nello spazio del mondo. Ma poiché questo spazio è infinitamente esteso da tutte le parti, senza limiti né centro (ciò che è troppo chiaro per avere bisogno di prova), è necessario che essi ammettano che non c'è nulla che consenta di determinare in esso un certo luogo e nemmeno qualcosa per cui, rispetto a questo medesimo spazio infinito, un luogo si differenzi da un altro. Quando dicono che questo spazio è immobile, al fine che anche le sue parti

est immobile, pour y trouver aussi des parties immobiles,ⁱ je ne scay quelle
 35 conception ils en ont. mais ils ne pensent pas, que c'est ce qu'on cherche
 encore, de scavoïr ce que c'est que d'estre immobile, et ainsi ils font un
 cercle. Ils ont peutest<e> considerè qu'il estoit absurd de dire qu'il fust en
 mouvement, et pour cela ils ont conclu qu'il est donc imm<obile>^j au lieu
 qu'ils devoient considerer que ni le repos ni le mouvement convient a cet
 espace infini, mais seulement a des corps, ou improprement^k a l'espace^l
 40 entant qu'il^m est occupè ou enfermè de corps.ⁿ Il paroît donc qu'on peut
 bien dire que les estoiles fixes^o sont en repos entre elles et mutuo respectu,
 mais non pas qu'elles^p ayent avec cela un repos qui se doive^q dire veritable.
 Et il en est de mesme de tout autre corps, scavoïr qu'on ne le peut dire
 estre en repos qu'a l'egard d'un ou plusieurs autres avec les quels il garde
 45 la mesme disposition et distance, ni qu'il soit en mouvement sinon à l'egard
 de quelques autres^r corps a l'egard des^s quels il change sa distance ou si-
 tuation. Mais diront ils si on supposoit donc qu'il n'y eust^t qu'un seul
 corps dans le monde, ne pourroit il^u pas estre meu? Je respons,^v qu'il ne
 peut non plus estre en repos, parce que l'un et l'autre sont respectifs^w. et
 50 que dans l'espace infini il n'y a rien a quoy avoir respect s'il n'y a d'autres
 corps. Car si je demande en quoy consistera le repos ou le^x mouvement de
 ce corps unique, ils n'ont rien a respondre si ce n'est qu'il gardera ou qu'il
 changera sa^y place dans l'espace du monde. mais s'il n'y a rien qui de-
 termine l'identitè^z de lieu dans cet espace comme il a esté dit,^a il n'y
 55 aura aussi point de changement de lieu.^b Mais diront ils si j'estois aupres
 de la boule A^c dans l'espace du monde vuide au reste, et que je la^d pous-

ⁱ pour ... immobiles,] *ins. i. l.*

^j Ils ont peutestre ... immobile]
ins. i. l.

^k improprement] *ins. i. l.*

^l a l'espace] aux espaces *del.*

^m entant qu'il] qui *del.*

ⁿ au lieu ... corps.] *ins. marg.*

^o estoiles fixes] parties *del.*

^p soient *scr. sed p. del.*

^q qui se doive] qu'on puisse

^r autre *ms.*

^s a l'egard des] avec les *del.*

^t on ... eust] il n'y avoit donc *del.*

^u pourroit il] pourra *del.*

^v qu'ils me disent ce que c'est que
 d'estre meu, *scr. sed p. del.*

^w respectifs] respectives *del.*

^x repos ou le] *ins. i. l.*

^y gardera ... sa] changera de *del.*

^z rien qui determine l'identitè]
 point d'identitè *sive* rien par ou determi-
 ner l'identitè *del.*

^a comme ... dit,] *ins. i. l.*

^b il se pourroit suivant eux que par
 hasard un corps se trovast donc dans ce
 veritable repos. mais ils avoueront pre-
 mierement que cela ne se peut connoi-
 tre. Puis je demanderay en quoy ce repos
 consiste. Ils diront^a qu'il garde mesme
 place dans l'espace immobile infini. ce
 qui revient &c. *addidit marg. sed p. del.*

^a dirons *ms.*

^c de la boule A] du globe A *sive* de
 ce corps *del.*

^d la] le *del.*

risultino immobili, io non so che concetto ne abbiano; ma non pensano che il sapere cosa significhi essere immobili è ciò che ancora si sta cercando e cadono così in un circolo vizioso. Essi hanno forse considerato che sarebbe assurdo dire che lo spazio è in movimento ed hanno per questo concluso che esso è immobile, mentre avrebbero dovuto considerare che né la quiete né il movimento possono essere attribuiti a questo spazio infinito, ma solo a dei corpi o, ma impropriamente, allo spazio, in quanto esso è occupato o racchiuso dal corpo. Pare dunque che si possa ben dire che le stelle fisse sono in quiete tra loro e l'una rispetto alle altre, ma non che esse abbiano, per questo, una quiete che debba dirsi vera. E lo stesso vale per qualsiasi altro corpo, vale a dire che non lo si può dire in quiete che relativamente ad uno o più altri corpi rispetto ai quali non muta posizione o distanza né lo si può dire in moto che relativamente ad altri rispetto ai quali le muta. Ma, essi diranno, se si supponesse che nel mondo ci fosse un solo corpo, non potrebbe essere in movimento? Rispondo: quel corpo non può nemmeno essere in quiete, perché moto e quiete sono relativi e nello spazio infinito non c'è nulla con cui avere una relazione, se non ci sono altri corpi. Se io domando in che cosa consisteranno la quiete o il moto di questo corpo unico, essi non hanno altro da rispondere se non che esso manterrà o cambierà il proprio luogo nello spazio del mondo. Ma se non c'è nulla che determini l'identità di luogo in questo spazio, come si è detto, non ci sarà nemmeno cambiamento di luogo. Ma, essi diranno, se io fossi vicino

sasse^e en l'eloignant de moy ne luy auray je pas donnè^f du mouvement? Je repons qu'ouy à l'egard^g de vous de qui elle^h s'eloigne, maisⁱ vous ne pouvez pas dire qu'elle^j en ait a l'egard de l'espace du monde, et la raison
60 est la meme qu'au cas precedent.^k

[30v] <A>^l Mais, diront ils^m, durabit facta impressio in globum A. hac enim fiet ut continue aequaliter pergat respectu mei. Quod si jam ego qui impulsi in nihilum redigar an non durabit etiam post impressio in globo facta? Si autem durat, ergo jam movetur absque respectu meo aut alius
65 cujusque rei, aut certe aliquid habet globus A quod non habebat antequam mea opera impelleretur.

Respondeo, impulsu globi A effectum esse ut existat motus inter te et illum, sive ut respectu mutuo moveamini; non enimⁿ tunc tu ipse magis quiescere dici potes quam globus A, neque enim ante impulsum uterque
70 quiescere dici poteratis nisi inter vos. Sicut igitur redacto ad nihilum globo A, non potest dici te moveri per ea quae ante diximus, sic neque te sublato, dici potest moveri globus A, nec erit aliquid in illo quod non inerat antequam impelleretur.

 Non recte autem concipitur impressio inhaerere corpori^o A post impulsum cum tantum maneat motus respectu corporis tui qui movisti^p. Et
75

^e la poussasse] poussasse ce corps
del.

^f donnè] *ins. i. l.*

^g s'entend *scr. sed p. del.*

^h elle] *il del.*

ⁱ non pas *scr. sed p. del.*

^j qu'elle] qu'il *del.*

^k et ... precedent.] *ins. i. l.* \\\ mais si apres l'avoir ainsi^a poussè je cessois d'estre, ce corps n'aura 't il plus de mouvement? Je dis que la definition du mouvement ne luy convient point, et que vous ne pouvez pas dire en quoy alors consiste le mouvement de ce corps solitaire.^b *scr. sed p. del.*

^a ainsi] *ins. i. l.*

^b *marg. scr. non delenda sed p. del.*

^l mais dieu ne peut il pas impellere^a diversement ce corps soli-

taire. Ouy. Et ces impulsions si elles ne produisent point de mouvement seront elles sans aucun effet. *addidit marg. superiore sed p. del.*

^a impellere] donner des impulsions
del.

^m encore *scr. sed p. del.*

ⁿ enim] *autem del.*

^o corpori] globo *del.*

^p Mais ... movisti] Ils feront encore cette objection. Pone me cum duobus corporibus A et B^a inter se et mei respectu^b quiescentibus ac conjunctis^y in toto spatio mundano. impelli^b deinde a me corpus A, ita ut a B discedat, durabit facta impressio in corpus istud^c. hac enim fiet ut continue aequaliter pergat recedere a B. Quod si jam B a deo in nihilum redigatur atque etiam ipse qui

alla sfera A, nello spazio del mondo per il resto vuoto, e la spingessi, allontanandola da me, non le avrei dato del movimento? Rispondo: sì, riguardo a te, dal quale essa si allontana. Ma non potete dire che essa ne abbia relativamente allo spazio del mondo, e la ragione è la stessa che nel caso precedente.

[30v] <A> Ma, essi diranno, l'impulso esercitato sulla sfera A si manterrà; per esso, infatti, A continua a muoversi uniformemente rispetto a me. E se ora io che l'ho spinta vengo ridotto al nulla, l'impulso esercitato sulla sfera non durerà forse anche dopo? Ma, se dura, allora A si muove senza relazione a me o a qualsiasi altra cosa, oppure ha senz'altro qualcosa che non aveva prima che io la spingessi con la mia azione.

Rispondo: spingendo la sfera A, hai fatto sì che ci fosse un moto tra te ed essa, ossia che vi muoviate l'uno rispetto all'altra. Non si può infatti dire che sia in riposo più tu stesso che non la sfera A e nemmeno, prima della spinta, potevate dirvi in quiete se non l'uno rispetto all'altra. Così dunque come, ridotta al nulla la sfera A, per quanto abbiamo detto prima, non si può dire che tu ti muova, così, tolto te, non si può nemmeno dire che si muova la sfera A né vi sarà in essa qualcosa che non c'era prima che fosse spinta.

 Non è dunque corretto pensare che nel corpo A, dopo la spinta, sia presente un impulso, poiché rimane soltanto il moto rispetto al tuo

impulsi corpus A an non durabit etiam post impressio in A facta? Si autem durat, ergo jam movetur absque respectu B aut certe aliquid habet A quod non habebat antequam mea opera impelleretur.

Respondeo, impulsu corporis A effectum esse ut existat motus inter corpora A et B, sive ut respectu mutuo moveantur; non enim tunc B magis quiescere dici potest quam globus A, neque enim ante impulsum utraque quiescentia dici poterant nisi inter se^c. Sicut igitur redacto ad nihilum A, non potest dici moveri B, sic neque abolitoⁿ B, dici potest moveri A, nec erit aliquid in A quod non

inerat antequam impelleretur, nisi quod a te qui impulisti recedere perseverabit.

Non recte autem^o dicitur impressio inhaerere corpori A post impulsum cum tantum maneat motus respectu corporis B *del.*

^a A et B] *ins. i. l.*

^b et mei respectu] *ins. i. l.*

^γ ac conjunctis] *ins. i. l.*

^δ impelli] moveri *del.*

^ε corpus istud] corpore A *del.*

^ζ neque ... se] *ins. i. l.*

^η abolito] intereunte *del.*

^θ Non recte autem] Hic vero *del.*

in hoc errari solet, quod qualitatem aut vim^q impressam aut impetum in corporibus existere postquam impulsa fuerint^r imaginamur quorum virtute moveantur, imo quidam existimant violentia quadam affici corpora celerissime mota, ut^s vel nimia celeritate dissolvantur vel liquescant glandes plumbeae. quorum^t nihil propter motum accidit, sed forsitan propter aeris occursum. Ex motu enim^u corpora nihil accipiunt^v neque habent^w praeter hoc ipsum quod aliorum respectu distantiam aut situm commutent^x.

<C> Hoc autem^y semper ita ex aequo utrisque convenit^z, ut nunquam A magis moveatur respectu B quam B respectu A, ^a adeo quidem ut si corpora A et B mutuo respectu quiescant, solaque praeter te in mundo existere ponantur^b atque A^c millecuplo majus fuerit quam B, tamen sive tu^d A ita impuleris ut certa celeritate a B discedat, sive B impuleris ut eadem illa celeritate discedat^e ab A, idem prorsus^f effeceris^g, etsi hoc multo minori labore constiterit quam alterum. Pleraque hic^h mira videbuntur aut forsitan etiam absurda atque aliena, ijs qui noviter in ea incident. at serio diligenterqueⁱ perpendenti vera^j esse apparebit^k. neque enim quicquam opponi potest quod non ex ijs quae dicta sunt facile explicetur.

qu'on n'a aucun indice, lors qu'il n'y a que ces 2 corps, pour connoître lequel des deux a receu l'impulsion.^l ni s'il y^m en a 3 ou plusieurs. qu'on peut regarder chaque corps comme en repos, pour y rapporter le mouvement des autres. Et ainsi quand on dira cy apres que quelques corps ont telle ou telle vitesse, cela se devra entendre a l'égard de quelques autres

^q aut vim] *ins. marg.*
^r postquam impulsa fuerint] *ins.*
i. l.
^s hinc *scr. sed p. del.*
^t quorum] quod *del.*
^u enim] autem *del.*
^v accipiunt] accipiant *del.*
^w imo ... habent] cum nihil aliud ipsis^a fiat quam ut vel moveantur \\
habent] habeant *del.*
^a ipsis] impulsu *del.*
^x distantiam aut situm commutent] locum mutant *del.* \\
neque quicquam *scr. sed p. del.*
^y autem] porro
^z convenit] accidit *del.*

^a undecunque *scr. sed p. del.*
^b solaque ... ponantur] *ins. i. l.*
^c corpora ... A] corpus A, in praecedenti hypothese *del.*
^d tamen sive tu] atque tu vero *del.*
^e discedat] *ins. i. l.*
^f idem prorsus] eundem prorsus effectum *del.*
^g respectu spatij mundani *inseruit i. l. sed p. del.*
^h Pleraque hic] Multa in hoc *del.*
ⁱ diligenterque] ac diligenter *del.*
^j vera] manifesta *del.*
^k apparebit] comperient *del.*
^l mais seulement *scr. sed p. del.*
^m ni s'il] *ins. i. l.*

corpo, che ha prodotto il moto. In questo si sbaglia di solito: ci si immagina che nei corpi, dopo che sono stati spinti, risieda una qualità o una forza impressa o un impeto in virtù dei quali essi si muovano. Al punto che c'è chi ritiene che nei corpi rapidissimamente mossi risieda una qualche violenza, così che i proiettili di piombo, per un'eccessiva velocità, si dissolvano o si liquefacciano; di queste cose, però, nessuna accade per il moto ma forse per la resistenza dell'aria. Da un moto, infatti, i corpi non ricevono o subiscono altro che un mutamento di distanza o di posizione rispetto ad altri.

<C> Ma questo vale sempre in modo eguale per entrambi, così che mai A si muove rispetto a B più di quanto B si muova rispetto ad A. Ne consegue che se i corpi A e B sono in quiete l'uno rispetto all'altro e si pone che esistano solo essi nel mondo, oltre a te, e A sia mille volte più grande di B, tuttavia, sia che tu spinga A in modo che si allontani con una determinata velocità da B, sia che tu spinga B in modo che si allontani con la medesima velocità da A, avrai prodotto esattamente lo stesso effetto, benché quest'ultima azione sia costata molta meno fatica della prima. Queste cose appariranno per la maggior parte straordinarie e forse anche assurde ed insensate, a chi vi si imbatte per la prima volta. Ma a chi rifletta con serietà ed attenzione, apparirà chiaramente che sono vere. Non si può infatti obiettare nulla che non si spieghi facilmente a partire da quanto abbiamo detto.

Quando non ci sono che questi due corpi, non si ha alcun indizio per sapere quale dei due abbia ricevuto la spinta; e nemmeno se ce ne sono tre o più. Si può considerare in quiete qualsiasi corpo e riferire ad esso il moto degli altri. E così, quando più oltre si dirà che certi corpi hanno questa o quella velocità, ciò si dovrà intendere rispetto ad altri corpi che sono con-

qu'on considere comme en repos.ⁿ qu'il n'y a rien qui determine si un
 100 corps se meuve en ligne droite, et qu'elle ne peut estre definie qu'a l'egard^o
 de quelques corps qui gardent une certaine position^p entre eux. Icy des
 diverses directions et que qui reposent gardent la mesme position et
 distance.^q Et du changement inegal de^r distance tantost fort lente tantost
 viste, quoy que entre 2 corps allant singula motu aequabili.^s que de garder
 105 certaine position entre eux, n'est^t pas une marque que des corps sont en
 repos les uns des autres.^u

[32r] <D> Il faut donc sçavoir que l'on connoit que des corps sont
 en repos entre eux,^v lors qu'estant libres a se mouvoir separement^w et
 point liez ni detenus ensemble, ils gardent leur position entre eux. Comme
 110 si plusieurs^x boules sont posees sur une table bien unie et qu'elles demeurent
 chacune sans mouvement dans leur place sur la table, alors elles sont
 en repos entre elles et a l'egard de cette table^y. J'ay dit qu'elles doivent
 estre libres a se mouvoir separement parce qu'elles pourroient garder de
 mesme leur place, estant liees ensemble, ou attachees a la table,^z et estre
 pourtant en mouvement entre elles. ce qui peut paroître^a estrange; Mais^b
 115 c'est en quoy consiste la nature du mouvement circulaire, le quel existe lors
 que deux ou plusieurs corps, ou bien les parties differentes d'un mesme^c
 corps sont poussees a se mouvoir par des directions differentes, et que leur
 eloignement est empeschè par le lien qui les unit ensemble. de sorte que
 c'est le mouvement respectif entre ces corps ou entre^d les parties d'un seul,

ⁿ qu'on peut ... repos.] *ins. marg.*

^o legard *ms.*

^p gardent une certaine position]
 reposent *del.*

^q qu'on n'a ... distance.] *ins. marg.*

^r de] *ins. i. l.*

^s Et ... aequabili.] *ins. marg. inferiore*

^t n'est] ne prouve *del.*

^u que de garder ... autres.] *ins. marg. et del. sed marg. scr. non delenda*
 \\ Or^a je n'ay parlè jusqu'icy que de la^b
 lation simple des corps dans lequel toutes
 leurs^y parties participent egaleme
 du mouvement. Je passe maintenant au
 mouvement circulaire, pour montrer,
 que ce qu'on [32r] appelle vray mouve-

ment ne se^d trouve pas d'avantage icy
 que dans le mouvement droit. mais qu'il
 n'est de mesme que respectif. *scr. sed p. del.*

^a Or] Caeterum *del.*

^b la] *ins. i. l.*

^y leur *ms.*

^d se] s'y *del.*

^v quand ils ne sont *scr. sed p. del.*

^w a se mouvoir separement] *ins. i. l.*

^x plusieurs plusieurs *ms.*

^y et ... table] *ins. i. l.*

^z ou ... table,] *ins. i. l.*

^a peut paroître] paroit *del.*

^b ce ... Mais] Et *del.*

^c mesme] *ins. i. l.*

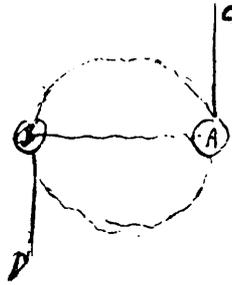
^d entre] *ins. i. l.*

siderati immobili. Non c'è nulla che determini se un corpo si muove in linea retta né essa può essere definita che rispetto a corpi che conservino una certa posizione tra loro. Trattare qui delle diverse direzioni e del fatto che i corpi in quiete mantengono la medesima posizione e distanza; e del cambiamento di distanza non uniforme, a volte lentissimo a volte velocissimo, tra due corpi pure mossi singolarmente di moto uniforme. Il mantenere una certa posizione reciproca non è segno che i corpi siano in quiete l'uno rispetto all'altro.

[32r] <D> Bisogna dunque sapere che si sa che due corpi sono in quiete tra loro quando, essendo liberi di muoversi separatamente e non legati né uniti insieme, conservano la loro posizione reciproca. Ad esempio, se più sfere sono posate su una tavola ben levigata e ciascuna resta ferma al proprio posto, allora esse sono in riposo tra loro e riguardo a questa tavola. Ho detto che devono essere libere di muoversi separatamente, perché esse potrebbero egualmente conservare il loro posto, se fossero legate insieme o attaccate alla tavola, ed essere tuttavia in moto tra loro. Ciò può sembrare strano ma in questo consiste la natura del movimento circolare, che si ha quando due o più corpi, oppure le parti differenti di uno stesso corpo, sono spinti a muoversi in direzioni differenti ed il loro allontanamento è impedito dal legame che li unisce. Così che esso è il movimento relativo tra questi corpi, oppure tra le parti di uno solo, con

120 avec changement continu de direction, mais avec perseveration de distance^e à cause du lien^f. <E>

<F> Comme quand deux boules A et B tenant^g ensemble par le fil AB, et estant entre elles en repos; (ce qui se juge suivant^h ce qui a esté dit, par leur repos avec d'autres corps qui sont libres au mouvement et qui
125 gardent pourtant leur position et distance). Si A est poussé vers C, et B vers D, estant les lignes AC, BD perpendiculaires à AB et dans un mesme planⁱ et les impulsions egales. alors ces corps se mouvent dans une circumferen-
ce de cercle, au diamètre AB, s'entend a l'égard des corps^j parmi les quels A et B repositoient auparavant. Ainsi^k A et B auront du mouvement entre eux, c'est a dire au respect l'un de l'autre, sans pourtant que leur position
130 ou distance entre eux change.



[Fig. 18]

^e avec perseveration de distance] des quels la distance demeure *del.*

^f le quel ... lien] car les^a corps qui se mouvent^b se peuvent mouvoir circulairement, et avoir ainsi du mouvement respectif entre eux, sans qu'ils changent entre eux de position. Et lors qu'un seul corps tourne sur son centre ses parties ont entre eux un mouvement respectif quoy qu'elles demeurent liees et jointes^γ comme elles sont.^δ Pour expliquer quoy il faut considerer que quand des corps sont en repos entre eux de la maniere que je viens de dire, si quelqu'un d'eux est poussé, il se meut en ligne droite a l'égard des autres, et continue d'aller d'une vitesse egale si quelqu'autre corps ne l'en empesche^ε. *ε del.*

^a les] plusieurs *sive des del.*

^b mouvement] *ms.*

^γ et jointes] *ins. i. l.*

^δ quam certum est manere immota quae inter se quiescunt tam certum est perseverare moveri aequabili progressu quae semel moventur. *add. marg.*

^ε si ... empesche] s'il ne trouve rien qui *del.*

^ζ an necesse sit ut principium poni. *add. marg.*

^g tenant] estant liees *del.*

^h suivant] par *del.*

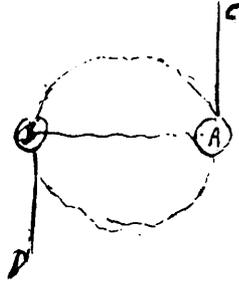
ⁱ et ... plan] *ins. i. l.*

^j aupres] *scr. sed p. del.*

^k ces] *scr. sed p. del.*

continuo cambiamento di direzione ma senza cambiamento di distanza, a causa del legame. <E>

<F> Siano date ad esempio due sfere A e B, tenute insieme dal filo AB ed in quiete tra loro (ciò che, secondo quanto è stato detto, si giudica dalla loro quiete rispetto ad altri corpi, liberi di muoversi, che conservano tuttavia la loro posizione e distanza); se A è spinto verso C e B è spinto verso D, e le linee AC e BD sono perpendicolari ad AB e situate nel medesimo piano e le spinte eguali, allora questi corpi si muovono lungo una circonferenza di diametro AB, naturalmente rispetto ai corpi con i quali erano prima in quiete. A e B avranno così del moto tra loro, vale a dire l'uno rispetto all'altro, senza tuttavia che la posizione o la distanza tra loro cambi.



[Fig. 18]

<G> Sans qu'on puisse dire combien l'un et l'autre ont de ce mouvement qu'on appelle vulgo veritable, ni sans qu'ils aient ce¹ mouvement veritable du tout, comme n'estant qu'une chimere et fondè sur une fausse
135 idée.

Il en est de mesme d'un seul corps, par ex.^m d'une roue ou globe; si non que dans les parties d'un tel corps il y a des directions differentes de toutes manieres, et non pas seulement par des lignes paralleles comme icy. Or ce mouvement circulaire se connoit, ou par rapport auxⁿ corps qui
140 sont^o aupres en repos entre eux et libres; Ou par la vertu centrifuge de la quelle &c.^p qui cause ou^q la tension du fil qui lie 2 corps^r ensemble et ainsi leur mouvement circulaire se connoit^s quand mesme ces autres corps n'y seroient point. Ou bien quand il n'y a qu'un corps qui circule, elle cause^t la projection de quelques corps qu'on pourroit y placer dessus,
145 comme si c'estoit une table tournante, des boules qu'on mettroit dessus hors qu'au centre, s'en fuïroient aussi tost et la quitteroient. Et^u dans de l'eau tournante dans un vase circulaire, elle cause^v l'elevation de l'eau vers les bords^w.¹ <H>

[32v] que j'ay donc montrè comme dans^x le mouvement circulaire
150 aussi bien qu'au mouvement libre et droit il n'y a rien que de relatif^y. de sorte que c'est tout ce qu'il y a à connoitre au mouvement, et aussi tout ce^z qu'on a besoin de connoitre. <I> Mais comme j'ay desia dit ceux qui^a feroient scrupule de consentir a ce raisonnement, n'ont que faire de s'en embarasser l'esprit, et doivent seulement tenir ce qui a esté posè touchant
155 le mouvement dans le vaisseau, scavoit que les repercuissions des corps s'y font tout de mesme qu'a ceux qui sont a terre. hoc enim exemplum ut

¹ ce] *ins. i. l.*

^m par ex.] comme *del.*

ⁿ au *ms.*

^o entre *scr. sed p. del.*

^p de la quelle &c.] *ins. i. l.*

^q la vertu ... ou] *ins. i. l.*

^r 2 corps] les 2 *del.*

^s et ... connoit] *ins. i. l.*

^t elle cause] par *del.*

^u Et] Or *del.*

^v elle cause] par *del.*

^w causée par sa force centrifuge, de la quelle nous donnerons la mesure au traité de cet argument *scr. sed p. del.*

^x dans] *ins. i. l.*

^y a quoy je puis ajouter, que *scr. sed p. del.*

^z dont *scr. sed p. del.*

^a ne scauroient *scr. sed p. del.*

¹ Cfr. Isaac Newton, *Principia*, ed. cit., pp. 9-10.

<G> Senza che si possa dire quanto l'uno e l'altro abbiano di questo movimento, che comunemente si definisce vero, e senza che essi abbiano del tutto tale movimento, che non è che una chimera fondata su un'idea falsa.

Accade lo stesso ad un unico corpo, ad esempio ad una ruota o ad una sfera; se non che, nelle parti di un tale corpo, ci sono direzioni differenti in tutte le maniere e non solo secondo linee parallele come in questo caso. Ora, questo movimento circolare si conosce o in rapporto ai corpi vicini che sono in quiete tra loro e liberi, oppure grazie alla forza centrifuga (della quale ecc.); questa forza causa o la tensione del filo che lega i due corpi insieme, e così il loro moto circolare si riconosce anche senza quegli altri corpi, oppure, quando non c'è che un unico corpo ruotante, essa provoca la proiezione dei corpi che potrebbero essergli collocati sopra. Su una tavola ruotante, ad esempio, delle sfere appoggiate fuori dal centro sfuggirebbero immediatamente e la lascerebbero; in acqua che ruoti in un vaso circolare, la forza centrifuga causa l'innalzamento del liquido verso i bordi.
<H>

[32v] Ho dunque mostrato che nel movimento circolare, come in quello libero e rettilineo, non c'è niente che non sia relativo, così che questo è tutto quanto c'è da sapere del movimento ed anche tutto quanto serve sapere. <I> Ma, come ho già detto, coloro che avessero qualche scrupolo ad acconsentire a questo ragionamento non hanno motivo di imbarazzarsene la mente e devono solamente attenersi a quanto è stato posto riguardo al movimento della nave, vale a dire che le collisioni dei corpi vi avvengono

captu facillimum in demonstrationibus quae sequuntur frequenter adhibebimus.

Ils diront, nous ne pouvons pas scavoir^b peutestre en quoy consiste le
 160 mouvement, mais scavons seulement qu'un corps qui a receu de l'impul-
 sion se meut. Respondeo cum Ideam motus non aliunde habeamus quam
 ex mutatione positus corporis alicujus vel partium ejus (ut in motu
 circulari)^c ad alia corpora, nullum idcirco^d motum imaginari possumus
 quin^e istam positus mutationem contingere concipiamus, quoniam non po-
 165 test motus concipi cui non conveniat idea motus^f.

mais diront ils quoyqu'il n'y ait rien par ou je puisse mesurer ni con-
 noitre le mouvement de ce corps solitaire, il pourra bien pourtant se mou-
 voir. car qu'y a t il de plus absurde que de dire qu'un corps qui est dans
 l'espace infiniment etendu et qui n'y trouve point d'obstacle n'y puisse pas
 170 recevoir du mouvement? Vous m'avouez, repons je, que par ce mouvement
 il doit changer de place. nous l'avouons diront ils, mais ce changement de
 place se peut faire aussi quoyque nous n'ayons rien pour nous en apperce-
 voir. Mais vous m'avouez donc aussi que ce corps solitaire^g peut estre en
 repos dans cet espace infini. Or en quoy consistera ce repos. Ils diront a
 175 garder une mesme place. Mais il a desia esté dit qu'il n'y a point dans cet
 espace d'identité de place; ainsi nous sommes revenus a la mesme difficul-
 tète, et a cette fausse idee des espaces immobiles^h.

Ils diront qu'on ne peut nier que ce corps uniqueⁱ ne puisse recevoir
 des impulsions tantost d'un costè tantost d'un autre, ni qu'il ne cede à ces
 180 impulsions et que c'est là se mouvoir, car que ces impulsions alors ne
 seront pas sans effet.

Je repons qu'il y peut bien recevoir de l'impulsion^j, et^k cette impul-
 sion peut produire du mouvement a l'égard de l'impulseur ou d'autres

^b pouvons pas scavoir] scavons pas
 del.

^c vel ... circulari)] *ins. i. l.*

^d idcirco] etiam *del.*

^e vel *scr. sed p. del.*

^f concipi ... motus] non convenire
 ideae suae *del.*

^g que ce corps solitaire] qu'un corps
 del.

^h et ... immobiles] *ins. i. l.*

ⁱ unique] *ins. i. l.*

^j mais cette impulsion ne produit
 point de mouvement si le mouvement
 est défini par changement de place, puis
scr. sed p. del.

^k et] *ins. i. l.*

esattamente come a terra. Di questo esempio, in quanto facilissimo a comprendersi, ci avvarremo frequentemente nelle dimostrazioni che seguono.

Essi diranno: forse non possiamo sapere in che cosa consista il movimento, però sappiamo che un corpo che ha ricevuto una spinta si muove. Rispondo: poiché non traiamo l'idea del movimento che dal cambiamento di posizione di un corpo o delle sue parti (come nel moto circolare) rispetto ad altri corpi, non possiamo di conseguenza immaginare alcun movimento senza intendere che questo cambiamento di posizione si verifichi, perché non si può concepire un moto al quale non si adatti l'idea di movimento.

Ma, essi diranno, nonostante non ci sia nulla che mi consenta di misurare o conoscere il movimento di questo corpo solitario, tuttavia esso potrà certo muoversi; cosa c'è di più assurdo del dire che un corpo, che si trova nello spazio infinitamente esteso e non vi incontra alcun ostacolo, non vi possa ricevere del movimento? Voi mi concedete, rispondo, che in virtù di questo movimento esso deve cambiare luogo. Lo concediamo, diranno, ma questo cambiamento di luogo può avvenire anche senza che noi si abbia modo di percepirlo. Ma, dunque, voi ammettete anche che questo corpo solitario può essere in quiete in questo spazio infinito; ora, in cosa consisterà questa quiete? Nel conservare il medesimo luogo, essi diranno. Ma si è già detto che, in questo spazio, non c'è identità di luogo; siamo così ritornati alla medesima difficoltà ed alla falsa idea di spazi immobili.

Essi diranno che non si può negare che questo corpo unico possa ricevere delle spinte, ora da un lato ora dall'altro, né che esso ceda a queste spinte; questo è appunto muoversi, altrimenti queste spinte saranno senza effetto.

Rispondo che esso può certamente ricevere una spinta e questa spinta può produrre del movimento riguardo a chi l'ha esercitata o ad altri corpi,

185 corps s'il y en avoit. Mais^l hors de cela, elle ne produit pas du mouvement dans l'espace infini, si l'on définit le mouvement estre le changement de place, puisque une place ne differe point d'une autre a l'égard de cet espace. Et il n'y a rien là de plus estrange que de dire qu'il ne peut y avoir de cercle dont les lignes droites^m du centre à la circonference soient inegales, puis que cela est contre la definition du cercleⁿ.

190 Ils diront qu'un corps que dieu aura créé, et au quel il n'aura donné aucune impulsion, sera dans un vray repos: de sorte qu'estre en repos ce sera exister sans avoir receu d'impulsion, Et que^o peut estre^p de cette maniere les Estoiles fixes ou du moins leurs centres sont en repos. Je repons voicy donc une nouvelle definition du repos, dans la quelle on n'a
195 plus^q egard a la continuation d'un mesme lieu. Et par consequent, se mouvoir sera exister ou avoir esté créé, et avoir en suite receu de l'impulsion. Ce qui est dire la cause du mouvement mais non pas ce que c'est, ni en quoy il consiste. ^r Mais si par l'un et l'autre la mesme chose sera effectuée dans ce corps unique^s il s'ensuivra^t que son^u repos ne differra point
200 de son mouvement, ce qui est absurde. que si par l'un il s'est effectuè autre chose que par l'autre, qu'on me dise donc en quoy consiste la difference. Qu'on me dise si un corps en mouvement, ne doit pas avoir necessairement une certaine vitesse. Et si cette vitesse se peut concevoir dans un corps seul sans egard a d'autres corps.^v S'ils disent qu'ouy, c'est donc a l'égard de
205 l'espace immobile mondain, et ainsi nous voila revenus a cette mesme notion fausse.

^l dans^a l'espace infini *scr. sed p. del.*

^a dans] a l'égard de *del.*

^m droites] *ins. i. l.*

ⁿ Je repons ... cercle] Je dis qu'elles sont sans aucun^a effet, si non a l'égard de l'impulseur. parce que ce corps n'a en soy rien d'avantage apres l'impulsion que devant *del.*

^a aucun] *ins. i. l.*

^o que] *ins. i. l.*

^p que *scr. sed p. del.*

^q plus] aucun *del.*

^r Ce qui ... consiste.] *ins. marg.*

^s l'un ... unique] l'une et l'autre c'est a dire par l'impulsion ou sans impulsion^a la mesme chose sera effectuée dans ce corps unique *sive* l'impulsion il ne se sera rien effectuè d'avantage dans ce corps unique que sans impulsion^b *del.*

^a c'est ... impulsion] *ins. i. l.*

^b que sans impulsion] *ins. i. l.*

^t ensuivra] ensuivroit *del.* \\ que cette action de dieu *inseruit i. l. sed p. del.*

^u son] le *del.*

^v Car *scr. sed p. del.*

se ce ne fossero. Ma, oltre a questo, essa non produce movimento nello spazio infinito, se si definisce il movimento come cambiamento di luogo, perché riguardo a questo spazio un luogo non si differenzia da un altro. E non c'è in questo nulla di più strano di quanto ci sia nel dire che non può esistere un cerchio i cui raggi siano ineguali, perché questo è in contraddizione con la definizione di cerchio.

Essi diranno che un corpo che Dio avrà creato, ed al quale non avrà dato alcuna spinta, sarà veramente in quiete; essere in quiete significherà così esistere senza avere ricevuto spinte e forse le stelle fisse, o almeno i loro centri, sono in quiete in questo modo. Rispondo: ecco dunque una nuova definizione di quiete, nella quale non si fa più caso alla persistenza nel medesimo luogo. Di conseguenza, muoversi significherà esistere, o essere stati creati, ed avere in seguito ricevuto una spinta. Il che è dire la causa del movimento ma non cosa esso sia né in cosa consista. Ma se il moto e la quiete produrranno il medesimo effetto in questo corpo unico, ne seguirà che la sua quiete non sarà differente dal suo movimento, il che è assurdo; e se hanno prodotto effetti diversi, mi si dica dunque in cosa consiste la differenza. Mi si dica se un corpo in movimento non deve necessariamente avere una certa velocità e se questa velocità si possa concepire in un corpo solo, senza riferimento ad altri corpi. Se dicono che ciò è possibile, allora si riferiscono allo spazio mondano immobile, ed ecco che siamo ritornati alla stessa falsa nozione.

<A> ils s'imaginent que l'impression demeure dans un corps, et qu'il se meut par cette impression. mais il faut scavoit qu'il n'y a rien dans un corps meü, si non cela mesme qu'il change sa situation ou distance d'avec d'autres. direz vous qu'un corps en repos garde une impression? ^a Je ne ^b parle jusqu'icy que du mouvement ^c d'un corps qu'entant que toutes ses parties en participent egalement, car touchant le mouvement circulaire &c.

Que le mouvement estant relatif, on ne peut pas dire de deux corps entre qui il y a du mouvement ^d que l'un en ^e ait plus que l'autre ou que l'un soit en repos et l'autre se meut, si l'on ne ^f les raporte a d'autres corps. *add. marg.*

 ce que c'est que le mouvement libre.
puis du circulaire. *add. marg.*

<C> si duo tantum.
tum magnum et parvum. *add. marg.*

<D> a cause du mouvement circulaire. dont je traiteray incontinent.

que des corps reposent entre eux lors qu'estant tout a fait libres au mouvement, ils gardent leur position entre eux. et conversim, quand, estant libres, ils gardent leur situation, alors ils sont entre eux en repos. et alors si on en pousse un, il decrit une ligne droite a l'egard des autres, et avance egalement. ^g Ce qui est un principe qui se doit supposer. Et c'est d'icy qu'on peut seulement definir et connoitre ce que c'est que d'aller en ligne droite et egalement. Car mesme ce mouvement du bateau en ligne droite et egal que nous avons posè dans l'establissement ^h du principe, ne peut estre posè tel, que suivant la determination de la ligne droite que je viens d'apporter ⁱ. On peut aussi connoitre les diverses directions des corps entre eux par ces diverses lignes droites qu'ils parcourent a l'egard de ceux qui reposent ainsi entre eux. ¹

car s'ils sont attachez ou retenus ^m ensemble ils peuvent garder leur situation mutuelle et estre pourtant en mouvement les uns a l'egard des autres. apres l'explication du mouvement circulaire, revenir aux diverses directions des corps entre eux, et leur éloignement inegal quand mesme ⁿ ils ne seroient que deux au monde. d'icy la lenteur ^o d'éloignement bien que dans une celerité grande dans des directions paralleles. *add. marg.*

^a direz ... impression?] *add. marg.*

^b ne] *ins. i. l.*

^c qui *scr. sed p. del.*

^d entre ... mouvement] *ins. i. l.*

^e en] *ins. i. l.*

^f n'a *ms.*

^g et avance egalement.] *ins. i. l.*

^h letablissement *ms.*

ⁱ Et c'est ... d'apporter] ou bien qu'il arrive mesme choc dans un bateau allant egalement a l'egard du rivage,

(dont les parties peuvent estre demontrees estre en repos entre elles) que sur terre, ou dans le mesme bateau arrestè. Car de la on peut demontrer la continuation du mouvement en ligne droite egalemen<t> comme on verra cy apres *del.*

¹ et conversim ... eux.] *ins. marg.*

^m retenus] *tenus del.*

ⁿ mesme] *ins. i. l.*

^o la lenteur] le peu *del.*

<A> Essi s'immaginano che l'impulso resti in un corpo e che esso si muova per quest'impulso; ma bisogna sapere che in un corpo mosso non c'è nulla, se non il fatto stesso che cambia situazione o distanza rispetto ad altri. Direte che un corpo in quiete mantiene un impulso? Io non parlo qui che del movimento di un corpo al quale tutte le sue parti partecipino egualmente, perché riguardo al movimento circolare ecc.

Poiché il moto è relativo, non si può dire, di due corpi tra i quali ci sia movimento, che l'uno ne abbia più dell'altro oppure che l'uno sia in riposo e l'altro si muova, a meno di fare riferimento ad altri corpi.

 Cosa sia il moto libero.

Poi il moto circolare.

<C> Se due soli corpi ...

Poi il corpo piccolo e quello grande ...

<D> A causa del moto circolare, del quale tratterò subito.

Due corpi sono in quiete tra loro quando, essendo del tutto liberi di muoversi, conservano la loro posizione reciproca; e viceversa quando essi, essendo liberi, conservano la loro posizione reciproca, allora sono in quiete tra loro. Se allora se ne spinge uno, esso descrive una linea retta rispetto agli altri ed avanza uniformemente. E questo è un principio che deve essere postulato. Soltanto a partire da esso si può definire e sapere cosa sia il muoversi uniformemente in linea retta; persino quel moto rettilineo ed uniforme del battello, che abbiamo posto nello stabilire il principio, non può infatti essere considerato tale che seguendo la determinazione di linea retta che ho appena fornito. Anche le diverse direzioni dei corpi tra loro possono essere conosciute grazie alle diverse linee rette che essi percorrono rispetto a corpi in quiete tra loro nel modo che si è detto.

Perché essi, se sono collegati o tenuti insieme, possono conservare la loro situazione reciproca ed essere tuttavia in moto gli uni rispetto agli altri. Dopo la spiegazione del moto circolare ritornare alle diverse direzioni dei corpi tra loro ed al loro allontanamento non uniforme anche se ce ne fossero solo due al mondo. Da qui la lentezza dell'allontanamento anche se si muovono a grande velocità lungo direzioni parallele.

<E> qui cognoscatur, nempe ex tensione fili. vel projectione impositorum.
add. marg.

<F> pone globulos alterum in mensa in terra juxta ripam^p. alterum in mensa
in navigio.
aufer gravitatem. *add. marg.*

<G> mouvement circulaire est changement de direction sans changement de
distance.

le mouvement des corps tournants circulairement consiste au changement
continuel de direction. *add. marg.*

<H> on connoit par la que les fixes reposent entre elles et n'ont point receu
d'impulsion pour aller en rond, parce qu'elles s'écarteroient à moins que d'estre
fichees dans une sphere solide comme autrefois quelques uns ont cru: Par conse-
quent la terre l'a receu ce qu'on connoit d'une^q autre maniere^r par les horloges
c'est a dire qu'elle rejette plus fort vers l'Equinoctial².

Or dans la circulation de^s 2 corps liez par le fil AB, on connoit qu'ils ont
receu impulsion qui a produit leur mouvement ou direction respective entre eux;
mais on ne peut pas connoitre à les considerer seuls^t s'ils ont este poussez egale-
ment, ou si l'un seulement car si on avoit poussè le seul A, le mouvement circulaire
et la tension du fil se seroit ensuivie de mesme, quoyque ce cercle auroit eu alors un
mouvement progred<ssif a l'egard des autres corps en repos.>^u *add. marg.*

<I> m.^r Newton dit qu'il a escrit tout son traitè pour connoitre le vray mou-
vement. pag.³ *add. marg.*

^p juxta ripam] *ins. i. l.*

^q d'un *ms.*

^r Par consequent ... maniere] et on
connoit d'une autre costè que la Terre a
receu du mouvement circulaire ou re-

spectif entre ses parties *del.*

^s de] des *del.*

^t à les considerer seuls] *ins. i. l.*

^u *sic suppleverunt editores in OC*

² Cfr. Christiaan Huygens, *Discours de la Cause de la Pesanteur*, in OC, XXI, pp. 462-463.

³ « Motus autem veros ex eorum causis, effectibus & apparentibus differentiis colligere, & contra, ex motibus seu veris seu apparentibus, eorum causas & effectus, docebitur fusius in sequentibus. Hunc enim in finem Tractatum sequentem composui » (Isaac Newton, *Principia*, ed. cit., p. 11); Huygens ha qui omesso il numero di pagina.

<E> E lo si riconosce dalla tensione del filo o dal fatto che corpi appoggiati sopra vengono scagliati via.

<F> Poni una sfera sopra una tavola a terra presso la riva, l'altra sopra una tavola nella nave.

Elimina la gravità.

<G> Il moto circolare è cambiamento di direzione senza cambiamento di distanza.

Il moto dei corpi che ruotano in cerchio consiste nel continuo cambiamento di direzione.

<H> Si sa da questo che le stelle fisse sono in quiete tra loro e non hanno ricevuto alcuna spinta per muoversi circolarmente: esse infatti si sparpaglierebbero, a meno che fossero infisse in una sfera solida, come un tempo alcuni hanno creduto. Di conseguenza la Terra ha ricevuto questa spinta; e questo si apprende anche in un altro modo, per mezzo degli orologi: vicino all'Equatore, infatti, la Terra respinge i corpi con più forza.

Ora, nella rotazione di due corpi legati dal filo AB, si sa che essi hanno ricevuto una spinta che ha prodotto il loro movimento o direzione reciproca; a considerarli separatamente, però, non si può sapere se siano stati spinti entrambi oppure uno solo. Se infatti fosse stato spinto il solo A, il moto circolare e la tensione del filo si sarebbero egualmente prodotti; questo cerchio avrebbe però avuto allora un moto di avanzamento rispetto ad altri corpi in quiete.

<I> Newton dice di aver scritto l'intero suo trattato per riconoscere il moto vero, pag.

<FRAMMENTO 12>

[33r] De principio illo quod quae moventur non desinunt moveri.

Sicut in Mechanicis operationibus aliquid impedimenti adfert^a materiae imperfectio quod non satis levia aut dura sint instrumenta^b, in demonstrationibus autem ut perfecta considerantur. Ita hic faciendum quoque, ut
 5 et durissima corpora fingamus et in eo loco librata ubi nihil motui eorum obsistere possit. Quae autem istis suppositis demonstraverimus, cum ijs experimenta satis exacte convenient, cum et durities satis perfecta sit ad hoc in corporibus nonnullis et aer vix quicquam officiat.

Quiescere unumquodque dicitur respectu eorum a quibus eandem
 10 servat distantiam similiter moveri respectu eorum quibuscum distantiam commutat. Trochus.^c Neque ullo modo opus est ut prius^d in universo hoc exquiram num^e quid revera quiescat aut ubinam id collocatum sit^f. Nam licet vel nihil tale existat tamen et quietis et motus ratio eomodo iniri potest uti jam definivimus. Et haec cum ijs quae a Cartesio dicta sunt
 15 conveniunt.^g

Primum de simplici corpore disserendum, quod compositus ejus motus simplex invenitur^h, siquis alterum cum ipso corpore communem habeat. Qui terram moveri intelligunt nulla ipsis in hisⁱ est difficultas. Qui

^a adfert] adferunt *del.*

^b instrumenta] machinae *del.* \ \ sic in *scr. sed p. del.*

^c Cum igitur corporum concurrentium impulsus examinare volo, ea videlicet considerata sumo # moventur, et uniuscuiusque motum definitio prout a me vel a puncto quod mihi quiescit^a discedit vel appropinquat. *scr. sed p. del.*

^a vel ... quiescit] *ins. i. l.*

^d prius] #

^e num] *ins. i. l.*

^f aut ... sit] Neque invenire quidem id possem *del.*

^g Et ... conveniunt.] *ins. i. l.*

^h invenitur] videtur *sive est del.*

ⁱ ipsis in his] *ins. i. l.*

* Il Frammento 12 corrisponde al foglio semplice H8 della classificazione di Korteweg, cioè al f. 33r-v del *Codex* 7A. Mancano in questo frammento riferimenti che consentano una datazione precisa; esso è comunque il più antico tra quelli raccolti nel

FRAMMENTO 12

[33r] Del principio per il quale ciò che si muove non cessa di muoversi.

Come l'imperfezione della materia arreca qualche impedimento nelle operazioni meccaniche, in quanto gli strumenti non sono abbastanza leggeri o resistenti e tuttavia, nelle dimostrazioni, essi sono considerati come perfetti, allo stesso modo bisogna fare anche qui e fingere che esistano corpi durissimi e sospesi in un luogo dove nulla si possa opporre al loro moto. Una volta fatte queste supposizioni, ciò che avremo dimostrato concorderà in modo sufficientemente esatto con gli esperimenti, perché diversi corpi sono dotati di durezza sufficiente per i nostri scopi e l'aria si oppone al movimento in modo non rilevante.

Un corpo si dice in quiete rispetto a quei corpi con i quali mantiene la medesima distanza e, similmente, si dice in moto rispetto a quelli con i quali la muta. La ruota. Non è in alcun modo necessario che io indaghi preliminarmente per sapere se qualcosa sia realmente in quiete nell'universo e dove mai sia collocato. Se anche non esiste niente di simile, infatti, la natura del moto e della quiete può nondimeno essere penetrata, nel modo che abbiamo già definito; ciò concorda con quanto ha detto Descartes.

Bisogna trattare dapprima del corpo semplice e spiegare che un suo moto composto risulta semplice se qualcuno ha in comune con esso l'altro moto. Coloro che intendono che la Terra si muove non hanno alcuna dif-

Codex 7A, non solo per la differenza della calligrafia da quella degli ultimi anni di vita di Huygens ma soprattutto per la definizione del moto e della quiete esposta alle rr. 9-11, che nel 1688 era ormai stata abbandonata. Il foglio è alto poco più della metà degli altri ma appare integro.

20 autem stare credunt, navis exemplo persuadendi. Etenim si quis tudiculario ludo in navi ludat aequaliter leniterque pergente non aliud in occursum globulorum evenire cernet quam si supra terram mensa constituta esset.

Primus liber aut pars de aequalibus globis. Et de infinita percussione potentia. Et quod aequalis in collis digrediendi celeritas et^j appropinquandi. ad singula unum axioma.

25 Aequae multum motus remanere debere nostrum esse principium posset ad reliqua. sed ita intellectum ut aequae multum remaneat motus in eandem partem. Facile ostenditur secundum Cartesium non explicari posse.

[33v] Vacuum sive extensio corpore vacans facile cogitari potest. Ponemus tamen materiam sed quae nec juvet nec impediatur motum. Hoc
30 etiam nostro aeri convenientius^k. Aerem parum tantum gravissimis corporibus metallorum resistere, exemplis cadentium fit manifestum. Sed jam nihil officere supponemus. Parte secunda de gravitate, quod unumquodque eo difficilius movetur eoque constantius motum servat quo gravius est. Quod nullius nulla sit extensio captiose dictum videtur^l. Mihi videtur alia
35 esse notio loci continentis quam corporis in eo contenti. Quid tamen cum omnes qualitates a corpore auferimus cogitatione? quid remanet praeter extensum?

Videtur corpus secundum Cartesium non differre a Vacuo philosophorum². Sane si nihil praeter extensionem ei tribuit, non video quomodo
40 alia corpora illisa repellent. Nam quod dimensionum nullam penetrationem dari ait, ut vulgo dicitur³, id frivolum est. Non erit item quo figurae ab invicem discretas sint. aut si motu suo satis separatas existimat, saltem non habebunt quo figuras suas conservent, nisi duritiam tribuamus. Vide-

^j et] quae del.

^k convenientius] ins. i. l.

¹ Cfr. René Descartes, *Principia*, II, art. 18, ed. cit., VIII-1, p. 50.

² *Ibi*, VIII-1, p. 42 (II, art. 4).

³ Cfr. ad esempio il Regius: «Locus internus, qui etiam spacium rei locatae dicitur, non est aliquid in longitudinem, latitudinem, & profunditatem extensum, quod corpus aliquod continet; quippe quod dari non possit: nam tale extensum, propter suam in omnes dimensiones extensionem, aliud quilibet extensum nequaquam contineret,

ficoltà riguardo a questo. Coloro che credono che la Terra sia ferma, invece, vanno persuasi con l'esempio della nave. Chi giochi a biliardo su una nave che avanza in modo uniforme e tranquillo, infatti, nello scontro delle biglie non vedrà accadere nulla di diverso che se il tavolo fosse posto sulla terraferma.

Il primo libro (o parte) ha come oggetto sfere eguali, l'infinita potenza dell'urto e l'eguaglianza della velocità di separazione e di avvicinamento nei corpi che si scontrano. Utilizzare un unico assioma per ciascuna proposizione.

Il nostro principio, per quanto riguarda il resto, potrebbe essere quello di conservazione del movimento, ma inteso nel senso che rimane un'eguale quantità di moto nella stessa direzione. Si mostra con facilità che ciò non può essere spiegato secondo Descartes.

[33v] Il vuoto, ossia un'estensione priva di corpi, può essere immaginato con facilità. Porremo tuttavia una materia, tale però che non favorisca né ostacoli il movimento; ciò è anche più appropriato all'aria intorno a noi. Dall'esempio dei corpi che cadono è manifesto che l'aria oppone solo una piccola resistenza ai pesantissimi corpi dei metalli; supporremo però che non resista affatto. Nella seconda parte, che tratta della gravità, bisogna dire che, quanto più un corpo è grave, tanto più difficilmente si muove e tanto più a lungo conserva il moto. Quanto all'argomento che il nulla non ha estensione, ciò mi sembra detto in modo capzioso; mi sembra che il concetto del luogo che contiene sia diverso da quello del corpo che vi è contenuto. Che accade, tuttavia, se dal corpo astraiano col pensiero tutte le qualità? Cosa rimane, a parte l'estensione?

Sembra che il corpo, come lo intende Descartes, non differisca dal vuoto dei filosofi. Ed indubbiamente, se egli non attribuisce al corpo altro che l'estensione, non vedo in che modo esso potrà respingere altri corpi che lo urtino; ciò che afferma, vale a dire che non ci può essere penetrazione delle dimensioni, come si dice comunemente, non ha infatti alcun valore. Egualmente, non ci sarà nulla per cui le figure si distinguano l'una

sed excluderet: cum nulla unquam fieri possit dimensionum penetratio » (*Henrici Regii Ultrajectini Fundamenta Physices*, Amstelodami, Apud Ludovicum Elzevirium. 1646, p. 33).

tur autem et ipse Cartesius duritiem ijs tribuisse, (licet non dicat) eo ipso
45 quod figuras proprias servare singulas particulas et alias pellere statuat⁴.
Sed male eam non insuperabilem ponit, cum comminui et deteri et sphae-
ricas reddi scribit⁵. Ponamus ergo duritiem insuperabilem: aliquas videli-
cet materiae partes ejusmodi figuras obtinere quas nullo modo amittere
50 queant, reliquam vero materiam inter illas diffusam quae nihil earum motui
obsistere possit, cum tantum hoc habeat ut extensa sit.

⁴ René Descartes, *Principia*, II, art. 37, ed. cit., VIII-1, p. 62.

⁵ *Ibi*, VIII-1, pp. 103-104 (III, art. 48) e p. 142 (III, art. 86).

dall'altra o, se egli ritiene che siano sufficientemente separate dal loro moto, come minimo esse non avranno modo di conservarsi, a meno di attribuire ai corpi la durezza. Ma sembra che lo stesso Descartes l'abbia loro attribuita (benché non lo dica), per il fatto stesso che ha affermato che le singole particelle conservano le loro figure e respingono le altre particelle. Egli sbaglia, però, a non porre insuperabile questa durezza, quando scrive che le particelle vengono sminuzzate, consumate e ridotte a forma sferica. Poniamo dunque che esista una durezza insuperabile, vale a dire che alcune parti della materia posseggano figure tali che non possono in alcun modo perdere, e che la restante materia, diffusa in mezzo ad esse, sia tale da non poter resistere affatto al loro moto, in quanto è semplicemente estesa.

<FRAMMENTO 13>

[34r] Corpora a corporibus moveri.

quales leges servant inquirere operaepretium. hinc enim &c.

multi itaque diligentiam adhibuere. quorum ante nos praecipui Galileus Cartesius Fabrius.^a

5 Galileus nihil videtur reperisse quod placeret.

Cartesius et caeteri falsa quod male firmis principijs uterentur.

Hoc manifestum fiet ubi nostras demonstravero.

10 Regulae quidem ipsae in publicis^b diarijs Eruditorum^c Gallicis Anglicisque ante multos annos insertae fuere. E quibus apparet eas a me^d primum si quid id est^e fuisse repertas. attamen^f et Chr. Wrennium propria meditatione^g praecipuas earum deprehendisse. Nam^h quae a Wallisio simul cum hisce tunc prodierunt ad ea tantumⁱ corpora pertinebant quae a contactu mutuo non resiliunt, de resilientibus nihil definivit.^j

^a Borellus. *scr. sed p. del.*

^b publicis] *ins. i. l.*

^c Eruditorum] *ins. i. l.*

^d a me] *mihi del.*

^e si quid id est] *ins. i. l.*

^f attamen] *sed sive quanquam del.*

^g meditatione] *industria*

^h Nam] *porro et Wallisij del.*

ⁱ tantum] *ins. i. l.*

^j Demonstrationum quibus has motuum^a leges confirmabam praecipu-

um fundamentum erat quod si corpora sibi mutuo occurrentia communi alio moto^b involuta essent^γ, velut in progrediente navigio

Quia vero nulla addita^δ demonstratione tam nostrae quam Wrennii regulae editae fuerunt, recte *scr. sed p. del.*

^a motuum] *ins. i. l.*

^b alio moto] *alteri motui del.*

^γ involuta essent] *ferrentur del.*

^δ nulla addita] *absque del.*

* Il Frammento 13 corrisponde alle prime due pagine del foglio doppio H9 della classificazione di Korteweg, cioè al f. 34r-v del *Codex 7A*; esso comprende inoltre alcune righe, scritte sul f. 35v, che Huygens aggiunse in seguito e collegò con un tratto di penna

FRAMMENTO 13

[34r] I corpi sono mossi dai corpi.

Mette conto indagare quali leggi essi osservino; da esse infatti ecc.

Molti le hanno studiate con attenzione e, tra essi, i principali prima di noi sono Galileo, Descartes e Fabri.

Galileo non sembra aver trovato nulla che lo soddisfacesse.

Descartes e gli altri hanno sbagliato perché si sono avvalsi di principi poco saldi.

Ciò diverrà manifesto quando avrò dimostrato le nostre regole.

Tali regole furono in realtà inserite molti anni fa nel « Journal des Sçavans » e nelle « Philosophical Transactions », dove appare che esse furono scoperte per primo da me, per quello che ciò può contare. E tuttavia anche Christopher Wren ha scoperto le regole principali per proprio conto. Quelle pubblicate allora da Wallis insieme a queste, infatti, si riferivano soltanto ai corpi che nell'urto non rimbalzano; dei corpi che rimbalzano egli non definì nulla.

al testo del f. 34r. Il f. 35r, che si troverà riprodotto alla p. 328, contiene calcoli e disegni di argomento astronomico ed è stato escluso dall'edizione. La redazione non è distante nel tempo da quella del Frammento 1, il cui inizio è qui richiamato; alla r. 9 Huygens afferma che la pubblicazione delle regole dell'urto (1669) avvenne « ante multos annos ». Nel margine sinistro del f. 34r compaiono alcuni disordinati calcoli letterali, coperti in molti punti dal testo, che sono forse riferibili alla lettura della memoria di Wallis citata nella nota 8 al Frammento 4; essi non sembrano tuttavia appartenere al testo e sono stati pertanto tralasciati.

15 Puto autem et certas indubitasque^k demonstrationes harum
regularum^l primum esse a me repertas, quas tunc quidem^m plerasque una
cum ipsis regulis societati Regiae Britannicae exhibuiⁿ. nunc vero quia
nondum editae exstant visum est hoc libro eas exponere.^o

[35v] ^p certas autem^q demonstrationes hasce a me primum^r repertas
dico, quod dubiae ac tantum verisimiles videantur quae^s ab alijs hac in re
20 adductae fuerunt, quibus^t aut^u falsa theoremata non nunquam veri spe-
ciem induerunt^v, aut^w vera quae essent^x non ea^y qua opus evidentiā con-
firmata inveniuntur^z.

[34r] Demonstrationes nostras priusquam conscribam, de principijs
varijs quae in his alijs secuti sunt paucis disserere^a libet quae saepe quidem
25 veri similitudinem non parvam^b habent, neque eo minus falsa atque inva-
lida comperiuntur.

Sicut inprimis Cartesianum^c illud, eandem in natura perpetuo
manere^d motus quantitatem, eoque et in corporibus duobus inter se^e
collisis,^f quantitatem vero^g in singulis corporibus recte aestimabat ex mole
30 ipsorum in celeritatem ducta. Hoc prin<cipio> in definiendis repercussio-
num casibus ille^h usus est, quod universaliterⁱ verum non es<t> licet non
fallat in his^j quae non resiliunt a contactu^k. In duris enim^l ita demum
verum est^m si dicatur eandem motus quantitatem in ea<ndem> partem

^k indubitasque] perspicuasque

^l harum regularum] *ins. i. l.*

^m tunc quidem] *ins. i. l.*

ⁿ exhibui] obtuleram *del.*

^o nunc ... exponere.] *ins. i. l. \\
expositio continuatur in f. 35v*

^p dico autem *inseruit marg. sed p.
del.*

^q autem] *ins. i. l.*

^r primum] *ins. i. l.*

^s dubiae ... quae] dico dubiae veri-
similesque tantum *del.*

^t non nunquam *scr. sed p. del.*

^u aut] vel *del. \\
ins. i. l.*

^v non ... induerunt] #

^w aut] vel *del.*

^x quae essent] *ins. i. l.*

^y ea] *ins. i. l.*

^z confirmata inveniuntur] stabili-
re^a potuerunt *del.*

^a stabilire] confirmare *del.*

^a dissere *ms.*

^b non parvam] *ins. i. l.*

^c Sicut inprimis Cartesianum] Ve-
lut Cartesij *del.*

^d perpetuo manere] servari *sive
permanere del.*

^e inter se] sibi *del.*

^f eoque ... collisis,] #

^g vero] *ins. i. l.*

^h ille] *ins. i. l.*

ⁱ universaliter] *ins. i. l.*

^j tantum] *ins. i. l.*

^k his ... contactu] mollibus *del.*

^l licet ... enim] *ins. i. l.*

^m verum est] *ins. i. l.*

Penso tuttavia che anche le dimostrazioni certe ed indubitabili di queste regole, che presentai allora per la maggior parte alla Royal Society britannica unitamente alle regole stesse, siano state scoperte da me per primo; ma poiché esse non sono ancora pubblicate, mi è parso opportuno esporle ora in questo libro.

[35v] Affermo che queste dimostrazioni certe sono state scoperte per primo da me perché quelle addotte da altri intorno a questo argomento appaiono dubbie e solo verisimili; per mezzo di esse, infatti, o falsi teoremi hanno assunto un'apparenza di verità o teoremi veri risultano provati senza l'evidenza che sarebbe necessaria.

[34r] Prima di mettere per iscritto le nostre dimostrazioni, voglio discutere brevemente dei vari principi seguiti da altri studiosi in questo campo, principi che hanno spesso non poca verisimiglianza ma non per questo risultano meno falsi e privi di valore.

Si pensi innanzitutto, ad esempio, al ben noto principio cartesiano, secondo il quale in natura, e perciò anche nell'urto tra due corpi, si conserva sempre la medesima quantità di movimento. Giustamente egli valutava questa quantità, nei singoli corpi, come il prodotto della loro mole per la velocità. Nel definire i casi d'urto egli si è servito di questo principio che, benché non sia erroneo nei corpi che nell'urto non rimbalzano, non è universalmente vero. Come si mostrerà in seguito, infatti, nei corpi duri esso è vero soltanto se si intende che si conserva la medesima quantità di

35 permanere, sumto excessu eorum cum sunt contrarij. sicut in seq<uentibus> ostendetur.

Volebatⁿ etiam Cartesius, corpus majus quiescens a tantillo^o minore quacunque celeritate impacto nihil moveri,^p hanc causam adferens quod tunc^q major resistentia esset in quiescente quam vis ad movendum in impellente^r.

40 [34v] At longe contra Vir^s Ingeniosissimus Pardies in libello quem de hoc argumento reliquit;^t ubi quamlibet^u parvum aut^v magnum corpus quiescens ab alio impulsum eandem celeritatem^w accipere contendit. eamque qua impellens movebatur.^x

45 Porro quod hoc experientiae repugnaret ita excusabat quod ea in vacuo fieri non poterant cui soli convenire leges suas volebat¹. Qua eadem ratione quidam falsas Cartesij regulas defenderunt^y atqui mirum esset eas quas nos invenimus, si quidem falsae essent et in spatio non vacuo sed aere incesso experimentis exploratae^z, tamen his^a exacte prorsus consentire.

50 Ut vero appareat vel admodum verisimilibus principijs ponendis decipi nos posse^b. Quis non credat unum idemque corpus quiescens eadem vi percussum^c, eandem celeritatem accipere^d. vis vero eadem dicitur

ⁿ Volebat] Statuebat *del.*
^o tantillo] *ins. i. l.*
^p quod *scr. sed p. del.*
^q tunc] *ins. i. l.*
^r ad movendum in impellente] in minori *del.*
^s Vir] *ins. i. l.*
^t qui *scr. sed p. del.*
^u quamlibet] *ins. i. l.*
^v aut] *ac del.*
^w eandem celeritatem] tantundem motum *del.*
^x eamque qua impellens movebatur.] *ins. i. l.*

^y defenderunt] defendere conati sunt *del.*
^z exploratae] tentatae
^a his] *ijs del.*
^b Ut ... posse] Quomodo autem et admodum verisimilibus principijs ponendis decipi possemus hoc exemplo patebit *del.*
^c percussum] impulsum *del.*
^d eandem celeritatem accipere] aequales celeritates acquirere *del.* \ \ Et hoc^a tamen falsum est, eandem scilicet vim percutientem *scr. sed p. del.*
^a Et hoc] quod *del.*

¹ « Que si l'experience nous fait voir le contraire, c'est que les mouvemens des corps que nous voions ne se font pas dans le vuide, comme nous avons supposé jusqu'à

movimento nella medesima direzione, sottraendo quanto si ricava dai moti nella direzione opposta.

Descartes voleva anche che un corpo maggiore in quiete non possa affatto essere mosso da uno più piccolo, con qualsiasi velocità questo lo urti; ne adduceva come causa che, in tal caso, c'è maggiore resistenza nel corpo in quiete che forza di movimento in quello che spinge.

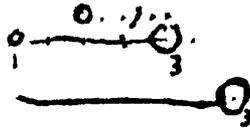
[34v] In modo del tutto contrario si esprime l'ingegnossissimo Pardies nel piccolo libro che ha lasciato intorno a questo argomento, dove sostiene che un corpo in quiete, piccolo o grande che sia, quando viene spinto da un altro, riceve un'identica velocità e precisamente quella con la quale si muoveva il corpo urtante.

Giustificava poi il fatto che ciò sia in contrasto con l'esperienza dicendo che questa non può essere effettuata nel vuoto, al quale soltanto voleva che le sue leggi si riferissero. Con il medesimo argomento alcuni hanno difeso le regole false di Descartes; sarebbe però ben strano che le regole da noi trovate, se fossero in realtà false e sottoposte a verifica in uno spazio non vuoto ma occupato dall'aria, fossero tuttavia in perfetto accordo con gli esperimenti.

Appare così che noi possiamo ingannarci anche quando poniamo principi del tutto verisimili. Chi non crederebbe che lo stesso identico corpo in quiete, percosso con la medesima forza, riceva la medesima velo-

cette heure, mais qu'ils se meuvent dans un espace plein de quelque corps fluide comme est l'air & quelque autre substance encore plus subtile » (Ignace-Gaston Pardies, *op. cit.*, p. 75).

corporis^e percutientis^f cum magnitudo in celeritatem ducta idem efficit.^g
Et hoc tamen tam verisimile falsum est tam in mollibus quam duris corporibus.



[Fig. 19]

55 an penitus^h dura resiliant. totidem fere aiunt acⁱ negant. videtur quidem atque ita existimo, omnia summa^j duritie praedita corpora quae nos videmus ac tangimus ut lapidea vitrea^k chalibea, flexilia esse cumque in se invicem impingunt ea parte^l introrsum nonnihil inflecti ac restitui. Nam primum si in^m virgas tenuentur, eas vel pressu levi vel pondere suo curvari
60 ac subsidere experimur. deindeⁿ

aquam putarunt multi nulla vi comprimi posse ut in minus spatium cogatur,^o attamen glaciei lamina manifesto flectitur. Ergo si non densatur superficies concava^p necesse est diduci convexam².

^e vis ... corporis] #

^f statuendo *scr. sed p. del.*

^g Velut cum *scr. sed p. del.*

^h penitus] *ins. i. l.*

ⁱ ac] quot *del.*

^j summa] *ins. i. l.*

^k vitrea] vel *del.*

^l parte] *ins. marg.*

^m in] #

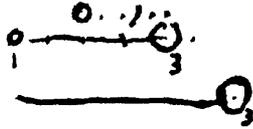
ⁿ sive in *scr. sed p. del.*

^o cogatur,] #

^p superficies concava] *ins. i. l.*

² « La compression de l'eau peut bien estre tres difficile et exiger une grande force, mais nous n'avons pas de preuve qu'elle soit impossible, et mesme il y a raison de croire le contraire puisque nous voions que la glace n'est pas inflexible. l'on peut pourtant dire que c'est en s'estendant par le costè convexe » (Christiaan Huygens, *De la resistance de l'eau a estre serrée par compression*, in OC, XIX, p. 334 [Hug. 1, f. 26r]; l'ultima frase fu aggiunta in seguito). Cfr. anche Christiaan Huygens, *De Gravitate*, in OC, XIX, p. 625 [Hug. 3, f. 122v].

cità (intendendo che la forza del corpo urtante è la medesima quando è eguale il prodotto della grandezza per la velocità)? E tuttavia questo principio, benché così verisimile, è falso sia per i corpi molli sia per quelli duri.



[Fig. 19]

Forse i corpi del tutto duri rimbalzano? Coloro che lo negano sono più o meno quanti quelli che lo affermano. Sembra in verità, ed io penso così, che tutti i corpi dotati di massima durezza che vediamo e tocchiamo (quali quelli di pietra, di vetro e di acciaio) siano flessibili e che, quando si scontrano, si comprimano un po' all'interno dal lato dell'impatto e riprendano poi la propria figura. In primo luogo, infatti, se vengono assottigliati a formare delle verghe, sperimentiamo che esse si curvano e si schiacciano per una leggera pressione o per il loro stesso peso; inoltre [...]

Molti hanno pensato che non si possa con alcuna forza comprimere l'acqua in modo da costringerla in uno spazio più piccolo; e tuttavia una lamina di ghiaccio si flette in modo evidente. Se dunque non si rinserra la superficie concava è necessario che sia quella convessa ad espandersi.

<FRAMMENTO 14>

[35v] Comme^a la rondeur^b de la Terre a esté causée dans nostre hypothese par le mouvement circulaire et tres rapide en tous sens d'une matiere tres subtile et fluide qui chasse les corps^c qui ont moins de mouvement vers le centre. Il semble que^d de mesme le globe du soleil a pu estre
 5 produit^e dans le grand espace qui comprend toutes les planetes, et peut-estre encore une grande estendue au de la¹.

^a Comme] de mesme que *del.*

^b rondeur] figure spherique *del.*

^c corps] parties *del.*

^d Il semble que] *ins. i. l.*

^e par un semblable *scr. sed p. del.*

* Il Frammento 14 contiene il brano scritto capovolto sul f. 35v, quarta pagina del foglio doppio H9 della classificazione di Korteweg. La redazione è con ogni probabilità precedente al 1689, in quanto Huygens avanza qui una tesi, riguardante la causa della sfericità del Sole, che verrà invece respinta nella "Addition" al *Discours de la Cause de la Pesanteur*.

¹ Cfr. Christiaan Huygens, *Discours de la Cause de la Pesanteur*, in OC, XXI, p. 472.

FRAMMENTO 14

[35v] Come la sfericità della Terra è stata causata, nella nostra ipotesi, dal rapidissimo movimento circolare in tutte le direzioni d'una materia sottilissima e fluida che costringe verso il centro i corpi che hanno meno movimento, allo stesso modo sembra che il globo solare possa essersi formato nel grande spazio che comprende tutti i pianeti e forse anche una grande estensione al di là di essi.

<FRAMMENTO 15>

[36r] <A> Cum multa ad^a Naturae scientiam attinentia diligentius curiosiusque aetate nostra quam prioribus saeculis^b investigata sunt^c, tum de motus legibus ea sunt reperta, de quibus inquirendis^d prisci illi^e philosophi^f ne cogitasse quidem videntur; quae tamen et cognitione dignissima^g erant^h, et ad mechanicas physicasque rationes imprimis utiliaⁱ.

In his sunt^j quae de descensu gravium, et projectorum linea Parabolica Galileus mirabili industria^k invenit, novaeque scientiae titulo in lucem edidit^l. quae^m scientia a nobis quoque deinde exulta et non minima accessione aucta est, cum pendulorum recursus curvae Cycloidisⁿ opera ad perfectam aequalitatem adduximus^o, pendulaque ipsa automatis horologijs aptavimus^p.¹

^a cognitionem *scr. sed p. del.*

^b prioribus saeculis] a priscis philosophis *sive unquam del.*

^c sunt] *ins. i. l.*

^d inquirendis] perquirendis

^e illi] *ins. i. l.*

^f prisci illi philosophi] *ijdem del. \\ ins. i. l.*

^g dignissima] pulchra *sive jucunda del.*

^h erant] sunt *del. \\ ins. i. l.*

ⁱ ad ... utilia] non parum habent utilitatis *sive ad Mechanicas rationes^a sive ad^g disquisitiones physicas del.*

^a ad Mechanicas rationes] in Mechanica *del.*

^g ad] *ins. i. l.*

^j In his sunt] Ejusmodi sunt *sive Itaque del.*

^k mirabili industria] primum *del.*

^l novaeque ... edidit] quibus merito scientiam novam titulum imposuit *sive ijs novae scientiae titulo jure quidem insignivit del.*

^m quae] quam *del.*

ⁿ Cycloidis] *cujusdam lineae del.*

^o adduximus] *perduximus \\ cum ... adduximus] postquam pendulorum aequales recursus in curva quadam linea deprehendimus del.*

^p pendulaque ... aptavimus] *adeo quidem ut horologia nostra aucta^a hoc invento tam constanti ...^g tempus metiuntur, ut qui cotidie ijs ad res astronomicas utuntur viri in his rebus consummatissimi saepe^g in octonis diebus ne unius quidem secundi scrupuli errorem contingere publice testentur. Quin etiam altera ejusdem Galileanae sententiae accessio facta est Centris^g oscillationis definiendis del.*

^a aucta] *ins. i. l.*

^g sic *ms.*

^g saepe] *plerumque del.*

^g Centris] *Centrorum del. \\ Itemque spatium casus perpendicularis certa proportione ex penduli longitudine definivimus. Tum de Centro oscillationis non ante comperta in lucem edidimus. scr. sed p. del.*

FRAMMENTO 15

[36r] <A> Se da un lato molte questioni riguardanti la scienza della natura sono state studiate nella nostra epoca con maggiore attenzione ed interesse che nei secoli precedenti, dall'altro lato, intorno alle leggi del moto, sono state scoperte cose che quegli antichi filosofi non sembrano nemmeno aver pensato di dovere esaminare e che erano tuttavia degnissime di essere conosciute ed utili soprattutto per le conoscenze meccaniche e fisiche.

Tra esse ci sono le teorie della caduta dei gravi e della traiettoria parabolica dei proietti, che Galileo scoprì con meravigliosa abilità e che diede alla luce sotto il titolo di nuova scienza. Questa scienza è stata poi coltivata anche da noi ed incrementata con aggiunte non irrilevanti, quando riducemmo a perfetta eguaglianza le oscillazioni dei pendoli per opera della cicloide ed applicammo i pendoli stessi agli orologi meccanici.

* Il Frammento 15 comprende il foglio doppio H10 (ora diviso) ed il foglio semplice H11 della classificazione di Korteweg e corrisponde dunque ai ff. 36r-v, 37r-v e 38r del *Codex 7A*; nell'angolo inferiore sinistro del f. 37v Huygens anticipa infatti la prima parola, « Videbatur », del f. 38r. Il f. 38v è bianco. La redazione del frammento risale al 1690, in quanto Huygens cita il *Traité de la Lumière* come opera da poco pubblicata (cfr. rr. 23-24).

¹ Christiaan Huygens, *Horologium Oscillatorium*, cit.

Tum centra oscillationis^q reperimus, a multis^r quaesita. quae^s omnia in opere illo quod Horologium Oscillatorium inscripsimus explicata sunt. Sic ut haec omnia superioribus saeculis incognita^t fuerant, ita quoque^u
 15 leges illae quae ad communicatos translatosque motus^v in mutuo corporum occurso pertinent^w; itemque^x quae vires^y in circulo^z motorum spectant^a quibus illa^b a centro recedere conantur. quarum priores leges^c ante nos quidem aliqui^d quaesiverant, (sed infeliciter plerique)^e alteras vero nemo adhuc attigerat, cum a nobis publice^f proponerentur velut mantissa^g jam dicti^h operis². de utrisque autemⁱ nunc tractationem hanc instituimus, quoniam ipsas quidem leges pridem in lucem emisimus, demonstrationes vero postea^j daturos polliciti sumus³.^k
 20 quod eo magis praestare debem^{us}^l, quod in ijs quae de Luce deque gravitate nuper evulgavimus^m, non nunquam hasce regulas motus ad alia demonstranda adhibuerimus⁴.ⁿ ac primum quidem de collisione agemus^o quae fit in occurso corporum^p, ubi^q et mollium quae e collisione non

^q Tum centra oscillationis] Centraeque gravitatis *del.*

^r frustra *scr. sed p. del.*

^s reperimus ... quae] a multis frustra quaesita quomodo definiantur ostendimus. *del.*

^t incognita] praeterita

^u aliae *scr. sed p. del.*

^v Sic ... motus] ad easdem vero recens^a repertas motuum leges et hae pertinent quae de communicato translatoque motu *sive* Porro ijsdem nuper scriptis accesserant et hae quae circa communicatos translatosque motus *del.*

^a recens] nuper *del.*

^w pertinent] #

^x itemque] nec non *del.*

^y corporum *scr. sed p. del.*

^z in circulo] circulariter *del.*

^a spectant] *ins. i. l.*

^b illa] *ins. i. l.*

^c leges] *ins. marg.*

^d aliqui] plures *del.*

^e (sed infeliciter plerique)] quo autem^a successu in sequentibus patebit^β *del.*

^a autem] *ins. i. l.*

^β patebit] apparebit *del.*

^f fuerant *scr. sed p. del.*

^g velut mantissa] in appendice *sive* in extremo libro *del.*

^h jam dicti] ejusdem *del.*

ⁱ autem] *ins. i. l.*

^j postea] postmodum

^k Necessae autem est ut quae praeteritis annis circa haec gesta sunt breviter enarrentur. *scr. sed p. del.*

^l praestare debemus] etiam exolvere tenemur *del.*

^m evulgavimus] conscripsimus

ⁿ quod eo ... adhibuerimus.] *ins. i. l.*

^o agemus] seu *del.*

^p agemus. In tota autem^a investigatione hac^β ut quantum nobis, quantumve alijs debeat appereat, necesse est ut quae praeteritis annis circa haec gesta sunt breviter enarremus. *scr. sed p. del.*

^a autem] qua *del.*

^β hac] *ins. i. l.*

^q addemus^a autem *scr. sed p. del.*

^a addemus] addam *del.*

² *Ibi*, XVIII, pp. 360-368; anche in Christiaan Huygens, *De Vi Centrifuga*, in OC, XVI, pp. 315-318.

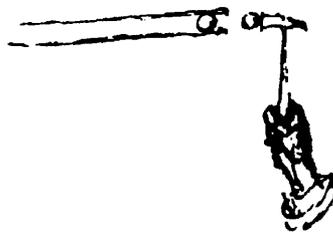
Trovammo poi i centri di oscillazione, che molti avevano cercato di determinare. Tutto ciò è spiegato nella ben nota opera che intitolammo *Horologium Oscillatorium*. Come tutte queste cose, anche le leggi che riguardano i moti che si comunicano e si trasmettono nello scontro dei corpi erano rimaste sconosciute nei secoli passati; egualmente sconosciute erano le leggi riguardanti le forze per le quali i corpi mossi circolarmente tendono ad allontanarsi dal centro. Intorno alle prime, in verità, alcuni hanno indagato prima di noi ma, per lo più, senza successo; le seconde, invece, nessuno le aveva ancora affrontate quando le proponemmo pubblicamente come appendice all'opera già citata. Ci proponiamo ora di trattare entrambi questi argomenti, dal momento che abbiamo sì dato alla luce un tempo le leggi ma abbiamo anche promesso di darne in seguito le dimostrazioni. E poiché negli scritti che abbiamo recentemente divulgato intorno alla luce ed alla gravità ci siamo talvolta serviti di queste regole del moto per dimostrare altre proposizioni, a maggior ragione dobbiamo ora adempiere la promessa. In primo luogo esamineremo la collisione, che si produce nello

³ Christiaan Huygens, *Horologium Oscillatorium*, in OC, XVIII, p. 361.

⁴ Cfr. *supra*, p. 69 e Frammento 5, rr. 5-6.

resiliunt^f leges adjungemus^g quarum demonstrationes multo post alias demum reperimus^h.ⁱ

30 Porro^u quo^v aliorum quoque studia in hoc argumento non ignorentur^w non pigebit omnem ejus progressum et incrementa ab origine^x exponere.^y



[Fig. 20]

Itaque Quantum video^z Annis ab hinc 50 aut amplius de metienda vi Percussionis quaeri caeptum est^a, quanquam jam ante^b Galilei quandam commentationem hac de re exitisse^c scribit Alph. Borellus^d.⁶ Sed juvenili
35 ejus^e aetate editam, ac postmodum retractatam improbatamque^f. Postea vero provecta jam aetate Galileum denuo in hanc disquisitionem incubuisse, nec^g tamen in chartis ejus post obitum fuisse repertum^h quod huc spectaret utⁱ idem Borellus auctor est. Idque contra^j opinionem omnium

^f quae ... resiliunt] nec a collisione resilientium *del.*

^g adjungemus] *ins. i. l.*

^h ac ... reperimus.] *ins. marg.*

^u Porro] Caeterum *del.*

^v quo] ut

^w non ignorentur] cognoscentur

^x originere *ms.*

^y Porro ... exponere.] *ins. i. l.*

^z Itaque quantum video] *ins. marg.*

^a videtur *scr. sed p. del.*

^b jam ante] *ins. i. l.*

^c dicitur *scr. sed p. del.*

^d unus eorum^a qui idem argumentum tractavit *scr. sed p. del.*

^a unus eorum] *ins. i. l.*

^e ejus] *ins. i. l.*

^f juvenili ... improbatamque] quae tunc tradiderat, postea retractasse Galileum testatur idem auctor^a *del.*

^a testatur idem auctor] auctor est *del.*

^g Postea ... nec] Cum vero jam senex Galileus accuratius denuo in hanc disquisitionem incubisset, nihil *del.*

^h idem auctor est *scr. sed p. del.*

ⁱ ut] *ins. i. l.*

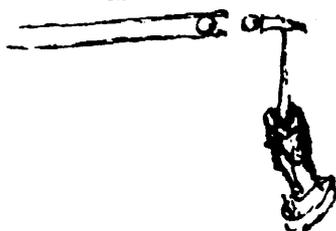
^j contra] praeter *del.*

⁵ Gli appunti huygensiani sull'urto tra corpi molli (parzialmente pubblicati in Christiaan Huygens, *De Motu Corporum*, "Appendice III", in OC, XVI, pp. 161-165 [Hug. 26A, f. 115r e f. 116r]) risalgono, secondo i curatori delle OC, al 1667 circa.

⁶ Cfr. Giovanni A. Borelli, *De Vi Percussionis*, cit., "Proemium", pp. [1]-[2].

scontro dei corpi, ed aggiungeremo anche le leggi circa i corpi molli, cioè i corpi che nell'urto non rimbalzano, le cui dimostrazioni abbiamo finalmente trovato, molto tempo dopo le altre.

Affinché poi non si ignorino nemmeno gli studi degli altri, non sarà male esporre dall'inizio l'intera storia di questo problema ed i progressi compiuti.



[Fig. 20]

A quanto vedo, dunque, si è iniziato 50 anni fa, o più, a cercare di misurare la forza dell'urto, benché Alfonso Borelli scriva che già prima era comparsa una certa dissertazione di Galileo su questo argomento, edita però in età giovanile ed in seguito ritrattata e ripudiata. In seguito, più avanti con gli anni, Galileo ritornò su questa ricerca ma nelle sue carte, dopo la morte, non fu trovato nulla che vi si riferisse, come attesta lo stesso Borelli; egli dice anche che questo accadde in contrasto con l'opinione

L'opera galileiana alla quale si riferisce Borelli è il frammento giovanile *Della forza della percossa* (in *Le Opere di Galileo Galilei*, cit., II, pp. 188-190); su questo scritto, pubblicato per la prima volta da Mersenne (*Les Mechaniques de Galilée, Mathematicien et Ingenieur du Duc de Florence* [...] Traduites de l'Italien par L.P.M.M. A Paris, chez Jacques Guenon, 1634, pp. 69-73), cfr. la nota dei curatori in *Galileo Galilei, Discorsi*, cit., pp. 847-856.

contigisse^k dicit^l quoniam Galileus^m in dialogis suis non semel tanquam de
 40 re multum a se agita ac partim explicata mentionem fecerat. [36v] Scribit
 enimⁿ in quarto Mechanicorum Dialogo^o diu obscuram prorsus hanc ma-
 teriam sibi^p fuisse, cumque multa millia horarum in ea meditanda insum-
 sisset, tandem notitiam nonnullam esse adeptum eamque a^q primis
 45 hominum^r cogitationibus longe abeuntem ac paradoxam^s. quam quidem^t
 post illam de projectorum motibus doctrinam sese expositurum recipit^u.
 Sed credibile est virum summum^v ne tunc quidem sibi satisfacisse^w eoque
 nihil potius quam non satis explorata tradere consultius duxisse^x. In eo-
 dem enim extremo^y dialogo differt rursus tractationem hanc, summam
 50 difficultatem obtrudens qua factum sit ut a nemine^z qui hactenus eam
 aggressus sit, penetrari potuerint intimi ejus recessus, utpote maximis tene-
 bris obsepti, et a primo hominum conceptu prorsus^a alieni^b.

Eodem vero tempore fere^c ab Honorato Fabio, et Renato Cartesio
 res tentata est qui ita de Percussione egerunt^d ut quid fieret^e occurso cor-

^k contigisse] evenisse *del.*

^l dicit] *ins. i. l.*

^m Galileus] *ins. i. l.*

ⁿ Scribit enim] *ins. i. l.*

^o profitetur *scr. sed p. del.*

^p sibi] *ins. i. l.*

^q eamque a] a *del.*

^r hominum] *ins. i. l.*

^s longe abeuntem ac paradoxam]
 plurimum dissidentem \\ ac parado-
 xam] *ins. i. l.*

^t quidem] *ins. i. l.*

^u recipit] promittit

^v summum] ingeniosissimum

^w Scribit ... satisfacisse] de qua
 etiam disser<ere> in animo habuisse vi-
 deretur. Ego vero crediderim ne tunc
 quidem sibi satisfacisse virum ingeniosis-
 simum *del.*

^x potius ... duxisse] prorsus
 tradere^a maluisse quam non satis com-
 perta *del.* \\ Caeterum hoc fere eodem
 tempore et ab Honorato Fabio et Rena-
 to Cartesio^b leges motuum qui mutua
 corporum percussione eveniunt con-
 scriptae *scr. sed p. del.*

^a prorsus tradere] prodere *del.*

^b res haec tentata est *addit i. l. sed p. del.*

^y extremo] *ins. i. l.*

^z In ... nemine] Quam difficilem
 vero tractationem hanc expertus sit patet
 ex his quae in dialogorum mechanicorum
 quarto^a de se ipso enarrat. # quip-
 pe^b materia haec sua opinione^y esset ob-
 scurissima nec a quoquam *del.*

^a mechanicorum quarto] *ins. i. l.*

^b quippe] *ins. marg.*

^y sua opinione] *ins. i. l.*

^a prorsus] *ins. i. l.*

^b potuerint ... alieni] potuisse inti-
 mos ejus recessus, maximis quippe tene-
 bris obseptos, longeqe alios quam pri-
 ma hominum mens^a *del.*

^a longeqe ... mens] proculque remo-
 tos ab omni hominum conceptione
del.

^c Eodem vero tempore fere] Non
 multo post autem *del.*

^d ab ... egerunt] Honor. Fabius, et
 Renatus Cartesius ita quaerere institue-
 rint *del.*

^e quid fieret] *ins. i. l.*

generale, in quanto Galileo, nei suoi dialoghi, ne aveva più volte parlato come di argomento da lui intensamente studiato e, in parte, risolto. [36v] Nel quarto dialogo dei *Discorsi e dimostrazioni* egli scrive infatti che questa materia gli era stata per lungo tempo del tutto oscura ma che, avendo speso molte migliaia di ore a meditare intorno ad essa, aveva infine raggiunto alcune conoscenze, assai lontane dalle prime opinioni umane e paradossali, che si riserva di esporre dopo la ben nota teoria sul moto dei proietti. Ma è da credersi che quell'uomo sommo non si sia poi sentito soddisfatto di quanto aveva trovato ed abbia perciò considerato più saggio non lasciare nulla piuttosto che proposizioni non sufficientemente esaminate. Alla fine di quello stesso dialogo, infatti, differisce nuovamente la trattazione dell'argomento, portandone a motivo l'estrema difficoltà, a causa della quale nessuno, tra coloro che l'hanno finora affrontato, ha potuto penetrarne i recessi più nascosti, occlusi da densissime tenebre e del tutto estranei alle prime concezioni umane.

Più o meno nello stesso tempo ci furono i tentativi di Honoré Fabri e René Descartes, i quali trattarono dell'urto chiedendosi cosa accada nello scontro tra corpi in uno spazio non occupato da alcuna altra materia. Suc-

porum in spatio nulla alia materia impedito exquirerint⁷.^f quorum inventis
55 non acquiescens⁸ idem argumentum deinceps resumsit^h Alph. Borellus,
Pisis in Italia Mathematices Professorⁱ.

qui^j omnes non^k certa satis Principia usurpantes^l et quibusdam quasi
demonstrationibus^m veris falsa miscuerunt, non nunquam experimentis
consona afferentes, nonnunquam prorsus contrariaⁿ.

60 Mihi in haec ut inquirerem fecit legum illarum quas apud Cartesium
inveneram absurditas^o et ab experimentis dissensio^p, quas tamen ille sum-
mo studio semper defendit^q uti et discipuli ipsius, e quorum numero^r erat

^f quod *scr. sed p. del.*

^g acquiescens] acquiescentes *del.*

^h resumsit] resumere *del.*

ⁱ Itemque Ign. Pardies, et Des
Chales, Iesuita. De quibus omnibus *scr.*
sed p. del.

^j qui] Et Hi quidem

^k non] nec *del.*

^l certa satis Principia usurpantes]
certis satis Principijs usi *del.*

^m et quibusdam quasi demonstra-
tionibus] *ins. i. l.*

ⁿ quae sic excusant, ut aeris
circumflui^a objectu multa aliter evenire
dicant quam si in spatio vacuo aut nihil
impediente periculum fiat sed frustra
huc eos confugere in sequentibus^b
ostendemus.⁷ Atque hi saepe^d inter se
valde dissentiunt, veluti cum Cartesius
negat corpus quiescens a minori quam-
libet^e minime differenti impelli posse.
Pardies vero a quantumvis minimo sic^c
majus quiescens moveri vultⁿ ut aequal-
lem illi celeritatem accipiat. quorum
utrumque et falsum est et absurdum.
Nec tamen singula eorum quos diximus
errata confutari mihi propositum est,
quoniam per se cadent ubi veriora
aperuerimus⁹, indubijsque^l demonstra-

tionibus firmata. *scr. sed p. del.*

^a circumflui] *ins. i. l.*

^b in sequentibus] postea *del.*

^γ sed ... ostendemus.] *ins. marg.*

^d saepe] longe *del.*

^e a minori quamlibet] a minori eo
quod *del.*

^c minimo sic] minori ita *del.*

ⁿ vult] ostendit *del.*

⁹ aperuerimus] docentur *sive* expo-
suero *sive* patuerint *del.*

^l indubijsque] certisque *del.*

^o fecit ... absurditas] occasio enata
est ^a ex legum illarum quas apud Carte-
sium inveneram absurditate *del.*

^a enata est] praebita fuit *del.*

^p dissensio] discrepantia *sive* dissi-
dium *del.*

^q tamen ... defendit] leges^a saepe
miror a tanto viro tam pertinaciter fuisse
defensas, ut in quadam Epistola⁸ omnia
sua philosophiae decreta nullius pretij
haberi patiatur, si in his motus regulis
error ullus ostensus fuerit^b *sive* tamen
ille tantum abfuit ut convelli posse cre-
deret *del.*

^a leges] *ins. i. l.*

^b ullus ostensus fuerit] inveniatur *del.*

^r e quorum numero] E quibus *del.*

⁷ Cfr. Honoré Fabri, *op. cit.*, pp. 37-38.

⁸ Non mi è stato possibile individuare la lettera cartesiana alla quale accenna qui

cessivamente Alfonso Borelli (professore di matematica a Pisa, in Italia), non trovandosi d'accordo con le loro conclusioni, riprese lo stesso argomento.

Tutti costoro, avvalendosi di principi non sufficientemente certi e di pseudodimostrazioni, mischiarono il vero al falso ed addussero proposizioni a volte in accordo con gli esperimenti, a volte del tutto contrastanti.

Ad indurmi ad indagare intorno a questi argomenti furono l'assurdità e la discordanza dagli esperimenti delle leggi che avevo trovato in Descartes, da lui tuttavia sempre difese con grande passione, così come pure dai

Huygens; secondo i curatori delle *Oeuvres complètes* potrebbe trattarsi piuttosto di qualche comunicazione verbale di Descartes a Frans van Schooten il giovane, il quale aveva così scritto a Huygens: « Dictae regulae ei [*sc.* Descartes] tam perspectae [...] [fuerunt], ut sibi mirum videri haud semel asseruerit, quo pacto aliquis de illarum veritate ambigere possit » (Frans van Schooten a Christiaan Huygens, 25 ottobre 1654, in OC, I, p. 301).

Fr. Schotenius⁹ adeo ut cum anno 1654 alias veriores leges^s reperissem, invitus

65 [37r] <C> quid vero ab eo tempore^t actum sit, et quomodo in lucem venerint hae leges, ea pleraque ex actis diarijsque Eruditorum in Gallia Britanniaque Editis cognoscere licet; quorum haec^u sunt Mensis Januarij et Aprilis, illa Martij anni 1669.^v <D>

^s veriores leges] leges *del.*

^t ab eo tempore] deinceps *del.*

^u haec] illa *del.*

^v atque ut ex illis

ac^a Possem quidem confirmare^β

literis a Fr. Scotenio ad me scriptis, jam inde ab anno 1654, et errores Cartesij mihi fuisse compertos, et veriores regulas fuisse^γ inventas. # vero hic contingere^δ pleraque Ex actis diarijsque Eruditorum in Gallia Britanniaque Editorum cognoscere licet, hic^ε Mense Januarij et Aprilis^ζ, Illic^η mense Martio anni 1669^θ. E quibus summatim quadem referam, nempeⁱ anno 1661, quo primum Britanniam adjix^κ, cum ibi a nonnullis e Societate Regia haec res^λ studioso investigaretur propositi mihi fuere a Wrennio et Rookio viris Clarissimis casus quidam quos solverem^μ, quippe quod me posse profiterer^ν, Eos continuo voti compotes reddidi^ξ, repertaeque definitiones nostrae consentiebant^ο experimentis illorum, nam regulas certas nondum se invenisse dicebant^π.

^ρ Septennio vero post cum Lutetiae Parisiorum agerem petijt per literas¹⁰ Henry Oldenburgius Regiae Societatis nomine^σ ut quae de motus legibus^τ invenissem, ea velut symbolum Societati regiae in commune^υ conferre vellem. Itaque inter plura^φ quae de motus natura in commentarijs habebam^χ, quatuor praecipua de collisione corporum Theoremata elegi quae ipsi mitterem additis quoque eorum^ψ demonstrationibus. quibus acceptis non multo post Wrennianas regulas^ω meis prorsus congruentes in actis suis Philosophicis publice proposuit, nulla tunc quidem adjecta^α nostrarum

mentionem. Quod postea sic excusavit^β Oldenburgius, ut se nescijsse diceret^γ an me volente mea inventa edere posset¹¹. mihi vero^δ videbatur saltem significare eum debuisse nostras regulas se ante Wrennianarum publicationem accepisse. Itaque cum *scr. sed p. del.*

^a ac] *ins. marg.*

^β quidem confirmare] ostendere *del.*

^γ fuisse] *ins. i. l.*

^δ vero hic contingere] deinceps in hoc negotio successere *del.*

^ε hic] quorum haec *del.*

^ζ et Aprilis] *ins. i. l.* \ \ anni 1669 *scr. sed p. del.*

^η Illic] et Illi *del.*

^θ prodierunt *scr. sed p. del.*

ⁱ nempe] Constat quidem *del.* \ \ vero ... nempe] *ins. marg.*

^κ quo ... adjix] prima mea in Britanniam profectione *del.*

^λ nonnullis ... res] Viris Eruditissimis e Societate Regia Wrennio et Rookio de hac re *del.*

^μ propositi ... solverem] lubuit illis casus quosdam mihi solvendo proponere *del.*

^ν me posse profiterer] operam meam venditabam *sive* e vestigio expediissem *del.*

^ξ voti compotes reddidi] me solvisse *del.*

^ο repertaeque ... consentiebant] repertaeque definitiones istas consentire *del.*

^π dicebant] fatebantur *del.*

^ρ Parisijs. mariotte. machine.

 [Fig. 21]

add. marg.

suoi discepoli, tra i quali era Frans van Schooten. Al punto che, avendo io trovato nel 1654 altre leggi più vere, a malincuore [...]

[37r] <C> Ciò che da allora è stato discusso ed in che modo siano venute alla luce quelle leggi, si può apprenderlo in gran parte dal «Journal des Sçavans» del marzo 1669 e dalle «Philosophical Transactions» del gennaio e dell'aprile dello stesso anno. <D>

^o Lutetiae ... nomine] in Parisijs agenti literae venerunt ab Oldenburgio quibus Regiae Societatis nomine rogabat *del.*

[†] motus legibus] his rebus *del.*

^v regiae in commune] *ins. marg.*

[¶] hasce motus *scr. sed p. del.*

^x quae ... habebam] *ins. i. l.*

^ψ additis quoque eorum] *ins. i. l.*

^ω Wrennianas regulas] Wrenniana Theoremata *del.*

^α adjecta] *ins. i. l.*

^β postea sic excusavit] cum mihi non satis aequum videretur, ita excusabat *del.*

^γ ut ... diceret] *ins. i. l.*

^δ mihi vero] at mihi *del.*

⁹ « Motus, ad quos hae regulae sunt adhibendae, ita abstracte [...] [existunt], ut nunquam tales in rerum natura reperiantur » (Frans van Schooten a Christiaan Huygens, 23 dicembre 1654, in OC, I, p. 313). Cfr. anche le lettere del 25 ottobre 1654 (*ibi*, p. 301), del 3 maggio 1656 (*ibi*, pp. 410-411) e del 13 luglio 1656 (*ibi*, p. 454).

¹⁰ Henry Oldenburg a Christiaan Huygens, 5 novembre 1668, in OC, VI, pp. 271-272.

¹¹ Oldenburg addusse in effetti, come motivo della mancata pubblicazione delle regole di Huygens insieme a quelle di Wren e Wallis, la mancanza del consenso esplicito dell'autore, « absque quo fas nequaquam judicabamus, ipsius Inventum, maxime cum illud haud integrum eo tempore nobis dedisset, in lucem emittere » (Henry Oldenburg, *A Summary Account of the Laws of Motion, communicated by Mr. Christian Hugen*, in OC, VI, p. 430).

70 Ex ijs nempe Apparet^w eodem fere tempore a Viris Clarissimis Wal-
 lio Wrennioque, et a me, Regulas quasdam, de motu ex Occursu corpo-
 rum genito, Oldenburgio exhibitas fuisse^x, qui Societati Regiae tunc erat^y
 a secretis^z. apparet etiam^a meas mihi^b aliquot jam^c ante annis fuisse
 75 cognit^d, cum propositos^e a Wrennio et Rookio casus aliquot collisorum
 corporum secundum ipsas sic^f resolvissem ut experimentis illorum defini-
 tiones nostrae^g exacte quadrarent. Regulas enim nullas adhuc reperisse se
 fatebantur. Erat autem annus 1661, idem^h quo primum Britanniam adie-
 ram.

Caeterum Wallisij Regulae ad corpora ea tantum pertinebant quae
 collisa a contactuⁱ non resilirent, quorum numero etiam perfecte dura ha-
 80 beri vult^j quod et alijs visum est, etsi non pauci dissentiant, quorum mihi
 verior opinio esse videtur ut postea disquiretur. resilire autem tantum exi-
 stimat quibus^k inflecti ac restitui natura sua datum^l. <E> [37v] de
 quibus^m nihil certi tuncⁿ definiverat. ^o Regulae autem de non resilientibus^p
 85 verae sunt; sed demonstrationes obscuriores et^q minus apparentibus con-
 sequentijs deductae quam in hujusmodi novae doctrinae Elementis
 requiratur^r. Wrennius^s suorum nullam demonstrationem dederat; Imo
 Existimabat^t (ut ab Oldenburgio tunc accepi^u) nullam demonstrationem

^w Ex ijs nempe Apparet] Constat
 nempe *del.*

^x exhibitas fuisse] *ins. i. l.* \\\ exhi-
 bitas] traditas

^y erat] *ins. i. l.*

^z erat, traditas fuisse *scr. sed p. del.*

^a apparet etiam] Item *del.*

^b mihi] quidem *del.*

^c jam] *ins. i. l.*

^d fuisse cognit^d] mihi fuisse per-
 spectas *del.*

^e mihi *scr. sed p. del.*

^f ipsas sic] regulas meas^a ita *del.*

^a meas] *ins. i. l.*

^g nostrae] meae *del.*

^h idem] *ins. i. l.*

ⁱ collisa a contactu] in collisione
del.

^j quorum ... vult] qualia ipsi sunt
 perfecte dura *del.*

^k resilire ... quibus] quae vero resi-
 liunt ea *del.*

^l datum] possunt *del.*

^m quibus] his vero *del.*

ⁿ tunc] *ins. i. l.*

^o vide an non correxerit libro de
 Motu. *addidit marg. sed p. del.*

^p non resilientibus] mollibus *del.* \\
 autem de non resilientibus] *ins. i. l.*

^q et] ac *del.*

^r novae doctrinae Elementis requi-
 ratur] primarijs doctrinis conveniat *del.*
 \\\ sed ... requiratur] In istis demonst-
 ratio partim obscura (mihi certe)^a, partim
 non apparentibus^b consequentijs de-
 ducta^y *del.*

^a (mihi certe)] *ins. i. l.*

^b apparentibus] legitimis *del.*

^y deducta] conclusa *del.*

^s autem *addidit i. l. sed p. del.*

^t Existimabat] *ins. i. l.*

^u ab Oldenburgio tunc accepi] Ol-
 denburgius per literas tunc mihi signifi-
 cavit *del.*

Da quei giornali risulta che i celebri Wallis e Wren ed io, più o meno contemporaneamente, presentammo ad Oldenburg (allora segretario della Royal Society) certe regole sul moto che nasce dallo scontro dei corpi. Risulta inoltre che io possedevo le mie regole già da alcuni anni, avendo risolto grazie ad esse taluni problemi sull'urto dei corpi propostimi da Wren e da Rooke in modo che le mie definizioni quadravano perfettamente con i loro esperimenti. Essi ammettevano infatti di non avere ancora trovato alcuna regola; ed era l'anno 1661, lo stesso nel quale mi ero recato per la prima volta in Inghilterra.

Le regole di Wallis, inoltre, riguardavano soltanto i corpi che non rimbalzano nel contatto, tra i quali egli vuole che si annoverino anche quelli perfettamente duri. Ciò è parso corretto anche ad altri, benché non pochi, l'opinione dei quali mi sembra più vera (come si discuterà in seguito), non siano d'accordo. Egli ritiene che rimbalzino soltanto i corpi ai quali è dato per natura di comprimersi e di riprendere la propria figura. <E> [37v] Intorno a questi egli non aveva allora definito nulla di certo. Le sue regole circa i corpi che non rimbalzano sono invece vere, ma le dimostrazioni sono più oscure e vengono dedotte con argomentazioni meno evidenti di quanto sia necessario nel porre gli elementi di una dottrina nuova, quale è questa. Wren non aveva dato alcuna dimostrazione delle proprie regole ed anzi (come appresi allora da Oldenburg) riteneva che

eorum dari, nisi multis adsumtis de quibus nihilo magis liqueret. quaeque
 propterea^v et ipsa demonstranda forent^w. ut appareat non aliunde quam^x
 90 ab experimentis regulas hujus Clarissimi Viri fuisse petitas.^y

Nostris tamen^z 4 theorematibus in Angliam missis^a demonstrationes
 accesserant, de quibus eadem epistola scribit Oldenburgius, Eas^b
 Multis e Regia Societate, ac praesertim Presidi Broun-
 kero, magnopere^c probari¹². ac rursus alijs literis ultima Maji anno
 95 eodem datis. Credebam, inquit, jam prioribus meis te
 certio rem factum, omnes hic^d fere assentiri ijs motus
 regulis quae^e a Te Wrennioque traditae sunt^f. Nunc et
 hoc addo, Presidem nostrum tantopere placere omnem in
 his^g tuam tractandi demonstrandique rationem, ut eam
 100 frequenti consessu plurimum commendandam dixerit^h.
 nemine quicquamⁱ contra dicente¹³. <F>

In his demonstrationibus principium seu postulatum quoddam^j adsum-
 si de quo mox videbimus^k quod cum sit ab omnibus necessario con-
 cedendum^l, tamen ut in re nova non omnibus aequè^m perspicuum erat.

^v quaeque propterea] eoque *del.*
^w de ... forent] quae forsan et ipsa
 rursus demonstrare opus esset *del.*
^x non aliunde quam] *ins. i. l.*
^y ut ... petitas.] *ins. marg.* \ \ Quod
 in nostris aliter se habet, quas ab ijs ipsis
 principijs deduximus quibus postea in^a
 demonstratione usi sumus. *scr. sed p. del.*
^a postea in] ac *del.*
^z tamen] *ins. i. l.*
^a in Angliam missis] *ins. i. l.*
^b Eas] *ins. i. l.*
^c magnopere] valde
^d hic] *ins. i. l.*
^e quae] *ins. i. l.*

^f traditae sunt] traditae *del.*
^g omnem in his] *ins. marg.*
^h plurimum commendandam
 dixerit] multum commendaverit
sive pluribus extulerit *sive* pluri-
 bus laudaverit *del.*
ⁱ (tunc saltem) *scr. sed p. del.*
^j postulatum quoddam] postulato
 quodam *del.*
^k adsumsi ... videbimus] usus sum
sive utebar *del.*
^l ab ... concedendum] verissimum
del.
^m omnibus aequè] ab omnibus ae-
 que ejus vis *del.*

¹² « Apres avoir lû les theoremes du mouvement, qu'il vous a plû envoyer à la
 Societé Royale, et les comparé avec les regles de Monsieur Wren on a trouvé d'abord,
 qu'il sont equipollens, et plusieurs entre nous sont assez persuadés de leur verité »
 (Henry Oldenburg a Christiaan Huygens, 14 febrbraio 1669, in OC, VI, p. 356).

¹³ « Je pensois de vous avoir desia dit en une de mes precedentes, qu'on estoit icy
 assez generalement persuadé de la verité des regles du mouvement, comme vous et

non se ne potesse dare alcuna, a meno di assumere molti postulati, non più evidenti delle regole stesse, che avrebbero poi dovuto a loro volta essere dimostrati; è perciò evidente che le regole dell'illustre Wren derivano unicamente da esperimenti.

Ai nostri quattro teoremi inviati in Inghilterra si aggiungevano invece le dimostrazioni, delle quali, nella medesima lettera, Oldenburg scrive che erano state « vivamente apprezzate da molti membri della Royal Society, e soprattutto dal presidente Brouncker ». E nuovamente, in un'altra lettera del 31 maggio dello stesso anno, egli dice: « Credevo di averti già informato, in una mia lettera precedente, che qui tutti concordano con le regole del moto comunicate da te e da Wren. Ora aggiungo anche che il nostro presidente ha tanto apprezzato l'intera tua maniera di argomentare e di dimostrare da averla definita estremamente raccomandabile davanti all'assemblea intera, senza che nessuno obiettasse alcunché ». <F>

In queste dimostrazioni assunsi un certo principio, o postulato, del quale vedremo presto che, benché debba necessariamente essere concesso da chiunque, tuttavia non era egualmente evidente a tutti, trattandosi di

Monsieur Wren les aviez conceuës et couchées. Je vous puis dire à present, que Monsieur nostre President est si bien satisfait en particulier de vostre maniere de les traiter et demonstrier, qu'il en a donné en plaine Assemblée un tesmoignage fort advantagieux, auquel personne de la Compagnie (pour lors au moins) n'a rien trouvé a redire » (Henry Oldenburg a Christiaan Huygens, 10 giugno 1669, in OC, VI, pp. 443-444). La lettera è effettivamente datata da Oldenburg 31 maggio, secondo il Vecchio Stile.

105 Quod tunc primum expertus sum cum id coram Parisiensibusⁿ geometris
exponerem. Idem vero a^o Brounkero non repugnanter receptum fuit, uti
neque postea^p a Wallisio, qui illo usus est^q in opere ingenti^r quod de Motu
conscripsit^s, ubi de percussu^t resilientium corporum nostris Wrennijque
110 repertis consentanea tradit^u; quanquam et e suis principijs illa demonstrare
conetur. ab eo tempore Pardiesius quoque Jesuita vir non vulgaris ingenij
libello exiguo idem argumentum tractavit, in quibusdam^v longissime ab
omnibus recedens.^w At non paucis^x post annis, idem quoque^y a P. des
Chales usurpatum reperi^z in libello de Motu Locali inscripto, qui vel a
Wallisij libro discere^a potuit vel ab ijs qui nostras demonstrationes Parisijs
115 praesentes audiverant^b.

Est profecto in hujusmodi novis contemplationibus difficillimum^c
certi quid invenire quod fundamenti vice sit in reliqua constructione^d, et^e
magna cautione opus ne^f verisimilibus decipiamur quod ut manifestius
pateat nonnihil de varijs aliorum principijs hic disseremus priusquam ad
120 nostra progrediamur.^g Volebat Cartesius motus summam^h semel in rerum
naturam inductamⁱ, perpetuo eandem manere, adeoque id in corporum
quoque^j durorum concursu tenendum. Colligitur autem corporum quotli-
bet motus summa si quantitates materiae^k singulorum quae rationem pon-

ⁿ id coram Parisiensibus] Parisijs
id coram *del.*

^o Idem vero a] Sed *del.*

^p postea] postmodum *del.*

^q Quod ... est] Idque etiam ante in
Parisensibus geometris eram expertus.
Eodem vero^a tamen Wallisius usus est^b,
ac deinde etiam P. des Chales *del.*

^a vero] *ins. i. l.*

^b usus est] *ins. i. l.*

^r opere ingenti] volumine illo *del.*

^s conscripsit] scripsit *del.*

^t percussu] *ins. i. l.*

^u tradit] prodidit *del.*

^v in quibusdam] sed *del.*

^w ab omnibus recedens.] Hic dein-
de de Pardiesio Jesuita, viro^a non vulga-
ris ingenij *del.* \\\ quanquam ... rece-
dens.] *ins. marg.*

^a vir *ms.*

^x non paucis] deinde multis *del.*

^y quoque] *ins. i. l.*

^z reperi] fuit *del.*

^a discere] mutuari

^b qui vel ... audiverant] *ins. i. l.*

^c difficillimum] #

^d constructione] substructione \\
atque in hisce primis elementis exqui-
rendis etiam fortunae et felicitati locus
est *scr. sed p. del.*

^e et] #

^f cautione opus ne] autem cautio-
ne in his^a opus est, quod facile *del.*

^a in his] *ins. i. l.*

^g quod ... progrediamur.] *ins.*
marg.

^h Volebat Cartesius motus sum-
mam] quale illud^a Cartesij quo ponebat
motus quantitatem *del.*

^a quale illud] ut in illo *del.*

ⁱ inductam] introductam

^j quoque] *ins. i. l.*

^k materiae] *ins. i. l.*

una novità; della qual cosa mi accorsi per la prima volta quando lo esposi di fronte ai geometri parigini. Esso fu invece accettato senza difficoltà da Brouncker e così, successivamente, da Wallis, il quale se ne servì nell'ampia opera che ha scritto intorno al movimento. In essa Wallis, riguardo all'urto dei corpi che rimbalzano, comunica proposizioni in accordo con quelle trovate da me e da Wren, benché cerchi anche di dimostrarle a partire dai propri principi. In quel tempo anche il gesuita Pardies, uomo di ingegno non comune, affrontò in un piccolo libro lo stesso argomento, distaccandosi moltissimo da tutti gli altri studiosi riguardo ad alcune questioni. Ma alcuni anni dopo, in un piccolo libro intitolato *Traité du Mouvement Local*, trovai lo stesso principio usurpato anche dal Padre Dechales, il quale poté apprenderlo o dal libro di Wallis oppure da coloro che avevano ascoltato di persona le nostre dimostrazioni a Parigi.

È davvero molto difficile, in speculazioni nuove come questa, trovare qualcosa di certo che serva da fondamento al resto della costruzione ed è necessaria molta cautela per non farsi ingannare da assiomi verisimili; affinché questo appaia in modo più manifesto, discuteremo qui brevemente i vari principi assunti dagli altri studiosi, prima di passare ai nostri. Descartes voleva che la quantità di moto immessa una volta in natura rimanesse per sempre identica e che questo principio dovesse essere osservato anche nello scontro tra corpi duri. La quantità di moto di un numero qualsiasi di corpi si ottiene moltiplicando la quantità di materia di ciascuno (che è in

deris sequuntur, in ipsorum celeritates ducantur, postquam¹ numeris scilicet aut lineis tam ponderum quam celeritatum ratio^m expressa fueritⁿ.

[38r]^o Videbatur rationi apprime consentaneum axioma^p nec difficulter a philosophis accipiebatur cum^q tamen falsum esset^r. Alia autem praeter hoc adsumebat Cartesius multo minus admittenda^s, veluti cum quantitatem resistentiae cum quantitate motus comparat, ex quo illud efficiebat ut corpus majus a minori impacto moveri non posset. Pardiesius vero cum^t corpus^u quiescens undique liberum, nihil quicquam motui resistere recte statuisset^v, putabat etiam quamcunque celeritatem aequae facile in ipsum transmitti^w, atque idcirco totam accipere quae esset in corpore impacto, quantumlibet minore;^x quod^y mirum est^z tali viro in mentem venire potuisse. praesertim cum tam longe ab experimentis recederet.

Quaecunque enim talia sunt vel ex quibus ea consequi necesse est ea merito^a suspecta esse debent.

Ab his vero longe diversus abit^b Mariottus, in libro^c de Percussione Gallica lingua conscripto, ubi^d singula fere Theoremata non aliter quam^e totidem experimentis confirmat^f. Theoremata autem pleraque^g ad corporum concursum spectantia^h eadem sunt quae a nobis multo ante fuerant in

¹ postquam] *ins. i. l.*

^m ponderum quam celeritatum ratio] pondera quam celeritates *del.*

ⁿ Colligitur ... fuerit] sunt autem motus quantitates in diversis corporibus quae rationem compositam habent ex ratione quantitatis materiae quae eadem est et^a ponderis, et ex celeritatibus *del.*

^a et] *ins. i. l.*

^o Nihil hoc principio certius *scr. sed p. del.*

^p axioma] illud Cartesij^a principium *del.*

^a Cartesij] *ins. i. l.*

^q a ... cum] principium hoc admittebant quod *del.*

^r esset] est *del.*

^s minus admittenda] magis suspecta *del.*

^t nequaquam *scr. sed p. del.*

^u libere *scr. sed p. del.*

^v statuisset] putaret *del.*

^w in ipsum transmitti] ipsi conferri *del.*

^x adeo ut *scr. sed p. del.*

^y equidem *scr. sed p. del.*

^z est] *ins. i. l.*

^a vel ... merito] *ins. marg.*

^b abit] *ins. i. l.*

^c libro] libello *del.*

^d ubi] qui *del. \ ins. marg.*

^e non aliter quam] *ins. i. l.*

^f ubi ... confirmat] omniumque fere Theorematum demonstrationes ab experientia mutuatur *sive* eique Propositiones singulae sunt totidem Principia experimentis confirmata *del. * nulla alia addita demonstratione *scr. sed p. del.*

^g autem pleraque] *ins. i. l.*

^h ad corporum concursum spectantia] *ins. marg.*

ragione del peso) per la velocità, naturalmente dopo che il valore tanto dei pesi quanto delle velocità sia stato espresso in numeri o in segmenti.

[38r] Questo assioma appariva perfettamente conforme a ragione ed era accolto senza difficoltà dai filosofi, pur essendo falso. Ma, oltre a questo, Descartes ne assumeva anche altri molto 'meno ammissibili, come quando afferma che la quantità di resistenza è proporzionale alla quantità di moto, da cui ricavava la nota regola per la quale un corpo maggiore [in quiete] non può essere mosso dall'urto di uno minore. Pardies invece, avendo giustamente stabilito che un corpo in quiete e libero da ogni parte non resiste affatto al movimento, giungeva a pensare che gli si potesse anche trasmettere qualsiasi velocità con pari facilità e che pertanto un corpo riceva l'intera velocità del corpo urtante, comunque piccolo questo sia; ed è ben strano che un tale principio sia potuto venire in mente ad un tale uomo, soprattutto perché si distacca così tanto dalle indicazioni sperimentali.

Tutto ciò che discorda dagli esperimenti, o dal quale tale contrasto necessariamente consegue, deve infatti a ragione essere considerato con sospetto.

In modo assai diverso da costoro si muove invece Mariotte nel suo libro sull'urto, scritto in francese, nel quale prova quasi tutti i teoremi non altrimenti che per mezzo di altrettanti esperimenti. Ma la maggior parte dei teoremi riguardanti l'urto dei corpi sono i medesimi da me portati alla luce

lucem edita,ⁱ quaeque in consessu Eruditorum in Bibliotheca Regia¹⁴ adductis demonstrationibus comprobaveram^j; quarum^k demonstrationum vim videtur ille non satis intellexisse^l. Habuerat autem a nobis etiam experimenta illa quae^m de serie globulorum aequalium adfertⁿ, qui ab uno vel pluribus in recta linea percussi, totidem de serie illa ex parte altera^o discedere cogunt. Nec non machinam ipsam^p in qua pendentium globulorum^q mutuo collisu^r experimenta peraguntur. quorum, si tanti essent, testes citare possem^s eos qui de coetu insignium^t Virorum^u qui tunc aderant hoc
150 tempore supersunt.

ⁱ demonstrationes *scr. sed p. del.*
^j adductis demonstrationibus comprobaveram] demonstraveram *del.*
^k quarum] sed earum *del.*
^l videtur ... intellexisse] ille non intellexit *del.*
^m Habuerat ... quae] Sed et alia quaedam exhibueram vero et experimenta illa *del.*
ⁿ de ... adfert] eodem libro adducit de serie globulorum aequalium *del.*

^o altera] opposita *del.*
^p ipsam] istam *del.*
^q pendentium globulorum] pendulorum *del.*
^r mutuo collisu] percussione *del.*
^s citare possem] habeo *del.*
^t insignium] doctissimorum *sive Clarorum del.*
^u quorum ... Virorum] quae quidem nota sunt *ijs del.*

<A> Primum a quibus, et quae difficultas. deinde de varijs Principijs, Wrennij^a Cartesij, Wallisij, Pardiesij. Mariottus experimentis demonstrat. multa inter demonstrandum assumunt parum certa nec facile concedenda. *add. marg. superiore*

 Cum autem vir Clarissimus^b Fr. Schotenus^c earum^d patrocinium^e suscepisset, atque^f ego^g jam veriores invenissem; aliquot epistolis <de hac>^h re inter nos fuit disceptatumⁱ 1654. *add. marg.*

^a Wrennij] *ins. i. l.*
^b Cum autem vir Clarissimus] quas cum *del.*
^c (ex quo primum calculi geometrici Elementa didiceram)¹⁵ *scr. sed p. del.*

^d earum] earundem *del.*
^e earum patrocinium] *ins. i. l.*
^f atque] *ins. i. l.*
^g vero *scr. sed p. del.*
^h sic suppleverunt editores in OC
ⁱ fuit disceptatum] actum fuit *del.*

¹⁴ Le riunioni dell'Accademia si tenevano nella Biblioteca regia in rue Vivienne, dove era anche l'alloggio di Huygens.

molto tempo prima e dimostrati all'assemblea di eruditi riunita nella biblioteca regia. Non pare però che egli abbia compreso a sufficienza la forza di quelle dimostrazioni. Mariotte aveva tratto da noi anche gli esperimenti che adduce sulla fila di sfere eguali che, urtate da una o più altre in linea retta, costringono a distaccarsene altrettante dalla parte opposta della fila. E trae da noi anche la macchina stessa nella quale si effettuano gli esperimenti di urto tra sfere pendenti; di queste cose, se ne valesse la pena, potrei citare a testimoni, del gruppo di uomini insigni allora presenti, quelli che ancora vivono.

<A> In primo luogo da chi sia stato trattato e quale sia la difficoltà; poi i vari principi di Wren, Descartes, Wallis e Pardies. Mariotte dimostra per mezzo di esperimenti. Nelle dimostrazioni essi assumono molte cose poco certe e non facili a concedersi.

 Ma nel 1654, poiché il celeberrimo Frans van Schooten prese la difesa delle regole di Descartes quando già io avevo trovato quelle più vere, discutemmo fra noi di questo argomento in alcune lettere.

¹⁵ Frans van Schooten fu maestro di matematica del giovane Christiaan a Leida dal 1645.

<C> me jam inde ab anno 1652ⁱ veras leges reperisse quae ad dura seu resistentia pertinent^k. sed ijs in lucem edendis supersedissee, quod praeter eas leges^l superessent quaedam de motus natura nondum penitus mihi nec satis liquido perspecta, quae longiorem meditationem requirebant. *add. marg. superiore*

<D> Gallicum diarium annotavi in Transactionibus fuisse 11, februarij 69.¹⁶
add. marg.

<E> vide Wallisij de Motu an sic sentiat etiamnunc. *add. marg.*

<F> un tesmoignage fort avantageux. *add. marg.*

ⁱ 1652] 1654

^k quae ... pertinent] *ins. i. l.*

^l praeter eas leges] *ins. i. l.*

¹⁶ Anche nelle *Remarques* del luglio 1690, indirizzate a Henri Basnage de Beauval (OC, IX, p. 463), Huygens scrive per errore che la data di edizione del fascicolo in questione è febbraio, anziché il 18 marzo; sulla sua copia dell'estratto dal « Journal des Sçavans » egli aveva annotato: « Ce Journal est du 11 février 1669. Oldenburg dit qu'il est du 18 mars 1669. st. n. » (*Hug.* 45).

<C> Già a partire dal 1652 io avevo trovato le vere leggi che riguardano i corpi duri, cioè resistenti. Ne rinviavi però la pubblicazione perché, al di là di quelle leggi, restavano alcune questioni circa la natura del movimento che non mi erano ancora del tutto chiare e che richiedevano una meditazione più lunga ed approfondita.

<D> Sulle « Philosophical Transactions » annotai che si trattava del « Journal des Sçavans » del giorno 11 febbraio 1669.

<E> Vedere nel *De Motu* se Wallis la pensi tuttora in questo modo.

<F> Una testimonianza assai favorevole.

<FRAMMENTO 16>

[39r] Cum multa ad naturalem^a scientiam spectantia^b diligentius curiosiusque aetate nostra quam prioribus saeculis investigata sunt, tum in his quae ad corporum motus pertinent^c non pauca^d sunt animadversa^e, de quibus^f ne quaerere quidem priscis philosophis in mentem venerit^g, quae
 5 tamen et cognitione dignissima erant, et ad Mechanicas physicasque rationes apprime utilia. In his sunt quae de descensu gravium, deque projectorum corporum linea Parabolica Galileus feliciter invenit, novaeque scientiae titulo jure^h insignivit. quae scientia deindeⁱ a nobis quoque, inter caeteros, exculpta est^j et non exigua accessione aucta, cum pendulorum recursus
 10 curvae Cycloidis opera aequalis effecimus, pendulaque ipsa automatis horologijs adaptavimus. Tum centra Oscillationis reperimus multum prius quaesita. quae omnia in opere illo quod Horologium Oscillatorium inscriptum est^k explicavimus. Sunt etiam aequae nova^l quae ad collisorum corporum repercussiones spectant. itemque ad vires circulariter motorum, quibus
 15 a centro recedere conantur. quorum illa^m ante nos aliqui inspicere ceperantⁿ nec multum tamen promoverant. ista vero nemo adhuc attigerat^o, quorum summam publice exposuimus, velut mantissae loco

^a naturalem] naturae *del.*^b spectantia] attinentia^c in ... pertinent] de motus legibus
sive circa motus leges proprietatesque
del.^d non pauca] quaedam *del.*^e non pauca sunt animadversa] ea
sunt reperta *del.* *animadversae ms.*^f perquirendis *scr. sed p. del.*^g venerit] instituerint^h jure] *ins. i. l.*ⁱ deinde] *ins. marg.*^j est] *ins. i. l.*^k inscriptum est] *inscripsimus del.*^l etiam aequae nova] porro nova
quoque etiam illa *del.*^m illa] alterum *del.* *a multis scr.*
*sed p. del.*ⁿ sed *scr. sed p. del.*^o nemo adhuc attigerat] a nemine
fuerant tacta *del.*

* Il Frammento 16 corrisponde al foglio semplice H12 della classificazione di Korteweg, cioè al f. 39r del *Codex 7A*; il f. 39v è bianco. Esso fu scritto dopo il Frammento 15, non essendo altro che una versione corretta delle rr. 1-28 di quel frammento; la redazione non è dunque anteriore al 1690.

FRAMMENTO 16

[39r] Se da un lato molte questioni riguardanti la scienza naturale sono state studiate nella nostra epoca con maggiore attenzione ed interesse che nei secoli precedenti, dall'altro lato, intorno a ciò che riguarda il moto dei corpi, ne sono state prese in considerazione diverse che, ai filosofi antichi, non era nemmeno venuto in mente di indagare e che erano tuttavia degnissime di essere conosciute ed utili soprattutto per le conoscenze meccaniche e fisiche. Tra esse ci sono le teorie della caduta dei gravi e della traiettoria parabolica dei proietti, che Galileo elaborò con successo e che designò a buon diritto con il titolo di nuova scienza. Questa scienza è stata poi coltivata, tra gli altri, anche da noi ed incrementata con aggiunte non irrilevanti, dapprima quando riducemmo a perfetta eguaglianza le oscillazioni dei pendoli per opera della cicloide ed applicammo i pendoli stessi agli orologi meccanici e poi quando trovammo i centri di oscillazione, che già da molto tempo si era cercato di determinare. Tutto ciò è spiegato nella ben nota opera dal titolo *Horologium Oscillatorium*. Egualmente nuovo è anche quanto riguarda la riflessione dei corpi nella collisione e le forze per le quali i corpi mossi circolarmente tendono ad allontanarsi dal centro. Intorno alla prima alcuni avevano iniziato a ricercare prima di noi, senza

operi jam dicto adjunctam. de utroque autem argumento hic agere institu-
 imus; quoniam ipsas quidem leges horum motuum^p in lucem emisimus,
 20 demonstrationes vero postea daturos polliciti sumus. quod^q eo magis prae-
 stare debemus, quod in ijs quae de Luce et de Gravitate nuper evulgavi-
 mus, non nunquam hasce motus regulas ad alia demonstranda adhibemus.
 ac primum quidem de communicato motu ex appulsu mutuo corporum
 inquiremus ubi et de mollibus demonstrationes novas adferemus^r, quas
 25 aliquanto serius quam caeteras reperimus^s.

^p pridem *scr. sed p. del.*

^q quod] quoniam *del.*

^r adferemus] proferemus

^s adferemus ... reperimus] dabi-
 mus, aliquanto posterius repertas quam
 caeteras *del.*

però fare grandi progressi; le seconde invece, delle quali esponemmo pubblicamente i teoremi più importanti come appendice all'opera già citata, nessuno le aveva ancora affrontate. Abbiamo qui deciso di trattare entrambi questi argomenti, dal momento che abbiamo sì dato alla luce le leggi di questi moti, ma abbiamo anche promesso di darne in seguito le dimostrazioni. E poiché negli scritti che abbiamo da poco divulgato intorno alla luce ed alla gravità ci serviamo talvolta di queste regole del moto per dimostrare altre proposizioni, a maggior ragione dobbiamo ora adempiere la promessa. In primo luogo esamineremo il moto che si comunica nello scontro dei corpi ed addurremo anche le nuove dimostrazioni circa i corpi molli, che abbiamo trovato qualche tempo dopo le altre.

<APPENDICE I>

[2r] De motu ex collisione seu impulsu. dedi regulas quae extant in Diarijs. quid Angli. ad quos 4 regulas priores miseram cum demonstrationibus. <A> Wallisius non habebat antea sed meam sibi usurpat, sed obscurus^a tamen. quae vis^b ejus demonstrationis non viderunt. eam et in
5 mollibus adhibui. quid invenerim. Motum non alium quam relativum dari. etiam vertiginis motum relativum esse. contra Neutonum.

de vi centrifuga exstant, sed non demonstrata. praecipuum theorema (forsan demonstrabo)^c quo vis ea exequatur gravitati¹.^d Galileus deceptus². Libera per vacuum &c.³ Neotonus applicuit feliciter ad motus ellipticos Planetarum⁴. hinc quanti sit haec vis centrifugae cognitio appa-
10 ret. mirabile de turbine se sustinente, nec adhuc perspectum.

^a obscurus] obscure *del.*^b sic *ms.*^c (forsan demonstrabo)] *ins. i. l.*^d Neoton *scr. sed p. del.*

<A> Mariottus plagiarus^a *add. marg.*

 Borellus aliquid prius⁵, sed vis centrifugae mensuram ignorabat. *add. marg.*

^a plag. *ms.*

* La prima appendice deriva dalla prima pagina di un foglio doppio recante il titolo autografo *Anecdota* e corrisponde alla parte inferiore del f. 2r del *Codex Hugenorum* 50-I. La redazione è, al più presto, del 1689; verso la fine del foglio, in un passo escluso da quest'edizione, Huygens accenna infatti al rapporto del 22 luglio 1689 di Burchard de Volder sul resoconto di un viaggio al Capo di Buona Speranza (cfr. *supra*, p. 96).

¹ Cfr. Christiaan Huygens, *De Vi Centrifuga*, in OC, XVI, p. 275 [*Hug.* 26, f. 14r]. Si tratta del quinto dei tredici teoremi pubblicati nel 1673.

APPENDICE I

[2r] Del moto prodotto dalla collisione o dall'impulso. Ne diedi le regole che si trovano nel « Journal des Sçavans » e nelle « Philosophical Transactions ». Cosa fecero gli inglesi, ai quali avevo inviato le prime quattro regole con le dimostrazioni. <A> Prima di allora Wallis non aveva una sua teoria e si è appropriato della mia, riuscendo tuttavia oscuro. Non videro quale fosse la forza di quella dimostrazione. Di essa mi servii anche nel trattare dei corpi molli. Cosa ho trovato. Non c'è altro moto che quello relativo. Anche il moto rotatorio è relativo; contro Newton.

Sono apparsi alcuni miei teoremi sulla forza centrifuga, però senza le dimostrazioni. Il più importante, che forse dimostrerò, è quello nel quale si confronta quella forza con la gravità. Galileo si è ingannato. [Io, primo, posi i miei passi] liberi su un terreno inesplorato. Newton applicò felicemente la forza centrifuga ai moti ellittici dei pianeti; da qui appare quanto sia importante la conoscenza di questa forza. Mirabile, e non ancora del tutto compreso, il fenomeno del vortice che si sostiene da sé.

<A> Mariotte è un plagiatore.

 Borelli intuì qualcosa prima, ma ignorava la misura della forza centrifuga.

² Galileo Galilei, *Dialogo*, ed. cit., VII, pp. 243-244.

³ Il verso di Orazio « Libera per vacuum posui vestigia princeps » (*Epistolae*, I, 19, v. 21) era già stato copiato per esteso da Huygens in un appunto del 1659 [*Hug.* 26, f. 4r] che contiene le prime scoperte sulla forza centrifuga; cfr. *supra*, p. 47n.

⁴ Come è noto, le ricerche huygensiane sulla forza centrifuga sono ricordate da Newton nei *Principia*.

⁵ Cfr. Giovanni A. Borelli, *Theoricae Mediceorum Planetarum*, cit., pp. 76-77. Huygens ha probabilmente ragione nel giudicare che la mancata conoscenza delle leggi sulla forza centrifuga impedì a Borelli di avvicinarsi alla teoria newtoniana del moto planetario; neanche qui spiega però perché non si sia egli stesso avvalso delle proprie scoperte, che risalivano addirittura al 1659.

<APPENDICE II>

[173v] omnis Motus et quies corporum relativa sunt^a. Nec sine respectu mutuo corporum dici aut intelligi potest aliquid moveri aut^b quiescere. nam ij errant qui spatia quaedam immota ac fixa in mundo infinite extenso imaginantur cum ista immobilitas non nisi respectu rei quiescentis
5 concipi possit.^c

Sed^d partes corporis mutuo respectu moveri possunt^e, manente earum distantia propter vinculum vel obicem, qui motus vertiginis dicatur. Propter vinculum ut in turbine vel in^f composito ex duobus corporibus fune connexis. Propter obicem ut in aqua in vase rotundo circumacta.^g

10 In hoc motu partes recedere conantur a se mutuo vel a puncto ipsarum respectu definito, idque eo majore vi quo major est motus ipsarum^h

^a omnis ... sunt] Motus corporum est relativus *del.*

^b Nec ... aut] Quare^a de uno corpore nec^β dici nec intelligi potest vere illud moveri aut vere *del.*

^a Quare] *ins. marg.*

^β nec] *ins. i. l.*

^c nam ... possit.] *ins. i. l.* \ Motus in circuli circumferentia etiam relative tantum intelligi potest nempe respectu centri. Ita clavus in rota currente, respectu centri rotae in circulo movetur. respectu vero terrae per cycloidem. *scr. sed p. del.*

^d Sed] Motus vertiginis est^a cum *del.*

^a est] fit *del.*

^e moveri possunt] moventur *del.*

^f in] binis *del.*

^g qui ... circumacta.] *ins. i. l.* \ Postque cognosci^a quantus sit ille motus relativus ex vi qua partes a se mutuo recedere conantur vel a puncto ipsarum respectu determinato^β. *scr. sed p. del.*

^a cognosci] judicari *del.*

^β partes ... determinato] recedere a se partes conantur *del.*

^h ipsarum] ille *del.*

* La seconda appendice corrisponde al f. 173v del *Codex Hugeniorum 1 (olim F)*. L'accenno all'esperimento newtoniano della *situla* (cfr. r. 9) dimostra che il brano è posteriore al 1687; il f. 170v del medesimo volume è inoltre datato « 27 Mars 1688. »

APPENDICE II

[173v] Qualsiasi moto o quiete dei corpi è soltanto relativo e senza il reciproco riferimento dei corpi non si può dire o intendere che qualcosa si muove o è in quiete. Sbagliano infatti coloro che si immaginano spazi immobili e fissi nel mondo infinitamente esteso, perché questa immobilità non può essere concepita che rispetto ad una cosa in quiete.

Ma le parti di un corpo possono muoversi l'una rispetto all'altra senza mutamento di distanza, a causa di un vincolo o di un impedimento; e questo si chiama moto di rotazione. A causa di un vincolo, come ad esempio in un vortice o in un corpo composto da due parti unite da una fune; a causa di un impedimento, come ad esempio nel caso dell'acqua che viene fatta ruotare in un vaso rotondo.

In questo moto le parti tendono ad allontanarsi l'una dall'altra o da un punto definito rispetto ad esse, e ciò con tanto maggior forza quanto mag-

mentre il f. 174r reca la data « Nov. 88 ». La redazione dovrebbe dunque risalire ai mesi centrali del 1688, anche se non va dimenticato che Huygens lasciava a volte in bianco alcuni fogli dei suoi volumi rilegati di *adversaria* per tornare a scrivervi in seguito.

relativus. unde et de quantitate motus hujus respectivi iudicium fieri potest, cum ex distantiae mutatione non possit.

Corpora quae mutuo respectu moventur ea vere moventur.

15 Inter duo corpora motus producitur alterutrum impellendo.

Idemque motus produci potestⁱ utrumvis e duobus impellatur, licet minori vi opus sit^j si quod e duobus minus est impellatur^k.

20 Corpus quodlibet celeritatem^l, respectu aliorum, quae ut quiescentia spectantur, acceptam, continuat aequabiliter, et secundum rectam lineam eorundem illorum^m corporum respectu.

quietis non nisi relatione corporumⁿ ideam habemus.

ⁱ produci potest] producitur *del.*

^j impellendo # *scr. sed p. del.*

^k licet ... impellatur] licet facilius #
obsequatur^a id quod minus est^b *sive* licet
facilius id fiat agendo in id quod minus
est *del.*

^a obsequatur] *ins. i. l.*

^b obsequatur *scr. sed p. del.*

^l celeritatem] motum *del.* \\ accep-
tam *scr. sed p. del.*

^m illorum] *ins. i. l.*

ⁿ relatione corporum] relativam
del.

giore è il loro moto relativo. Da questo si può anche valutare la quantità di questo moto relativo, cosa impossibile a farsi a partire dal mutamento di distanza.

I corpi che si muovono l'uno rispetto all'altro si muovono realmente.

Tra due corpi si produce del movimento quando uno dei due viene spinto.

E si può produrre il medesimo moto spingendo uno qualsiasi dei due corpi, benché sia necessaria una forza minore se è il più piccolo ad essere spinto.

Un corpo, una volta ricevuta una velocità rispetto ad altri corpi considerati in quiete, continua a muoversi uniformemente ed in linea retta rispetto a quegli stessi corpi.

Della quiete non abbiamo idea che in relazione ai corpi.

BIBLIOGRAFIA

Il seguente elenco intende offrire un repertorio complessivo della letteratura secondaria sulla vita e l'opera di Christiaan Huygens dal 1800 ai giorni nostri e comprende anche opere a carattere non propriamente saggistico, quali recensioni o cataloghi di esposizioni, ove si sia ritenuto che esse contengano informazioni utili allo studioso huygeniano. Delle moltissime opere a carattere generale (storie degli strumenti di misurazione del tempo, storie d'istituzioni scientifiche ecc.) che dedicano solo un sezione alla figura di Huygens, così come degli studi nei quali essa non costituisce l'oggetto principale della ricerca, sono stati inclusi solo i titoli particolarmente rilevanti per ampiezza od originalità.

- Aa.Vv., *Christiaan Huygens 1629-14 april-1929. Zijn geboortedag, 300 Jaar geleden, herdacht*, H.J. Paris, Amsterdam 1929.
- Aa.Vv., *Christiaan Huygens 1629-1695. Een Quaestie van Tijd*, Museum Boerhaave, Leiden s.d. [ma 1979].
Apparso anche come *Christiaan Huygens 1629-1695*, Mededeling 224 uit het Rijksmuseum voor de Geschiedenis van de Natuurwetenschappen en van de Geneeskunde, Leiden 1989.
Trad. ingl.: *Christiaan Huygens 1629-1695. A Question of Time*, Mededeling 198 uit het Rijksmuseum voor de Geschiedenis van de Natuurwetenschappen en van de Geneeskunde, Leiden s.d. [ma 1979].
Trad. fr.: *Christiaan Huygens 1629-1695. Le Temps en Question*, Les Presses Artistiques, Paris s.d. [ma 1979].
- Aa.Vv., *Octrooi op de Tijd. Slingeruurwerken (1657-1710) geconstrueerd naar de uitvinding van Christiaan Huygens*, a cura di Reinier Plomp, Mededeling 200 uit het Rijksmuseum voor de Geschiedenis van de Natuurwetenschappen en van de Geneeskunde, Leiden s.d. [ma 1979].
- Aa.Vv., *Studies on Christiaan Huygens*. Invited papers from the Symposium on the Life and Work of Christiaan Huygens, Amsterdam, 22-25 August 1979, a cura di Hendrik J.M. Bos *et al.*, Swets & Zeitlinger, Lisse 1980.
- Aa.Vv., *Huygens et la France*. Table ronde du C.N.R.S., Paris 27-29 mars 1979, Vrin, Paris 1982.

- Acloque Paul, *L'oculaire de Huygens, son invention et sa place dans l'instrumentation*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 177-185.
- Aiton Eric J., *The Vortex Theory of Planetary Motions*, American Elsevier, New York 1972.
- Albury William R., *Halley and the "Traité de la lumière" of Huygens: New Light on Halley's Relationship with Newton*, in « Isis », LXII (1971), pp. 445-468.
- Arago François, *Huygens*, in *Oeuvres complètes*, a cura di J.-A. Barral, Gide & J. Baudry, Paris; T.O. Weigel, Leipzig 1855, III, pp. 319-322.
- Ariotti Piero E., *Aspects of the Conception and Development of the Pendulum in the 17th Century*, in « Archive for History of Exact Sciences », VIII (1971-1972), pp. 329-410.
- Ariotti Piero E., *Christiaan Huygens: Aviation Pioneer Extraordinary*, in « Annals of Science », XXXVI (1979), pp. 611-624.
- Aris Daniel, *La découverte de la France par Christiaan Huygens (1655)*, in Aa.Vv., *Les récits de voyage*, Nizet, Paris 1986, pp. 58-72.
- Arnold Vladimir I., [*Huygens e Barrow, Newton e Hooke*], Nauka FML, Moskva 1989. [In lingua russa]
Trad. ingl.: *Huygens and Barrow, Newton and Hooke: Pioneers in Mathematical Analysis and Catastrophe Theory from Evolvents to Quasicrystals*, a cura di Eric J.M. Primrose, Birkhäuser, Basel [...] 1990.
- Ashbrook Joseph, *Some Huygens' Telescopes*, in « Sky and Telescope », XII (1959), pp. 559-560.
- Bachelard Suzanne, *L'influence de Huygens au XVIIIe et au XIXe siècles*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 241-257.
- Bachrach Alfred G.H., *Christiaan Huygens en de invloed van het ouderlijk huis*, in « Spiegel Historiae », XIV (1979), pp. 201-209.
- Bachrach Alfred G.H., *The Role of the Huygens Family in Seventeenth-Century Dutch Culture*, in Aa.Vv., *Studies on Christiaan Huygens*, cit., pp. 27-52.
- Bachrach Alfred G.H., *Les Huygens entre la France et l'Angleterre*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 17-24.
- Bakhuijzen Henricus G. van de Sande, *Christiaan Huygens als sterrekundige*, in « Jaarboek van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen », (1907), Johannes Müller, Amsterdam 1908, pp. 1-16.
- Barchilon Jacques, *Les frères Perrault à travers la correspondance et les oeuvres de Christian Huygens*, in « XVIIIe siècle », LVI (1962), pp. 19-36.
- Bartoloni Meli Domenico, *The Relativization of Centrifugal Force*, in « Isis », LXXXI (1990), pp. 23-43.
- Baumgart K.K., [*I principi della meccanica di Christiaan Huygens*], Akademii Nauk SSSR, Moskva 1951. [In lingua russa]
- Beaulieu Armand, *Christiaan Huygens et Mersenne l'inspirateur*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 25-31.
- Belaval Yvon, *Huygens et les milieux parisiens*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 49-55.
- Bell Arthur E., *Christian Huygens (1629-1695)*, in « Nature », CXLVI (1940), pp. 511-514.
- Bell Arthur E., *The "Horologium Oscillatorium" of Christiaan Huygens*, in « Nature », CXLVIII (1941), pp. 245-248.

- Bell Arthur E., *Christian Huygens and the Development of Science in the Seventeenth Century*, Edward Arnold, London 1947.
- Bernstein Howard R., *Leibniz and Huygens on the "Relativity" of Motion*, in Aa.Vv., *Leibniz' Dynamica*. Symposion der Leibniz-Gesellschaft in der Evangelischen Akademie Loccum, 2. bis 4. Juli 1982, a cura di Albert Heinekamp, Franz Steiner, Wiesbaden 1984, pp. 85-102.
- Bertrand Joseph, Recensione del vol. I delle *Oeuvres complètes de Christiaan Huygens*, in « Journal des Savants », (luglio 1888), pp. 369-378.
- Bertrand Joseph, Recensione dei voll. II-VI delle *Oeuvres complètes de Christiaan Huygens*, in « Bulletin des Sciences mathématiques », XX (1896), serie II, pp. 121-131.
- Bertrand Joseph, Recensione del vol. VII delle *Oeuvres complètes de Christiaan Huygens*, in « Bulletin des Sciences mathématiques », XXII (1898), serie II, pp. 65-77.
- Biermann Kurt-Reinhard, *Chr. Huygens im Spiegel von Al. von Humboldts "Kosmos"*, in « Janus », LXVI (1979), pp. 241-247.
- Biot Jean-Baptiste, Recensione di *Christianii Hugenii aliorumque seculi XVII viro- rum celebrium exercitationes mathematicae et philosophicae* a cura di Pieter J. Uylenbroek, in « Journal des Savants », (maggio 1834), pp. 291-303.
- Blay Michel, *Christiaan Huygens et les phénomènes de la couleur*, in « Revue d'histoire des sciences », XXXVII (1984), pp. 127-150.
- Blay Michel, *Recherches sur les forces exercées par les fluides en mouvement à l'Académie Royale des Sciences: 1668-1669*, in Aa.Vv., *Mariotte, savant et philosophe († 1684). Analyse d'une renommée*, Vrïn, Paris 1986, pp. 91-124.
- Boas Hall Marie, *Huygens' Scientific Contacts with England*, in Aa.Vv., *Studies on Christiaan Huygens*, cit., pp. 66-82.
- Bogazzi Riccardo, *Il "Kosmotheoros" di Christiaan Huygens*, in « Physis », XIX (1977), pp. 87-109.
- Bogazzi Riccardo, *Aspetti dell'opera filosofica e scientifica di Christian Huygens*, in « Bollettino della Società Filosofica Italiana », CXLVI-CXLVII (maggio-dicembre 1992), n.s., pp. 17-24.
- Bos Hendrik J.M., *Christiaan Huygens*, in *Dictionary of Scientific Biography*, a cura di Charles C. Gillispie, Charles Scribner's Sons, New York 1970-1978, VI [1972], pp. 597-613.
- Bos Hendrik J.M., *The Influence of Huygens on the Formation of Leibniz' Ideas*, in Aa.Vv., *Leibniz à Paris (1672-1676)*. Symposion de la G.W. Leibniz-Gesellschaft (Hannover) et du C.N.R.S. (Paris) à Chantilly (France) du 14 au 18 novembre [sic] 1976, [Studia Leibnitiana Supplementa XVII-XVIII], Franz Steiner, Wiesbaden 1978, I, pp. 59-68.
- Bos Hendrik J.M., *Christiaan Huygens*, in « De Gids », CXLII (1979), pp. 306-319. Apparso anche in *Christiaan Huygens, Verhandeling over het licht*, a cura di Diewuکه Eringa, Epsilon Uitgaven, Utrecht 1990, pp. 271-295.
- Bos Hendrik J.M., *Christiaan Huygens - A Biographical Sketch*, in Aa.Vv., *Studies on Christiaan Huygens*, cit., pp. 7-16.
- Bos Hendrik J.M., *Huygens and Mathematics*, in Aa.Vv., *Studies on Christiaan Huygens*, cit., pp. 126-146.
- Bos Hendrik J.M., *L'oeuvre et la personnalité de Christiaan Huygens*, in Aa.Vv.,

Huygens et la France, cit., pp. 1-15.

Apparso anche come *L'oeuvre et la personnalité de Christiaan Huygens*. Texte d'une conférence faite le 26 mars 1979 à l'Institut Néerlandais à Paris, Utrecht 1979.

- Bos Hendrik J.M., *L'élaboration du calcul infinitésimal, Huygens entre Pascal et Leibniz*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 115-121.
- Bos Hendrik J.M., "Introduction", in *Christiaan Huygens. The Pendulum Clock or Geometrical Demonstrations Concerning the Motion of Pendula as Applied to Clocks*, a cura di Richard J. Blackwell, The Iowa State University Press, Ames (Iowa) 1986.
- Bos Hendrik J.M., *Vanuit Herkenning en Verbazing*. Rede uitgesproken [...] op [...] 20 maart 1987, Rijksuniversiteit te Utrecht 1987.
Trad. ingl. rivista: *Recognition and Wonder. Huygens, Tractional Motion and Some Thoughts on the History of Mathematics*, in «Tractrix», I (1989), pp. 3-20.
Apparso parzialmente anche in «Euclides», LXIII (1987), pp. 65-76.
- Bos Hendrik J.M., *Enjoying Genius* [Recensione di Joella G. Yoder, *Unrolling Time*], in «Tractrix», III (1991), pp. 183-193.
- Bosmans Henri, *Galilée ou Huygens? A' propos d'un épisode de la première application du pendule aux horloges*, in «Revue des Questions Scientifiques», XXII (1912), serie III, pp. 573-586.
- Bosmans Henri, *Sur un point de l'histoire du calcul des probabilités (Pascal et Huygens)*, in «Annales de la Société Scientifique de Bruxelles», XLIII (1924), pp. 318-326.
- Bosscha Johannes, *Christian Huygens. Rede op den 200sten gedenkdag van zijn levenseinde*, Johannes Enschedé en Zonen, Haarlem 1895.
Trad. ted. rivista: *Christian Huygens. Rede am 200sten Gedächtnistage seines Lebenseinendes*, Wilhelm Engelmann, Leipzig 1895.
Trad. fr.: *Christian Huygens*, in «Bulletin des Sciences mathématiques», XX (1896), serie II, pp. 33-64.
Apparso anche in «Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles», XXIX (1896), pp. 352-412.
- Bosscha Johannes, *Les "Oeuvres Complètes de Christiaan Huygens"*, in «Bibliotheca Mathematica. Zeitschrift für Geschichte der mathematischen Wissenschaften», I (1900), serie III, pp. 93-96.
- Boutroux Pierre, *L'histoire des principes de la dynamique avant Newton*, in «Revue de Métaphysique et de Morale», XXVIII (1921), pp. 657-688.
- Boyer Carl B., *Note on an Early Graph of Statistical Data (Huygens 1669)*, in «Isis», XXXVII (1947), pp. 148-149.
- Broeckhoven R. van, *De kleurentheorie van Christiaan Huygens*, in «Scientiarum Historia», XII (1970), pp. 143-158.
Apparso anche come Mededeling 2 uit het seminarie voor geschiedenis van de wiskunde en de natuurwetenschappen aan de Katholieke Universiteit te Leuven, Leuven 1970.
- Brugmans Henri L., *Le séjour de Christian Huygens à Paris et ses Relations avec les Milieux Scientifiques français suivi de son Journal de Voyage à Paris et à Londres*, E. Droz, Paris 1935.

- Bruins Evert M., *Problema Albaseni. At the Tercentenary of Huygens' Solution*, in « Centaurus », XIII (1968-1969), pp. 269-277.
- Bruins Evert M., *On Curves and Surfaces in the XVIIIth-XIXth Century*, in « Physis », XII (1970), pp. 221-236.
- Bruins Evert M., *Computation of Logarithms by Huygens*, in « Janus », LXV (1978), pp. 97-104.
- Bruins Evert M., *On the History of Logarithms. Bürgi, Napier, Briggs, de Decker, Vlacq, Huygens*, in « Janus », LXVII (1980), pp. 241-260.
- Bruna P.P., *Christiaan Huyghens' tabel voor de tijdsvereffening*, in « Hemel en Dampkring », XXXIII (1935), pp. 56-59.
- Buchwald Jed Z., *Experimental Investigations of Double Refraction from Huygens to Malus*, in « Archive for History of Exact Sciences », XXI (1979-1980), pp. 311-373.
- Burch Christopher B., *Huygens' Pulse Models as a Bridge between Phenomena and Huygens' Mechanical Foundations*, in « Janus », LXVIII (1981), pp. 53-64.
- Burch Christopher B., *Christiaan Huygens: the Development of a Scientific Research Program in the Foundations of Mechanics*, University Microfilms International, Ann Arbor (Michigan) 1985. [Tesi di dottorato presentata alla University of Pittsburgh nel 1981]
- Burger Dionijs, *Christiaan Huygens*, Ivio, Amsterdam 1956.
- Burke Vincent I., *The Writings of Christiaan Huygens on the Problem of Colliding Bodies*, non pubbl. [Tesi presentata alla Queen's University di Belfast nel 1964]
- Busson Henri, *La religion des classiques (1660-1685)*, Presses Universitaires de France, Paris 1948.
- Castro Brzezicki Antonio de, *La cronometria y los relajes de Huygens*, in « Revista de la sociedad española de matematica aplicada y del instituto de calculo del consejo superior de investigaciones cientificas », I (1955), pp.
- Clercq Peter de, *Christiaan Huygens op Hofwijck; de laatste jaren van een befaamd geleerde*, in Aa.Vv., *Soeticheydt des buytenlevens. Leven en leren op Hofwijck*, a cura di Victor Freijser, Delftse Universitaire Pers, Delft 1988, pp. 83-95.
- Cohen Hendrik F., *Wie was Christiaan Huygens?* in « Spiegel Historiaal », XIV (1979), pp. 210-214.
- Cohen Hendrik F., *Christiaan Huygens on Consonance and the Division of the Octave*, in Aa.Vv., *Studies on Christiaan Huygens*, cit., pp. 271-301.
- Cohen Hendrik F., *Quantifying Music. The Science of Music at the First Stage of the Scientific Revolution, 1580-1650*, Reidel, Dordrecht-Boston-Lancaster 1984.
- Cohen Hendrik F., Recensione di Christiaan Huygens, *Le cycle harmonique (Rotterdam 1691). Novus cyclus harmonicus (Leiden 1724)* a cura di Rudolf Rasch, in « Tijdschrift voor de Vereniging voor Nederlandse Muziekgeschiedenis », XXXIX (1989), pp. 93-97. [Contiene un inedito huygensiano]
- Cohen Hendrik F., *How Christiaan Huygens Mathematized Nature* [Recensione di Joella G. Yoder, *Unrolling Time*], in « The British Journal for the History of Science », XXIV (1991), pp. 79-84.
- Cohen I. Bernard, *Perfect Numbers in the Copernican System: Rheticus and Huygens*, in Aa.Vv., *Science and History. Studies in Honor of Edward Rosen*, [Studia Copernicana XVI], The Polish Academy of Sciences Press, Wroclaw [...] 1978, pp. 419-425.

- Conte Luigi, *Il "De circuli magnitudine inventa" di Cristiano Huygens*, in « Archimede », IX (1957), pp. 140-142, pp. 224-227, pp. 267-270; X (1958), pp. 44-47.
- Costabel Pierre, *La "loi admirable" de Christian Huygens*, in « Revue d'histoire des sciences », IX (1956), pp. 208-220.
- Costabel Pierre, *La septième règle du choc élastique de Christian Huygens*, in « Revue d'histoire des sciences », X (1957), pp. 120-131.
- Costabel Pierre, *Matière et lumière au XVIIe siècle*, in « Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum », (1967), [Supplemento III], pp. 115-130.
- Costabel Pierre, *La propagation de la lumière sans transport de matière de Descartes à Huygens*, in Aa.Vv., *Roemer et la vitesse de la lumière*. Table ronde du C.N.R.S., Paris 16 et 17 juin 1976, Vrin, Paris 1978, pp. 83-91.
- Costabel Pierre, *Isochronisme et accélération 1638-1687*, in « Archives internationales d'histoire des sciences », XXVIII (1978), pp. 3-20.
- Costabel Pierre, *Huygens et la mécanique: de la chute des corps à la cause de la pesanteur*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 139-151.
- Costabel Pierre, *Mariotte et les règles du mouvement*, in Aa.Vv., *Mariotte, savant et philosophe († 1684). Analyse d'une renommée*, Vrin, Paris 1986, pp. 75-89.
- Costabel Pierre, *Christiaan Huygens (1629-1695)*, in Pierre Costabel e Monette Martinet, *Quelques savants et amateurs de science au XVIIe siècle. Sept notices bio-bibliographiques caractéristiques*, Société Française d'Histoire des Sciences et des Techniques, Paris 1986, pp. 33-47.
- Coumet Ernest, *Sur "le calcul és jeux de hasard" de Huygens: Dialogues avec les mathématiciens français (1655-1657)*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 123-137.
- Crommelin Claude A., *De isochrone conische slinger van Christiaan Huygens*, in « Physica », XI (1931), pp. 359-364.
Apparso anche come Mededeling 9 uit het Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen, Leiden s.d. [ma 1931].
- Crommelin Claude A., *Het uurwerk met den conische slinger van Christiaan Huygens*, in « Christiaan Huygens. Vakblad voor Uurwerkmakers », XLV (1934-XX), pp. [6]-[10].
Apparso anche come Mededeling 28 uit het Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen, Leiden s.d. [ma 1934].
- Crommelin Claude A., *De klok van Huygens met den isochronen conischen slinger*, in « Nederlandsch Tijdschrift voor Natuurkunde », III (1936), pp. 273-280.
Apparso anche come Mededeling 36 uit het Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen, Leiden s.d. [ma 1936].
- Crommelin Claude A., *Het uurwerk met den balansslinger van Christiaan Huygens*, in « Nederlandsch Tijdschrift voor Natuurkunde », IV (1937), pp. 172-180.
Apparso anche come Mededeling 38 uit het Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen, Leiden s.d. [ma 1937].
- Crommelin Claude A., *Christiaan Huygens*, in « Christiaan Huygens. Internationaal Mathematisch Tijdschrift », XVII (1938-39), pp. 247-270.
Apparso anche come Mededeling 42 uit het Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen, Leiden s.d. [ma 1938].
- Crommelin Claude A., *Pendulum Cylindricum Trichordon van Christiaan Huygens*,

- in « *Nederlandsch Tijdschrift voor Natuurkunde* », V (1938), pp. 314-318.
 Apparso anche come Mededeling 46 uit het Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen, Leiden s.d. [ma 1938].
- Crommelin Claude A., *Uurwerken van Christiaan Huygens uit zijn laatste levensjaren*, in « *Nederlandsch Tijdschrift voor Natuurkunde* », VII (1940), pp. 321-328.
 Apparso anche come Mededeling 51 uit het Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen, Leiden s.d. [ma 1940].
- Crommelin Claude A., *Het optische werk van Christiaan Huygens*, in « *Nederlandsch Tijdschrift voor Natuurkunde* », IX (1942), pp. 298-310.
 Apparso anche come Mededeling 54 uit het Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen, Leiden s.d. [ma 1942].
- Crommelin Claude A., *Hugenianna*, in « *Oud Holland* », LX (1943), pp. 1-6.
 Apparso anche come Mededeling 57 uit het Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen, Leiden s.d. [ma 1943].
- Crommelin Claude A., *Les horloges de Christiaan Huygens*, in « *Journal Suisse d'Horlogerie* », LXXII (1947), pp. 189-204.
 Apparso anche come Mededeling 61 uit her Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen, Leiden s.d. [ma 1947].
- Crommelin Claude A., *The Clocks of Christiaan Huygens*, in « *Endeavour* », IX (1950), pp. 64-69.
 Apparso anche come Mededeling 73 uit het Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen, Leiden s.d. [ma 1950].
- Crommelin Claude A., *Sur l'attitude de Huygens envers le calcul infinitésimal et sur deux courbes intéressantes du même savant*, in « *Simon Stevin* », XXXI (1956), pp. 5-18.
 Apparso anche come Mededeling 92 uit het Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen, Leiden s.d. [ma 1956].
- Crommelin Claude A., *Huygens' Pendulum Experiments (Successful and Unsuccessful)*, in Aa.Vv., *Tercentenary Exhibition of the Pendulum Clock of Christiaan Huygens*, Antiquarian Horological Society, London 1956, pp. 23-27.
 Apparso anche come Mededeling 100 uit het Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen, Leiden s.d. [ma 1956].
- Crommelin Claude A., *Christiaan Huygens' Invention of the Pendulum Clock, Threehundred [sic] Years Ago*, in « *Janus* », XLVI (1957), pp. 79-80.
- Defossez Leopold, *Les savants du XVIIe siècle et la mesure du temps*, Édition du Journal Suisse d'horlogerie et de bijouterie, Lausanne 1946.
- Defossez Leopold, *Le planétaire de Christiaan Huygens*, in « *Journal Suisse d'Horlogerie* », LXXII (1947), pp. 404-416.
- Dekker Elly, *Christiaan Huygens 1629-1695*, in « *Zenit* », VI (1979), pp. 234-238.
- D'Elia Alfonsina, *Christiaan Huygens. Una biografia intellettuale*, Franco Angeli, Milano 1985.
- Dick Steven J., *Plurality of Worlds. The Origins of the Extraterrestrial Life Debate from Democritus to Kant*, University Press, Cambridge [...] 1982.
- Dijksterhuis Eduard J., *Over de ontwikkeling der valwetten*, in « *Christiaan Huygens. Internationaal Mathematisch Tijdschrift* », I (1921-22), pp. 238-262, pp. 296-318, pp. 355-379; II (1922-23), pp. 88-123.

- Dijksterhuis Eduard J., *Val en Worp. Een bijdrage tot de Geschiedenis der Mechanica van Aristoteles tot Newton*, P. Noordhoff, Groningen 1924.
- Dijksterhuis Eduard J., *Over een mechanisch axioma in het werk van Christiaan Huygens*, in « Christiaan Huygens. Internationaal Mathematisch Tijdschrift », VII (1928-29), pp. 161-180.
- Dijksterhuis Eduard J., *De ontdekking van het tautochronisme der cycloïdale valbeweging. Een bijdrage tot de 300ste herdenking van den geboortedag van Christiaan Huygens op 14 april 1929*, in « Euclides », V (1928-1929), pp. 193-208.
- Dijksterhuis Eduard J., *Een nieuwe deel der Huygens uitgave*, in « De Gids », XCIX (1935-I), pp. 226-231.
- Dijksterhuis Eduard J., *Christiaan Huygens en Frankrijk*, in « De Gids », XCIX (1935-IV), pp. 240-250.
- Dijksterhuis Eduard J., *James Gregory and Christiaan Huygens*, in Aa.Vv., *James Gregory Tercentenary Memorial Volume. Containing His Correspondance with John Collins and His hitherto Unpublished Mathematical Manuscripts together with Addresses and Essays Communicated to the Royal Society of Edinburgh, July 4, 1938*, a cura di Herbert W. Turnbull, Published for the Royal Society by G. Bell & Sons, London 1939, pp. 478-486.
- Dijksterhuis Eduard J., *De Mechanisering van het Wereldbeeld*, Meulenhoff, Amsterdam 1950¹.
Trad. it. dall'edizione inglese: *Il meccanicismo e l'immagine del mondo dai Presocratici a Newton*, Feltrinelli, Milano 1971.
- Dijksterhuis Eduard J., *Christiaan Huygens. (Bij de voltooiing van zijn Oeuvres Complètes)*, Voordracht gehouden in de Algemene Vergadering van 13 Mei 1950, De erven F. Bohn, Haarlem 1951.
Trad. ingl.: *Christiaan Huygens. An address delivered at the annual meeting of the Holland Society of Sciences at Haarlem, May 13th, 1950, on the occasion of the completion of Huygens' Collected Works*, in « Centaurus », II (1951-1953), pp. 265-282.
- Dobson R.D., *Huygens, the Secret in the Coster-Fromanteel "Contract". The Thirty-hour Clock*, in « Antiquarian Horology and the Proceedings of the Antiquarian Horological Society », XII (1980-1981), pp. 192-196.
- Dobson R.D., *Galileo Galilei and Christiaan Huygens*, in « Antiquarian Horology and the Proceedings of the Antiquarian Horological Society », XV (1984-1985), pp. 261-270. Cfr. anche pp. 373-374.
- Drummond Robertson John, *The Evolution of Clockwork [...]*, Cassell, London [...] 1931.
- Dugas René, *Histoire de la mécanique*, Éditions du Griffon, Neuchâtel 1950.
- Dugas René, *Huygens devant le système du monde, entre Descartes et Newton*, in « Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences », CCXXXVII (1953), pp. 1477-1478.
- Dugas René, *Sur le cartésianisme de Huygens*, in « Revue d'histoire des sciences », VII (1954), pp. 22-33.
- Dugas René, *La mécanique au XVIIe siècle. (Des antécédents scolastiques à la pensée classique)*, Éditions du Griffon, Neuchâtel 1954.
- Earman John S., *World Enough and Space-Time. Absolute versus Relational Theo-*

- ries of Space and Time*, The MIT Press, Cambridge (Massachusetts)-London 1989.
- Edwardes Ernest L., *The Story of the Pendulum Clock*, John Sherratt, Altrincham 1977.
- Elena Alberto, *Huygens y el cartesianismo: a propósito de la noción de gravedad*, in « Lull », V (1982), pp. 5-16.
- Elzinga Aant, *On a Research Program in Early Modern Physics with Special Reference to the Work of Ch. Huygens*, Institution for the Theory of Science, University of Gothenburg, Göteborg 1971.
- Elzinga Aant, *Huygens' Theory of Research and Descartes' Theory of Knowledge*, in « Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie - Journal for General Philosophy of Science », II (1971), pp. 174-194; III (1972), pp. 9-27. [È l'edizione separata del quinto capitolo del saggio del 1971].
- Elzinga Aant, *On a Research Program in Early Modern Physics*, Akademiförlaget, Göteborg 1972.
- Elzinga Aant, *Notes on the Life and Works of Christiaan Huygens (1629-1695)*, Department of Theory of Science, University of Göteborg, Göteborg 1976.
- Elzinga Aant, *Externalist and Internalist Approaches to the Work of Christiaan Huygens*, in « Videnskabsforskning », III (1977), pp. 51-87.
- Elzinga Aant, *Christiaan Huygens' Theory of Research*, in « Janus », LXVII (1980), pp. 281-300.
- Elzinga Aant, Recensione di Joella G. Yoder, *Unrolling Time*, in « Lychnos » (1990), pp. 346-350.
- Eyffinger Arthur C.G.M. e Heer A.R.E. de, *De jongelingsjaren van de kinderen van Christiaan en Constantijn Huygens*, in Aa.Vv., *Huygens herdacht*. Catalogus bij de tentoonstelling in de Koninklijke Bibliotheek ter gelegenheid van de 300ste sterfdag van Constantijn Huygens, a cura di Arthur C.G.M. Eyffinger, Koninklijke Bibliotheek, Den Haag 1987, pp. 75-165.
- Favaro Antonio, *Intorno alle opere complete di Cristiano Huygens pubblicate dalla Società Olandese delle Scienze*, in « Atti del Reale Istituto Veneto di scienze, lettere e arti », VII (1888-89), serie VI, pp. 403-421.
- Favaro Antonio, *Galileo Galilei e Cristiano Huygens. Nuovi documenti sull'applicazione del pendolo all'orologio*, in *Nuovi studi Galileiani*, [Memorie del Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, XXIV], Antonelli, Venezia 1891, pp. 389-418.
- Favaro Antonio, *Galileo Galilei e Cristiano Huygens. Nuovi documenti sull'applicazione del pendolo all'orologio*, in « Rivista di fisica, matematica e scienze naturali », XXVI (1912), pp. 3-20.
- Favaro Antonio, *Galileo oppure Huygens?*, in « Atti e memorie della R. Accademia di Scienze, Lettere ed Arti in Padova », XXX (1913-1914), n.s., pp. 62-66.
- Feldhaus Gilbert W., *Christian Huygens*, in « Deutsche Uhrmacher Zeitung », LIII (1929), pp. 273-275.
- Fenaroli Giuseppina e Penco Maria A., *Su alcune lettere di Christiaan Huygens in relazione al suo "De ratiociniis in ludo aleae"*, in « Physis », XXI (1979), pp. 351-356.
- Fenaroli Giuseppina e Penco Maria A., *Le prime analisi di problemi di mortalità in termini probabilistici*, in « Physis », XXIII (1981), pp. 115-134.

- Fenaroli Giuseppina, Garibaldi Ubaldo e Penco Maria A., *Foundations of Huygens' Theory of Probability*, in « Epistemologia », VI (1983), pp. 293-322.
- Ferraz Antonio, *Le "Traité de la lumière" de Huygens comme synthèse historique*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 159-164.
- Fichant Michel, *La "réforme" leibnizienne de la dynamique, d'après des textes inédits*, in Aa.Vv., *Akten des II. internationalen Leibniz-Kongresses*, Hannover, 17.-22. Juli 1972, [Studia Leibnitiana Supplementa XII-XV], Franz Steiner, Wiesbaden 1973-1975, II [1974], pp. 195-214.
- Fichant Michel, *Neue Einblicke in Leibniz' Reform seiner Dynamik*, in « Studia Leibnitiana », XXII (1990), pp. 48-68.
- Finocchiaro Maurice A., *The Concept of Judgement and Huygens' Theory of Gravity*, in « Epistemologia », III (1980), pp. 185-216.
- Fokker Adriaan D., *Christiaan Huygens' oktaafverdeling in 31 gelijke diëzen*, in « Caecilia en De Muziek », XCVIII (1941), pp. 149-152.
- Forti Umberto, *La teoria della gravitazione di Huyghens*, in « Periodico di matematiche », VI (1926), serie IV, pp. 305-313.
- Forti Umberto, *Nel terzo centenario di Cristiano Huyghens*, in « Nuova Antologia », MCCCCLXXXVI (1929), pp. 500-512.
- Fournier Marian, *Huygens' Microscopical Researches*, in « Janus », LXVIII (1981), pp. 199-209.
- Fournier Marian, *Huygens' Designs for a Simple Microscopy*, in « Annals of Science », XLVI (1989), pp. 575-596.
- Frankfurt Usher I. e Frenk Aleksandr M., *Christiaan Huygens 1629-1695*, Akademie Nauk SSSR, Moskvā 1962.
Trad. fr.: *Christiaan Huygens*, Éditions Mir, Moscou 1976.
- Frege Gottlob, *Über den Briefwechsel Leibnizens und Huygens mit Papin*, in « Sitzungsberichte der Jenaischen Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaft », (1881), G. Fischer, Jena 1881, pp. 29-32, ristampa in Gottlob Frege, *Begriffsschrift und andere Aufsätze*, a cura di Ignacio Angelelli, Georg Olms, Hildesheim 1964¹, pp. 93-96.
- Frenk Aleksandr M., *[Sulla storia dello sviluppo del Principio di Huygens]*, in « Voprosy Istorii Estestvoznaniia i Tekhniki », XI (1961), pp. 51-54. [In lingua russa]
- Freudenthal Hans, *Huygens' Foundations of Probability*, in « Historia Mathematica », VII (1980), pp. 113-117.
- Gabbey Alan, *Huygens and Mechanics*, in Aa.Vv., *Studies on Christiaan Huygens*, cit., pp. 166-199.
- Gabbey Alan, *Huygens et Roberval*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 69-83.
- Garcia Rolando, *Huyghens et Leibniz contre Newton*, in Jean Piaget e Rolando Garcia, *Les explications causales*, Presses Universitaires de France, Paris 1971, pp. 158-160.
- Geer Pieter van, *De briefwisseling van Christiaan Huygens*, in « De Nederlandsche Spectator », XXIII (1905), pp. 1-8.
- Geer Pieter van, *Christiaan Huygens' leerjaren*, in « De Tijdspiegel », (1906-III), pp. 1-22.
- Geer Pieter van, *Christiaan Huygens' reis- en studie jaren (1657-1665)*, in « De Tijdspiegel », (1907-I), pp. 37-64.

- Geer Pieter van, *Christiaan Huygens' verblijf te Parijs (1666-1681)*, in « De Tijdspiegel », (1907-I), pp. 426-454.
- Geer Pieter van, *Hugeniana Geometrica*, in « Nieuw Archief voor wiskunde », VII (1907), serie II, pp. 215-226, pp. 438-454; VIII (1908), serie II, pp. 34-63, pp. 145-168, pp. 289-314, pp. 444-464; IX (1911), serie II, pp. 6-38, pp. 202-230, pp. 338-358; X (1913), serie II, pp. 39-60, pp. 178-198, pp. 370-395.
- Geer Pieter van, *Christiaan Huygens en Isaac Newton*, in « De Tijdspiegel », (1907-III), pp. 24-46.
- Geer Pieter van, *Christiaan Huygens en Gottfried Wilhelm Leibniz*, in « De Tijdspiegel », (1908-I), pp. 17-42.
- Geer Pieter van, *Christiaan Huygens' laatste levensjaren*, in « De Tijdspiegel », (1908-III), pp. 367-395.
- Gelder Hendrik E. van, *Ikonografie van Constantijn Huygens en de zijnen*, Nijhoff, 's Gravenhage 1957, pp. 43-49.
- Gerland Ernst, *Zur Geschichte der Erfindung der Pendeluhr*, in « Annalen der Physik und Chemie », IV (1878), n.s., pp. 585-613.
- Gerland Ernst, *Leibnizens und Huygens' Briefwechsel mit Papin, nebst der Biographie Papin's und einigen zugehörigen Briefen und Actenstücken*, Verlag der Königlichen Akademie der Wissenschaften, Berlin 1881.
- Gerland Ernst, *Die Erfindung der Pendeluhr*, in « Zeitschrift für Instrumentenkunde », VIII (1888), pp. 77-83.
- Gould Rupert T., *The Marine Chronometer. Its History and Development*, The Holland Press, London 1923¹.
- Guerout Martial, *Dynamique et métaphysique leibniziennes suivi d'une note sur le principe de la moindre action chez Maupertuis*, Les Belles Lettres, Paris 1934, ristampa *Leibniz. Dynamique et métaphysique, suivi d'une note sur le Principe de la moindre action chez Maupertuis*, Aubier-Montaigne, Paris 1967.
- Günther Siegmund, *Quellenmässige Darstellung der Erfindungsgeschichte der Pendeluhr bis auf Huyghens*, in *Vermischte Untersuchungen zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften*, Teubner, Leipzig 1876, pp. 308-344.
- Hahn Roger, *Huygens and France*, in Aa.Vv., *Studies on Christiaan Huygens*, cit., pp. 53-65.
- Hall A. Rupert, *Mechanics and the Royal Society, 1668-1670*, in « The British Journal for the History of Science », III (1966), pp. 24-38.
- Hall A. Rupert, *Huygens and Newton*, in Aa.Vv., *The Anglo-Dutch Contribution to the Civilization of Early Modern Society*. An Anglo-Netherlands Symposium. London, 27 and 28 June 1974 [...], Oxford University Press, Oxford 1976, pp. 45-59.
- Hall A. Rupert, *Summary of the Symposium*, in Aa.Vv., *Studies on Christiaan Huygens*, cit., pp. 302-313.
- Halleux Robert, *Huygens et les théories de la matière*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 187-195.
- Harting Pieter, *Christiaan Huygens in zijn Leven en werken geschetst*, Gebroeders Hoitsema, Groningen 1868.
- Harting Pieter, *Christiaan Huygens in de Parijsche Akademie van Wetenschappen*, in « Album der Natuur. Een werk ter verspreiding van natuurkennis onder beschaafde lezers van allerlei stand », (1869), n.s., pp. 16-20.

- Hashimoto Takehiko, *Huygens, Dioptrics, and the Improvement of the Telescope*, in « *Historia Scientiarum. International Journal of the History of Science Society in Japan* », XXXVII (1989), pp. 51-90.
- Hausdorff Felix, "Anmerkungen", in *Christian Huygens' nachgelassene Abhandlungen. Über die Bewegung der Körper durch den Stoß. Über die Centrifugalkraft*, a cura di Felix Hausdorff, Wilhelm Engelmann, Leipzig 1903, pp. 63-79.
- Heckscher A. e Oettingen Arthur J. von, "Anmerkungen" in Christiaan Huygens, *Die Pendelubr. Horologium Oscillatorium*, a cura di A. Heckscher e Arthur J. von Oettingen, Wilhelm Engelmann, Leipzig 1913, pp. 193-266.
- Heinekamp Albert, *Huygens vu par Leibniz*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 99-114.
- Helden Albert van, *Eustachio Divini versus Christiaan Huygens: a Reappraisal*, in « *Physis* », XII (1970), pp. 36-50.
- Helden Albert van, *The Accademia del Cimento and Saturn's Ring*, in « *Physis* », XV (1973), pp. 237-259.
- Helden Albert van, "Annulo cingitur": *the Solution of the Problem of Saturn*, in « *Journal for the History of Astronomy* », V (1974), pp. 155-174.
- Helden Albert van, *A Note about Christiaan Huygens's "De Saturni Luna Observatio Nova"*, in « *Janus* », LXII (1975), pp. 13-15.
- Helden Albert van, *The Development of Compound Eyepieces, 1640-1670*, in « *Journal for the History of Astronomy* », VIII (1977), pp. 26-37.
- Helden Albert van, *Huygens and the Astronomers*, in Aa.Vv., *Studies on Christiaan Huygens*, cit., pp. 147-165.
- Henrici Julius, *Die Erforschung der Schwere durch Galilei, Huygens, Newton als Grundlage der rationellen Kinematik und Dynamik historisch-didaktisch dargestellt*, B.G. Teubner, Leipzig 1885.
- Henry Charles, *Recherches sur les manuscrits de Pierre de Fermat suivies de fragments inédits de Bachet et de Malebranche*, in « *Bullettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche* », XII (1879), pp. 477-568, pp. 619-740.
- Henry Charles, *Huygens et Roberval. Documents nouveaux*, E.J. Brill, Leyde 1879. [La data in copertina è 1880].
- Henry Charles, *Pierre de Carcavy, intermédiaire de Fermat, de Pascal et de Huygens, Bibliothécaire de Colbert et du Roi, Directeur de l'Académie des Sciences*, in « *Bullettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche* », XVII (1884), pp. 317-391.
- Hess Heinz-Jürgen, *Bücher aus dem Besitz von Christiaan Huygens (1629-1695) in der Niedersächsischen Landesbibliothek Hannover*, in « *Studia Leibnitiana* », XII (1980), pp. 1-51. [Contiene inediti huygensiani]
- Hofmann Joseph E. e Hofmann Josepha, *Erste Quadratur der Kissoide*, in « *Deutsche Mathematik* », V (1940), pp. 571-584.
- Hofmann Joseph E., *Über die ersten logarithmischen Rektifikationen. Eine historisch-kritische Studie in vergleichender Darstellung*, in « *Deutsche Mathematik* », VI (1941), pp. 283-304.
- Hofmann Joseph E., *Die Entwicklungsgeschichte der Leibnizschen Mathematik während des Aufenthaltes in Paris (1672-1676). Unter Mitbenutzung bisher unveröffentlichten Materials dargestellt*, Leibniz Verlag, München 1949.

- Trad. ingl. rivista: *Leibniz in Paris 1672-1676. His Growth to Mathematical Maturity*, University Press, Cambridge 1974.
- Hofmann Joseph E., *Neues über die näherungsweise Kreisquadratur bei Huygens (1654)*, in « Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht », IV (1952), pp. 321-323.
- Hofmann Joseph E., *Über die Quadrisectionis trianguli*, in « Mathematische Zeitschrift », LXXIV (1960), pp. 105-118.
Apparso anche in Joseph E. Hofmann, *Ausgewählte Schriften*, a cura di Christoph J. Scriba, Georg Olms, Hildesheim-Zürich-New York 1990, I, pp. 311-324.
- Hofmann Joseph E., *Über die Kreismessung von Chr. Huygens, ihre Vorgeschichte, ihren Inhalt, ihre Bedeutung und ihr Nachwirken*, in « Archive for History of Exact Sciences », III (1966), pp. 102-136.
- Hoorweg J.L., *Rede over Christiaan Huygens*, gehouden bij de Opening van den Natuurkundigen Cursus van het Bataafsche Genootschap, 7 November 1884, s.l., s.d.
- Hooykaas Reyer, *Experientia ac Ratione: Huygens tussen Descartes en Newton*. Voordracht gehouden bij de opening van de tentoonstelling "Christiaan Huygens, een quaestie van tijd" in het Museum Boerhaave op 19 April 1979, Mededeling 201 uit het Rijksmuseum voor de Geschiedenis van de Natuurwetenschappen en van de Geneeskunde, Leiden s.d. [ma 1979].
- Ilf Rob, "In the Warehouse": *Privacy, Property and Priority in the Early Royal Society*, in « History of Science », XXX (1992), pp. 29-68.
- Jammer Max, *Concepts of Space. The History of Theories of Space in Physics*, Harvard University Press, Cambridge (Massachusetts) 1954.
Trad. it.: *Storia del concetto di spazio*, Feltrinelli, Milano 1963.
- Jammer Max, *Concepts of Force. A Study in the Foundations of Dynamics*, Harvard College, Cambridge (Massachusetts) 1957.
Trad. it.: *Storia del concetto di forza. Studio sulle fondazioni della dinamica*, Feltrinelli, Milano 1971.
- Jansen P., *Les carrosses à cinq sols de Christian Huygens*, in « Revue d'histoire des sciences », IV (1951), pp. 171-172.
- Jansen P., *Une tractation commerciale au XVIIe siècle*, in « Revue d'histoire des sciences », IV (1951), pp. 173-176.
- Keesing Elisabeth, *De gebroeders Huygens en Spinoza*, in « Bzzlletin », XIII (1984), pp. 5-10.
Trad. fr.: *Les frères Huygens et Spinoza*, in « Cahiers Spinoza », V (1984-85), pp. 109-128.
- Knight David M., *Celestial Worlds Discover'd*, in « The Durham University Journal », LVIII (1965), pp. 23-29.
- Kock Adrianus C. de, *De uitvinding van het slingeruurwerk*, in « Hemel en Dampkring », XXXI (1933), pp. 393-404, pp. 417-429.
- Kokiti Hara, Recensione di Aa.Vv., *Studies on Christiaan Huygens*, in « Historia Scientiarum. International Journal of the History of Science Society of Japan », XXII (1982), pp. 123-130.
- Korteweg Dirk J., *La solution de Christiaan Huygens du problème de la chaînette*, in « Bibliotheca Mathematica. Zeitschrift für Geschichte der mathematischen

- Wissenschaften », I (1900), serie III, pp. 97-108.
- Korteweg Dirk J., *Huygens' sympatische uurwerken en verwante verschijnselen, in verband met de principale en de samengestelde slingeringen die zich voordoen wanneer aan een mechanisme met één enkele vrijheidsgraad twee slingers bevestigd worden*, in *Verslag van de Gewone Vergadering der Wis- en Natuurkundige Afdeeling van 28 oktober 1905*, Koninklijke Akademie van Wetenschappen, Amsterdam 1905, pp. 413-432.
- Korteweg Dirk J., *Een en ander over de Huygens-uitgave en over den invloed van Descartes op Christiaan Huygens*, in « Jaarboek van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen », (1909), Johannes Müller, Amsterdam 1910, pp. 1-19. Trad. ted.: *Christian Huygens' wissenschaftliche Lebrjahre*, in « Internationale Wochenschrift für Wissenschaft, Kunst und Technik », (1909), coll. 1391-1396, coll. 1411-1426.
- Kox Anne J. e Polak P.H., *Christiaan Huygens (1629-1695)*, in « De Gids », CXLII (1979), pp. 279-291.
- Koyré Alexandre, *Newtonian Studies*, Harvard University Press, Cambridge (Massachusetts) 1965.
Trad. it.: *Studi newtoniani*, Einaudi, Torino 1972.
- Koyré Alexandre, *An Experiment in Measurement*, in « Proceedings of the American Philosophical Society », XCVII (1953), pp. 222-237.
- Kubbinga Henricus H., *Christiaan Huygens' wetenschappelijke opleiding*, in « De zeventiende eeuw. Cultuur in de Nederlanden in interdisciplinair perspectief », III (1987-II), pp. 161-170.
- Kuhn Wilfried, *Das Problem der Relativbewegung bei Huygens*, non pubbl. [Tesi di dottorato presentata alla Johann Wolfgang Goethe-Universität di Frankfurt am Main nel 1970]
- Land Jan P.N., *Het toonstelsel van Christiaan Huygens*, in « Tijdschrift der Vereeniging voor Noord-Nederlands Muziekgeschiedenis », III (1891), pp. 197-203.
- Lange Ludwig, *Die geschichtliche Entwicklung des Bewegungsbegriffes und ihr voraussichtliches Endergebniss. Ein Beitrag zur historischen Kritik der mechanischen Principien*, Wilhelm Engelmann, Leipzig 1886.
- Lasswitz Kurd, *Geschichte der Atomistik vom Mittelalter bis Newton*, Leopold Voss, Hamburg-Leipzig 1890, ristampa Georg Olms, Hildesheim 1963.
- Lemans Moses, *Levensbeschrijving van Christiaan Huygens*, in eene redevoering, uitgesproken in het letteroefenend genootschap "Tot nuten beschaving", den 16den van Lentemaand 1820, s.l., s.d.
- Leopold Jan H., *Christiaan Huygens and His Instrument Makers*, in Aa.Vv., *Studies on Christiaan Huygens*, cit., pp. 221-233.
- Leopold Jan H., *L'invention par Christiaan Huygens du ressort spiral réglant pour les montres*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 153-157.
- Le Paige Constantin, *Correspondance de René-François de Sluse publiée pour la première fois et précédée d'une introduction par M.C. Le Paige*, in « Bullettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche », XVII (1884), pp. 427-554, pp. 603-726.
- Lloyd H. Alan, "Foreword", in Aa.Vv., *Tercentenary Exhibition of the Pendulum Clock of Christiaan Huygens*, Antiquarian Horological Society, London 1956, pp. 2-4.

- Lommel Eugen C.J. von, "Anmerkungen", in Christiaan Huygens, *Abhandlung über das Licht* [...], a cura di Eugen C.J. von Lommel, Wilhelm Engelmann, Leipzig 1890¹, pp. 107-115.
- Loria Gino, *Curve piane speciali nel carteggio di Huygens*, in « Bibliotheca Mathematica », VII (1906), serie III, pp. 270-281.
- Loria Gino, *La vita scientifica di Cristiano Huygens quale si desume dal suo carteggio*, in « Commentationes Pontificiae Academiae Scientiarum », VI (1942-XXIV), pp. 1079-1138.
- Luyendijk-Elshout Antonie M., *Christiaan Huygens en de geneeskunde*, in « Spiegel Historiaal », XIV (1979), pp. 230-233.
- Maanen Johannes A. van, *Hendrick van Heuraet (1634-1660?): His Life and Mathematical Work*, in « Centaurus », XXVII (1984), pp. 218-279. [Contiene un inedito huygensiano]
- Maanen Johannes A. van, *Unknown Manuscript Material of Christiaan Huygens*, in « Historia Mathematica », XII (1985), pp. 60-65.
- Maanen Johannes A. von, *Facets of Seventeenth Century Mathematics in the Netherlands*, Elinkwijk, Utrecht 1987.
- Mach Ernst, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt*, Brockhaus, Leipzig 1883¹.
Trad. it.: *La meccanica nel suo sviluppo storico-critico*, Boringhieri, Torino 1968.
- Mac Lean Johannes, *De historische ontwikkeling der stootwetten van Aristoteles tot Huygens*, Vrije Universiteit, Amsterdam 1959.
- Mahoney Michael S., *Christiaan Huygens: the Measurement of Time and of Longitude at Sea*, in Aa.Vv., *Studies on Christiaan Huygens*, cit., pp. 234-270.
- Malet Antoni, *Mathematics and Mathematization in the Seventeenth Century* [Recensione di Joella G. Yoder, *Unrolling Time*], in « Studies in History and Philosophy of Science », XXII (1991), pp. 673-678.
- Marek Jiří, *Les notions de la théorie ondulatoire de la lumière chez Grimaldi et Huygens*, in « Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum », (1965) [Supplemento I], pp. 131-147.
- Mascart Jean, *La découverte de l'anneau de Saturne par Huygens*, in « La Revue du Mois », I (1906-II), pp. 66-80, pp. 160-185, pp. 302-314.
- Mesnard Jean, *Les premières relations parisiennes de Christiaan Huygens*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 33-40.
- Michel Henri, *Sur trois objectifs de Huygens*, in « Ciel et Terre. Revue populaire d'astronomie et de météorologie », LXVII (1951), pp. 128-130.
- Mignard F., *The Theory of the Figure of the Earth according to Newton and Huygens*, in « Vistas in Astronomy », XXX (1987), pp. 291-311.
- Minnaert Marcel G.J., *De briefwisseling tussen Römer en Huygens betreffende de snelheid van het licht*, in « Hemel en Dampkring », XLIV (1946), pp. 51-57.
- Minnaert Marcel G.J., *Galilei and Huygens*, in Aa.Vv., *Saggi su Galileo Galilei*, a cura di Carlo Maccagni, G. Barbera, Firenze 1967, I, pp. 362-376.
- Moerman J.J., *Een Rotterdamske mededinger van Christiaan Huygens*, in « Rotterd. Jb. », (1930), pp. 47-53.
- Moll Konrad, *Von Erhard Weigel zu Christiaan Huygens. Feststellungen zu Leibnizens Bildungsweg zwischen Nürnberg, Mainz und Paris*, in « Studia Leibnitiana

- na », XIV (1982), pp. 56-72.
- Monaco Giuseppe, *Sulle prime livelle a canocchiale*, in « Rivista di Storia della Scienza », III (1986), pp. 385-407.
- Monchamp Georges, *Histoire du cartésianisme en Belgique*, F. Hayez, Bruxelles; chez l'Auteur, Saint-Trond 1886.
- Monchamp Georges, *Les correspondants belges du grand Huygens*, in « Bulletins de l'Académie Royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique », XXVII (1894), serie III, pp. 255-308.
- Mongruel A., *Christiaan Huygens en enige Franse klokken uit zijn tijd*, in « Christiaan Huygens. Vakblad voor uurwerkmakers », LX (1949), pp. 27-29.
- Mormino Gianfranco, *La relatività del movimento negli scritti sull'urto di Christiaan Huygens*, in Aa.Vv., *De Motu. Studi di storia del pensiero su Galileo, Hegel, Huygens e Gilbert*, Cisalpino, Milano 1990, pp. 107-138.
- Mouy Paul, *Le Développement de la Physique Cartésienne 1646-1712*, Vrin, Paris 1934, ristampa Arno Press, New York 1981.
- Nagaoka Kazuo, [*Sulla teoria della probabilità di Christiaan Huygens*], in « Kagakushi Kenkyu », XXI (1982), pp. 88-97. [In lingua giapponese]
- Nellen H.J.M., *Editing 17th-Century Scholarly Correspondence: Grotius, Huygens, and Mersenne*, in « Lias », XVII (1990), pp. 9-20.
- Newbold D.E., *Christiaan Huygens 1629-1695*, in Aa.Vv., *Late Seventeenth Century Scientists*, a cura di Donald W. Hutchings, Pergamon Press, Oxford 1969, pp.
- Nijland Albert A., *Christiaan Huygens, in het bijzonder als astronoom*. Rede uitgesproken op het Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres op 4 April 1929, in « Christiaan Huygens. Internationaal Mathematisch Tijdschrift », VII (1928-29), pp. 192-208.
- Nooten Sebastiaan I. van, *Contributions of Dutchmen to the Early History of Film Technology*, in « Janus », LVIII (1971), pp. 81-100.
- Nuchelmans Gabriel, *A 17th-Century Debate on the "Consequentia Mirabilis"*, in « History and Philosophy of Logic », XIII (1992), pp. 43-58.
- Olmsted John W., *The Voyage of Jean Richer to Acadia in 1670: a Study in the Relations of Science and Navigation under Colbert*, in « Proceedings of the American Philosophical Society », CIV (1960), pp. 612-634.
- Palter Robert, *Saving Newton's Text: Documents, Readers, and the Ways of the World*, in « Studies in History and Philosophy of Science », XVIII (1987), pp. 385-439.
- Parrochia Daniel, *Optique, Mécanique et Calcul des Chances chez Huygens et Spinoza (sur quelques paradigmes possibles du discours philosophique)*, in « Dialectica », XXXVIII (1984), pp. 319-345.
- Payen Jacques, *Huygens et Papin: moteur thermique et machine à vapeur au XVIII^e siècle*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 197-208.
- Pera Marcello, *Le teorie come metafore e l'induzione*, in « Physis », XXII (1980), pp. 433-461.
- Picard Charles-Émile, *Le Troisième Centenaire de Huygens*, in « Revue générale des sciences pures et appliquées », XL (1929), pp. 321-323.
- Picolet Guy, *Un génie mal connu: Christiaan Huygens*, in « Recherche », CIII (1979), pp. 906-908.
- Picolet Guy, *Huygens et Picard*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 85-97.

- Pighetti Clelia, *Di una secentesca "conjectura verisimilis"*, in « Physis », IV (1962), pp. 345-355.
- Pighetti Clelia, "Introduzione", in Cristiano Huygens, *Horologium oscillatorium & Traité de la Lumière*, a cura di Clelia Pighetti, G. Barbèra, Firenze 1963, pp. 5-17.
- Plomp Reinier, *The Dutch Origin of the French Pendulum Clock. What We Can Learn from Christiaan Huygens' Correspondance, 1657-1664*, in « Antiquarian Horology and the Proceedings of the Antiquarian Horological Society », VIII (1971-1972), pp. 24-41.
- Plomp Reinier, *Christiaan Huygens. Man van de klok*, in « Spiegel Historiae », XIV (1979), pp. 234-241.
- Polišenský J.V., *Comenius, Huygens, and Newton: the Social and Scientific Revolutions of the 17th Century*, in Aa.Vv., *Jan Amos Comenius: Geschichte und Aktualität 1670-1970*, a cura di Heinz-Joachim Heydorn, Glashütten in Taunus 1971, pp.
- Rasch Rudolf, "Introduction", in Christiaan Huygens, *Le cycle harmonique (Rotterdam 1691). Novus cyclus harmonicus (Leiden 1724)*, a cura di Rudolf Rasch, The Diapason Press, Utrecht 1986, pp. 10-119.
- Reichenbach Hans, *Die Bewegungslehre bei Newton, Leibniz und Huyghens*, in « Kantstudien », XXIX (1924), pp. 416-438.
Trad. it.: *La teoria del moto secondo Newton, Leibniz e Huyghens*, in *La nuova filosofia della scienza*, a cura di Maria Reichenbach, Bompiani, Milano 1968, pp. 69-97.
- Reverchon Léopold, *Huyghens horloger*, in « Revue générale des sciences pures et appliquées », XXVII (1916), pp. 105-112.
- Reverchon Léopold e Ditisheim Paul, *La machine planétaire et l'oeuvre astronomique de Huygens*, in « L'astronomie », (1930), pp. 57-76.
- Riersøl Olav, *Notes on Some Propositions of Huygens in the Calculus of Probability*, in « Nordisk Matematisk Tidsskrift », XVI (1968), pp. 88-91.
- Righini Bonelli Maria L. e Helden Albert van, *Divini and Campani: a Forgotten Chapter in the History of the Accademia del Cimento*, in « Annali dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze », VI (1981-I), pp. 3-176.
- Robinet André, *Malebranche de l'Académie des Sciences. L'oeuvre scientifique, 1674-1715*, Vrin, Paris 1970.
- Robinet André, *Huygens et Malebranche*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 223-239.
- Roger Jacques, *La politique intellectuelle de Colbert et l'installation de Huygens à Paris*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 41-47.
- Romein-Verschoor Annie, *Christiaan Huygens. De ontdekker der waarschijnlijkheid*, in Jan Romein e Annie Romein-Verschoor, *Erfaters van onze beschaving. Nederlandse gestalten uit zes eeuwen*, Querido, Amsterdam 1938-1940, II [1938], pp. 254-289.
- Ronchi Vasco, *Storia della luce*, Zanichelli, Bologna 1939¹.
- Rooseboom Maria, *Christiaan Huygens et la microscopie*, in « Archives néerlandaises de zoologie », XII (1958), [Supplemento I], pp. 59-73.
Apparso anche come Mededeling 105 uit het Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen, Leiden s.d. [ma 1958].

- Rosenfeld Léon, *Le premier conflit entre la théorie ondulatoire et la théorie corpusculaire de la lumière*, in « Isis », XI (1928), pp. 111-122.
- Rosmorduc Jean, *Le modèle de l'éther lumineux dans le "Traité de la lumière" de Huygens*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 165-176.
- Rudio Ferdinand, *Archimedes, Huygens, Lambert, Legendre. Vier Abhandlungen über die Kreismessung, Deutsch herausgegeben und mit einer Übersicht über die Geschichte des Problems von der Quadratur des Zirkels, von den ältesten Zeiten bis auf unsere Tage, versehen [...]*, B.G. Teubner, Leipzig 1892, ristampa Sändig, Wiederwalluf bei Wiesbaden 1971.
- Šabra Abdelhamid I., *Theories of Light from Descartes to Newton*, Oldbourne, London 1967.
- Sakellariadis Spiros, *Descartes' Experimental Proof of the Infinite Velocity of Light and Huygens' Rejoinder*, in « Archive for History of Exact Sciences », XXVI (1982), pp. 1-12.
- Schneider Ivo, *Christiaan Huygens's Contribution to the Development of a Calculus of Probabilities*, in « Janus », LXVII (1980), pp. 269-279.
- Schneider Ivo, *Technik in der Sicht der exakten Naturwissenschaften am Beispiel von Archimedes, Christiaan Huygens und Carl Friedrich Gauss*, in « Kultur und Technik », VI (1982), pp. 21-24.
- Scholz Heinrich, *Zur Analysis des Relativitätsbegriffs*, in « Kantstudien », XXVII (1922), pp. 369-398.
- Schoute Pieter H., *Recensione dei voll. I-III delle Oeuvres complètes de Christiaan Huygens*, in « Bulletin des Sciences mathématiques », XVI (1892), serie II, pp. 5-30.
- Schouten Jan A., *Die relative und absolute Bewegung bei Huygens*, in « Jahresbericht der Deutschen Mathematiker Vereinigung », XXIX (1920), pp. 136-144.
- Schouten Jan A., *Absolute en relatieve beweging bij Huygens*, in « Christiaan Huygens. Internationaal Mathematisch Tijdschrift », I (1921-22), pp. 94-95.
- Schuh Frederick, *Christiaan Huygens (14 April 1629 - 9 Juli 1695)*, in « Christiaan Huygens. Internationaal Mathematisch Tijdschrift », I (1921-22), pp. 1-28.
- Schuh Frederick, *Deux démonstrations dues à Huygens de son théorème concernant les quatre points d'intersection de deux coniques à axes parallèles*, in « Christiaan Huygens. Internationaal Mathematisch Tijdschrift », I (1921-22), pp. 96-101.
- Schuh Frederick, *De eerste uitingen van het genie van Christiaan Huygens*, in « Christiaan Huygens. Internationaal Mathematisch Tijdschrift », VII (1928-29), pp. 214-217.
- Scriba Christoph J., *Gregory's Converging Double Sequence. A New Look at the Controversy between Huygens and Gregory over the "Analytical" Quadrature of the Circle*, in « Historia Mathematica », X (1983), pp. 274-285.
- Seidengart Jean, *Les Théories cosmologiques de Christiaan Huygens*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 209-222.
- Servaas van Rooyen A.J., *Een mededinger van Christiaan Huygens*, in « Album der Natuur », (1884), n.s., pp. 25-31.
- Servaas van Rooyen A.J., *Een mededinger van Christiaan Huygens*, in « De Navorser. Een middel tot gedachtenwisseling en letterkundig verkeer, tusschen allen die iets weten, iets te vragen hebben, of iets kunnen oplossen », XVII

- (1884), n.s., pp. 298-299.
- Shapiro Alan E., *Kinematic Optics: a Study of the Wave Theory of Light in the Seventeenth Century*, in « Archive for History of Exact Sciences », XI (1973), pp. 134-266.
- Shapiro Alan E., *Huygens' Kinematic Theory of Light*, in Aa.Vv., *Studies on Christiaan Huygens*, cit., pp. 200-220.
- Shapiro Alan E., *Newton and Huygens' Explanation of the 22° Halo*, in « Centaurus », XXIV (1980), pp. 273-287.
- Shapiro Alan E., *Huygens' "Traité de la Lumière" and Newton's "Opticks": Pursuing and Eschewing Hypotheses*, in « Notes and Records of the Royal Society of London », XLIII (1989), pp. 223-247.
- Sheynin O.B., *Early History of the Theory of Probability*, in « Archive for History of Exact Sciences », XVII (1977), pp. 201-259.
- Shoemith Eddie, *Expectation and the Early Probabilists*, in « Historia Mathematica », X (1983), pp. 78-80.
- Shoemith Eddie, *Huygens' Solution to the Gambler's Ruin Problem*, in « Historia Mathematica », XIII (1986), pp. 157-164.
- Sloth Flemming, *Chr. Huygens' Rectification of the Cycloid*, in « Centaurus », XIII (1968-1969), pp. 278-284.
- Snelders Henricus A.M., *Christiaan Huygens and the Concept of Matter*, in Aa.Vv., *Studies on Christiaan Huygens*, cit., pp. 104-125.
- Snelders Henricus A.M., *Christiaan Huygens' Kosmotheoreos* [sic], in Christiaan Huygens, *Cosmotheoros. De wereldbeschouwer*, trad. neerl. di Pieter Rabus [Barend Bos, Rotterdam 1691¹], ristampa Epsilon Uitgaven, Utrecht 1989, pp. 1-14.
- Snelders Henricus A.M., *Christiaan Huygens and Newton's Theory of Gravitation*, in « Notes and Records of the Royal Society of London », XLIII (1989), pp. 209-222.
- Sparberg Esther B., *Misinterpretation of Theories of Light*, in « American Journal of Physics », XXXIV (1966), pp. 377-389.
- Sparnaay M.J., *De betekenis van Christiaan Huygens voor de ontwikkeling van de vacuümtechniek*, in « Histechnicon », XVI (1990-II/III), pp. 16-29.
- Speiser David, *Le "Horologium Oscillatorium" de Huygens et les "Principia"*, in « Revue philosophique de Louvain », LXXXVI (1988), pp. 485-504.
- Star Pieter van der, *Christiaan Huygens (1629-1695), Genius of Practical and Theoretical Physics*, Radio Nederland Wereldomroep, Hilversum 1963.
- Stein Howard, *Newtonian Space-Time*, in « The Texas Quarterly », X (1967), pp. 174-199.
 Apparso anche in Aa.Vv., *The Annus Mirabilis of Sir Isaac Newton 1666-1666*, a cura di Robert Palter, The MIT Press, Cambridge (Massachusetts)-London 1970, pp. 258-284.
- Stein Howard, *Some Philosophical Prehistory of General Relativity*, in Aa.Vv., *Foundations of Space-Time Theories*, a cura di John S. Earman, Clark N. Glymour e John J. Stachel, University of Minnesota Press, Minneapolis (Minnesota) 1977, pp. 3-49.
- Stein Howard, *On Newton and Einstein*, in « The Library Chronicle of the University of Texas at Austin », XII (1978), n.s., pp. 63-78.

- Stein J., *Christiaan Huygens en de Jezuïeten*, in « Bijdragen van de Philosophische en Theologische Faculteiten der Nederlandsche Jezuïeten », IV (1941), pp. 166-191.
- Stokley James e Sitter W. de, *The Date of Huygens' Announcement of the Discovery of the Rings of Saturn*, in « The Journal of the British Astronomical Association », XLIII (1932-1933), pp. 223-224.
- Strauss Martin, *Die Huygens-Leibniz-Machsche Kritik im Lichte heutiger Erkenntnis*, in « Deutsche Zeitschrift für Philosophie », XVI (1968-I), pp. 117-120.
- Stroup Alice, *Christiaan Huygens & the Development of the Air Pump*, in « Janus », LXVIII (1981), pp. 129-158.
- Struik Dirk J., *Het land van Stevin en Huygens*, Pegasus, Amsterdam 1958¹. Trad. ingl. rivista: *The Land of Stevin and Huygens. A Sketch of Science and Tecnology in the Dutch Republic during the Golden Century*, Reidel, Dordrecht-Boston-London 1981.
- Swinden Jean H. van, *Verhandeling over Huijgens, als uitvinder der slinger-uurwerken*, in « Verhandelingen der eerste klasse van het Koninklijk-Nederlandsche Instituut van Wetenschappen, Letterkunde en Schoone Kunsten te Amsterdam », III, Pieper & Ipenbuur, Amsterdam 1817, pp. 27-168.
- Tannery Paul, *A' propos de la correspondance de Huygens*, in « Bulletin des sciences mathématiques », XVI (1892), serie II, pp. 247-255.
- Taton René, *Huygens et l'Académie Royale des Sciences*, in Aa.Vv., *Huygens et la France*, cit., pp. 57-67.
- Terrier Max, *L'invention des ressorts de voiture*, in « Revue d'Histoire des Sciences », XXXIX (1986), pp. 17-30.
- Thijssen-Schoute Caroline L., *Nederlands cartesianisme*, Noord-Hollandsche Uitgevers Maatschappij, Amsterdam 1954, ristampa Hes Uitgevers, Utrecht 1989.
- Uylenbroek Pieter J., *Christianii Hugenii aliorumque seculi XVII virorum celebrium exercitationes mathematicae et philosophicae*. Ex manuscriptis in Bibliotheca Academiae Lugduno-Batavae servatis edidit Petrus Joannes Uylenbroek, in eadem Academia physices et astronomiae Prof. Extraord., Hagae Comitum, Ex Typographia Regia. 1833.
- Uylenbroek Pieter J., *Oratio de fratribus Christiano atque Constantino Hugenio, artis dioptricae cultoribus*, habita die 8 Februarii 1838 quum Magistratum Academicum deponerat. Hagae Comitum, Ex Typographia Regia, 1840.
- Verdet Jean-Pierre, *La théorie de la lumière de Huygens et la découverte de Roemer*, in Aa.Vv., *Roemer et la vitesse de la lumière*, cit., pp. 169-178.
- Vermij Rienk H. e Maanen Johannes A. van, *An Unpublished Autograph by Christiaan Huygens: His Letter to David Gregory of 19 January 1694*, in « Annals of Science », IL (1992), pp. 507-523. [Contiene un inedito huygensiano] Apparso anche come Preprint 651, Department of Mathematics, University of Utrecht, aprile 1991.
- Vernière Paul, *Spinoza et la pensée française avant la révolution*, Presses Universitaires de France, Paris 1954.
- Visser S.W., *Christiaan Huygens en de Stockholmse halo van 20 april 1535*, in « Hemel en Dampkring », LVIII (1960), pp. 89-94.
- Vleeschauwer Herman J. de, *De Briefwisseling van Ehrenfried Walther von Tschirn-*

- haus met Christiaan Huygens*, in « Mededeelingen van de Koninklijke Vlaamse Academie voor wetenschappen, letteren en schoone kunsten van België. Klasse der Letteren », III (1941-VI), Brussel 1941.
- Vloten Johannes van, *Kristiaan Huygens en Spinoza*, in « De Levensbode », III (1869), pp. 252-254.
- Vollgraff Johan A., *Christiaan Huygens (1629-1695) et Jean Le Rond d'Alembert (1715-1783)*, in « Janus », XX (1915), pp. 269-313.
- Vollgraff Johan A., *Christiaan Huygens, eenige citaten en beschouwingen naar aanleiding van den driehonderdsten gedenkdag zijner geboorte (14 April 1629)*, in « Christiaan Huygens. Internationaal Mathematisch Tijdschrift », VII (1928-29), pp. 181-191.
- Vollgraff Johan A., *Heeft Vincenzo Galilei op zijn sterfdag zijne uurwerken vernield?*, in « Hemel en Dampkring », XXXII (1934), pp. 5-8.
- Vollgraff Johan A., *Heeft Prins Leopold gezegd dat in 1656 te Florence een slingeruurwerk is geconstrueerd?*, in « Hemel en Dampkring », XXXII (1934), pp. 56-63.
- Vollgraff Johan A., *Chr. Huygens en het ankerechappement*, in « Hemel en Dampkring », XXXII (1934), pp. 90-91.
- Vollgraff Johan A., *De relativiteit der beweging volgens Chr. Huygens*, in « Hemel en Dampkring », XXXII (1934), pp. 195-200.
- Vollgraff Johan A., *De sterfdag van Chr. Huygens*, in « Hemel en Dampkring », XXXII (1934), p. 292.
- Vollgraff Johan A., *Over het slingeruurwerk van Huygens*, in Aa.Vv., *Handelingen van het XXVe Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres*, gehouden te Leiden op 23, 24 en 25 April 1935, Ruijgroom, Haarlem 1935, pp. 107-110.
- Vollgraff Johan A., *Het Zee-Horologie van Christiaan Huygens*, in « Vereeniging Nederlandsch Historisch Scheepvaart Museum te Amsterdam. Jaarverslag », (1935-36), pp. 59-64.
- Vollgraff Johan A., *Deux pages consécutives du manuscrit G. de Chr. Huygens*, in « Janus », XLIV (1940), pp. 10-23.
- Vollgraff Johan A., *De Kromme van Johan Bernoulli volgens Christiaan Huygens en anderen of Zijn en Worden in de Wiskunde en in het Leven*, De Tijdstroom, Lochem 1945.
- Vollgraff Johan A., *Christiaan (ou Christiaen) Huygens 1629-1695*, in « Archives internationales d'histoire des sciences », XXVIII (1948), pp. 165-179.
- Vollgraff Johan A., *Biographie de Christiaan Huygens*, in OC, XXII [1950], pp. 383-771.
- Vollgraff Johan A., *Deux lettres de Christiaan Huygens*, in « Archives internationales d'histoire des sciences », XVI (1951), pp. 634-637.
- Vollgraff Johan A., *Een en ander over Christiaan Huygens*, Kemink en zoon, Utrecht 1956.
- Vollgraff Johan A., *Waar overleed Christiaan Huygens?*, in « Die Haeghe », (1956), pp. 22-26.
- Vollgraff Johan A., *The Life and Works of Christiaan Huygens (1629-1695)*, dattiloscritto inedito, s.d. [UB Leiden: DOUSA. BPL. 2781]
- Voorbeijtel Cannenburg W., *Het Zee-Horologie van Christiaan Huygens*, in « De Zee », V (1936), pp. 238-245.

- Vuillemin Jules, *Physique panthéiste et déterminisme: Spinoza et Huygens*, in « *Studia Spinozana* », VI (1990), pp. 231-250.
- Wagenaar W.A., *The True Inventor of the Magic Lantern: Kircher, Walgenstein or Huygens?*, in « *Janus* », LXVI (1979), pp. 194-207.
- Walker D.P., *17th-Century Scientists' Views on Intonation and the Nature of Consonance*, in « *Archives internationales d'histoire des sciences* », XXVII (1977), pp. 263-273.
- Westfall Richard S., *Huygens's Rings and Newton's Rings: Periodicity and Seventeenth Century Opticks*, in « *Ratio* », X (1968), pp. 64-77.
- Westfall Richard S., *Force in Newton's Physics. The Science of Dynamics in the Seventeenth Century*, Neale Watson, New York 1971.
Trad. it.: *Newton e la dinamica del XVII secolo*, Il Mulino, Bologna 1982.
- Westfall Richard S., *The Problem of Force: Huygens, Newton, Leibniz*, in Aa.Vv., *Leibniz' Dynamica*, cit., pp. 71-84.
- Westman Robert S., *Huygens and the Problem of Cartesianism*, in Aa.Vv., *Studies on Christiaan Huygens*, cit., pp. 83-103.
- White Colin e Hardy Robert J., *Huygens' Graph of Graunt's Data*, in « *Isis* », LXI (1970), pp. 107-108.
- Wieleitner Heinrich, *Christian Huygens zu seinem 300. Geburtstag*, in « *Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaft* », XXXV (1929), pp. 109-117.
- Wiener Otto H., *Der Wettstreit der Newtonschen und Huygensschen Gedanken in der Optik*, in « *Berichte über die Verhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig. Mathematisch-Physische Klasse* », LXXXII (1919), pp. 240-254.
- Worp Jacob A., *De jeugd van Christiaan Huygens volgens een handschrift van zijn vader*, in « *Oud Holland* », XXXI (1913), pp. 209-235.
- Yoder Joella G., *Christiaan Huygens' Theory of Evolutes: the Background to the "Horologium oscillatorium"*, University Microfilms International, Ann Arbor (Michigan) 1987. [Tesi di dottorato presentata alla University of Wisconsin-Madison nel 1985]
- Yoder Joella G., *Unrolling Time. Christiaan Huygens and the Mathematization of Nature*, Cambridge University Press, Cambridge [...] 1988.
- Yoder Joella G., *Christiaan Huygens' Great Treasure*, in « *Tractrix* », III (1991), pp. 1-13.
- Yokoyama Masahiko, [*La formazione della teoria dell'urto di Huygens*], in « *Kagakushi Kenkyu* », X (1971), pp. 24-33. [In lingua giapponese]
- Yokoyama Masahiko, *Origin of the Experiment of Impact with Pendulums*, in « *Japanese Studies in the History of Science* », XI (1972), pp. 67-72.
- Yokoyama Masahiko, *Huygens and the Times-squared Law of Free Fall*, in Aa.Vv., *Proceedings of the XIVth International Congress of the History of Science*, Tokyo & Kyoto, 19-27 August 1974, Tokyo 1975, pp. 349-352.
- Ziggelaar August, *Bevaegelsens relativitet hos Christiaan Huygens*, 1956 opp. 1957, non pubbl.
- Ziggelaar August, *Christiaan Huygens' dynamiske grundprincipper og de anvendelser han gjorde deraf*, in « *Fysisk Tidsskrift* », II-III (1958), pp. 66-76; IV-V (1958), pp. 102-125; VI (1958), pp. 156-182.

- Ziggelaar August, *Les premières démonstrations du tautochronisme de la cycloïde*, in « Centaurus », XII (1967), pp. 21-37.
- Ziggelaar August, *How did the Wave Theory of Light Take Shape in the Mind of Christiaan Huygens?*, in « Annals of Science », XXXVII (1980), pp. 179-187.
- Ziggelaar August, Recensione di Joella G. Yoder, *Unrolling Time*, in « Centaurus », XXXIV (1991), pp. 173-179.

INDICE DEI NOMI

- Auzout, A., 3
 Baillet, A., 30, 36
 Basnage de Beauval, H., 40, 316
 Bell, A.E., 11
 Bennett, J.A., 72
 Berkeley, G., 79
 Bernstein, H.R., 81
 Bertrand, J., 107
 Biot, J.-B., 107
 Birch, T., 53, 73
 Blackwell, R.J., 24
 Boas Hall, M., 53
 Borelli, G.A., 36, 50, 51, 61, 70, 71, 76,
 77, 122, 140, 146-149, 151, 154, 164,
 168, 172, 238, 284, 298, 299, 302, 322,
 323
 Bosscha, J., 11
 Boulliauld, I., 84
 Brouncker, W., 73, 150, 160, 161, 172,
 176, 308, 310
 Bruno, G., 18
 Burch, C.B., 11, 36, 40, 54
 Burnett, T., 62
 Busson, H., 2
 Canziani, G., 6
 Cassirer, E., 75
 Chanut, P., 32
 Chapelain, J., 16, 57
 Cicerone, 67, 241
 Clarke, S., 81
 Clerselier, C., 26, 60
 Cohen, H.F., 3
 Colbert, J.-B., 57, 66
 Copernico, N., 51, 95, 140
 Costabel, P., 31, 38
 Cotes, R., 88
 Cousin, V., 106
 Crommelin, C.A., 109
 Cusano, N., 18
 Dechales, C.F.M., 30, 31, 61, 73, 74,
 150, 151, 162, 172, 176, 177, 302, 310
 Degli Angeli, S., 50
 D'Elia, A., 11, 95
 Democrito, 118
 De Pace, A., 23
 Descartes, R., 1, 16-18, 22-40, 44, 45, 53,
 59, 60, 70, 71, 77, 78, 81, 82, 84, 86,
 87, 102, 120, 122, 124, 126, 127, 130,
 142, 148, 150, 151, 156, 160-162, 164,
 168, 170, 172, 176, 192, 198, 238, 248,
 278, 280, 282, 284, 286, 288, 300, 302-
 304, 310, 312, 314
 Dijksterhuis, E.J., 11, 35, 109
 Divini, E. de, 70
 Dugas, R., 9, 17, 77
 Du Hamel, J.-B., 178, 246, 247
 Earman, J.S., 101
 Elzinga, A., 2, 77, 78, 81
 Fabri, H., 17, 36, 70, 86, 95, 168, 169,
 284, 300, 302
 Fatio de Duillier, N., 68, 79, 168
 Favaro, A., 107
 Forge, L. de la, 26
 Fullenius, B., 11, 41, 46, 105
 Gabbey, A., 3, 14, 17, 110
 Galilei, G., 1, 13-16, 28, 29, 35, 36, 47,
 59, 68, 70, 71, 120-122, 146, 148, 156,
 168, 176, 196, 206, 230, 284, 294, 298-

- 300, 318, 322, 323
 Gallois, J., 157, 246, 247
 Galluzzi, P., 50
 Gassendi, P., 15, 16, 18, 84, 230
 Gerhardt, C.I., 98
 Gerland, E., 106
 Goddard, J., 160
 Golius, J., 44
 Govi, G., 107
 's Gravesande, W.J., 97, 106
 Gregory, David, 4, 6, 88, 101
 Gregory, James, 50
 Gueroult, M., 9, 25, 56, 92
 Guglielmo I, 105
 Guglielmo III di Orange-Nassau, 67
 Guhrauer, G.E., 87
 Gutschoven, G. van, 26
 Hall, A.R., 1, 12, 53, 79
 Heidanus, A., 29
 Henry, C., 106
 Herivel, J.W., 80
 Hess, H.-J., 3, 71
 Heuraet, H. van, 4
 Hire, P. de la, 96
 Hooke, R., 73, 178
 Hooykaas, R., 14
 Hove, M. van den, 14
 Hudde, J., 126
 Huygens, Constantijn (padre), 16, 30, 66, 67, 71
 Huygens, Constantijn (fratello), 60, 66, 67, 88, 144
 Huygens, Lodewijk, 66
 Jammer, M., 37, 100
 Keill, J., 47
 Kepler, J., 18, 144, 146
 Kinner von Löwenthum, G.A., 17, 95
 Korteweg, D.J., 39, 100, 106-109, 113
 Koyré, A., 2, 24, 51, 75
 Kuhn, W., 81, 101, 110
 La Mothe Le Vayer, F. de, 2
 Lange, L., 79, 98, 107, 108
 Lansbergen, Jacob, 14
 Lansbergen, Philip, 14, 230
 Lasswitz, K., 40
 Leibniz, G.W., 1, 3-6, 9, 25, 40, 41, 54-56, 61-63, 67, 69, 76, 79, 81, 86-89, 98, 99, 101, 106, 112, 113, 147, 169
 Leopoldo de' Medici, 50, 71
 Le Paige, C., 22, 107
 Liebergen, D. van, 66
 Locke, J., 67
 Lorentz, H.A., 99, 108
 Louvois, F.-M. Le Tellier, marchese di, 66
 Luigi XIV, 66
 Maanen, J.A. van, 3
 Mach, E., 5, 68, 98, 100
 Mac Lean, J., 12, 17
 Mädler, J.H. von, 107
 Mariotte, E., 30, 31, 74, 76, 113, 150, 151, 162, 164, 165, 170, 172, 176, 238, 246, 248, 249, 304, 312, 314, 322
 Mersenne, M., 17, 23, 27, 28, 60, 84, 299
 Monchamp, G., 22
 Moray, R., 73, 160, 161
 Mousnier, P., 17, 86
 Mouy, P., 24, 34
 Mylon, C., 20, 26
 Neile, Paul, 160
 Neile William, 53-57, 84, 202
 Newton, I., 1, 3-5, 62-65, 67-69, 75, 76, 78-80, 87-89, 91, 93, 97-102, 108, 111, 146, 172, 173, 176, 182, 246, 252, 268, 276, 322, 323
 Nulandt, F.W. de, 45, 61, 81
 Oldenburg, H., 10, 30, 39, 53-57, 67, 72, 73, 126, 127, 150, 151, 156-161, 170-172, 248, 304-306, 308, 309, 316
 Olmsted, J.W., 96
 Orazio, 323
 Orlandi, G., 6
 Palter, R., 79, 80
 Papin, D., 41
 Pappo, 240
 Pardies, I.-G., 30, 39, 40, 61, 73, 76, 162, 164, 172, 173, 238, 239, 288, 289, 302, 310, 312, 314
 Pascal, B., 3
 Picard, J., 96
 Puy, P. du, 16
 Raei, J. de, 44, 126, 154
 Rambaldi, E.I., 5
 Regius, H., 280, 281
 Reichenbach, H., 99-101, 109
 Riccioli, G.B., 50-52, 58, 59, 90
 Richer, J., 96
 Roberval, G.P. de, 10, 38
 Rocco, A., 18
 Roemer, O., 82
 Roger, J., 57
 Rohault, J., 44, 45

- Rooke, L., 72, 160, 161, 304, 306
 Roux, S., 30, 39
 Sarpi, P., 67
 Schinkel, A.D., 106
 Scholz, H., 98
 Schooten, F. van, 23, 29-32, 126, 158,
 170, 303-305, 314, 315
 Schouten, J.A., 98, 99, 109, 115
 Sluse, R.F. de, 12, 17, 22, 23, 26, 29, 36-
 38
 Snelders, H.A.M., 54
 Spinoza, B., 72, 151, 160, 161
 Stampioen, J.J., 14
 Stefanoni, M., 6
 Stein, H., 79, 101
 Stonck, J., 106
 Swinden, J.H. van, 106
 Tonnelat, M.A., 78
 Tschirnhaus, E.W. von, 221, 234
 Uylenbroek, P.J., 86, 98, 106, 107
 Verdet, J.-P., 82
 Vermij, R.H., 4
 Vernière, P., 2
 Vernon, F., 10, 66, 67
 Volder, B. de, 11, 41, 46, 105, 106, 322
 Vollgraff, J.A., 21, 50, 58, 100, 108, 109
 Wallis, J., 21, 30, 31, 54, 68, 72-74, 76,
 150, 151, 156, 158-162, 164, 166, 170,
 172, 176, 178, 238, 240-242, 246, 248,
 284, 285, 305, 306, 310, 314, 316, 322
 Westfall, R.S., 2, 11, 17, 74, 79
 Weyl, H., 99
 Willoughby, F., 39
 Witt, J. de, 21
 Wren, C., 39, 54, 55, 68, 72, 74, 156-161,
 170, 171, 176, 284, 304-306, 308-310,
 314
 Yoder, J.G., 4, 6, 10, 46, 47, 105, 111,
 178
 Yokoyama, M., 69
 Ziggelaar, A., 30

Finito di stampare nel mese di dicembre 1993
da La Grafica & Stampa editrice, s.r.l. di Vicenza