

TAVOLA I.



AUTORITRATTO DI LEONARDO



JOTTI da BADIA POL.

# LEONARDO E L'AUTOMOBILE



MILANO  
MARZO 1938-XVI E. F.



I.

LA SCIENZA

DI LEONARDO



---

**L**A BIBLIOGRAFIA vinciana è ricca di biografie che della vita di artista e di scienziato, di studi, di tendenze e di triboli di Leonardo danno una visione completa e quasi icaistica. In genere però i biografi e gli studiosi hanno esaminato solo alcuni aspetti dell'attività di quello che giustamente va ritenuto come il maggior artista e scienziato del Rinascimento, con prevalenza per quanto si riferisce alla pittura, alla scultura, all'anatomia, all'idraulica ed all'aviazione. Invece taluni altri aspetti sono stati trascurati e qualche manoscritto Leonardesco attende ancora che appassionati studiosi ne rivelino il valore e l'essenza.

Fino a non molto tempo fa anzi l'attività di Leonardo scienziato, ingegnere e sperimentatore era rimasta sconosciuta, perchè le vicende occorse ai suoi scritti ne avevano fatto ignorare il grande valore, mentre invece fin dal lontano cinquecento le sue opere d'arte avevano affermato nel mondo l'eccellenza insuperata ed eclettica della sua personalità artistica di pittore e di scultore.

Che Leonardo avesse dedicato

molta della sua attività alla meccanica e ad altre scienze era noto anche ai suoi contemporanei. Però, la sua versatilità, l'alternare ch'egli faceva alla pittura delle ricerche anatomiche, degli studi sui fiori o sul volo degli uccelli, delle astruse ricerche geometriche e matematiche e dei suoi lavori di idraulica ed architettura; il suo indugiare nella ricerca annosa di continui perfezionamenti, lo facevano ritenere per uomo volubile e discontinuo. Al censore Vasari poi le « pazzie », i « ghiribizzi » ed « i capricci » filosofici di Leonardo apparvero addirittura come deplorevoli qualità negative che tornavano di scredito ad un grande artista.

Che Leonardo abbia avuta la comprensione delle genti del suo tempo non si può proprio dire. (Nota 1). Ma egli dei giudizi degli uomini, di quella che oggi si chiamerebbe « la critica », ben poco si curò. Egli non ha mai lavorato per i contemporanei e, transcendendo dalle questioni di interesse, si è prodigato con fatica ininterrotta, anche se discontinua, per una fede nella perfezione ed un'aspirazione di im-



mortalità, che i suoi contemporanei non potevano comprendere, come non ne compresero la condotta intima di uomo e quella asceticamente austera di scienziato, artefice e creatore.

Pochi uomini sono stati più laboriosi di Leonardo, ma pochi uomini hanno prodotto meno; perchè nelle scienze come nell'arte, egli era senza tregua tormentato dalla smania di inventare, di schiudere vie nuove. (Nota 2).

Leonardo ha percorso i tempi impostando numerosi complessi problemi meccanici e risolvendoli con soluzioni talmente semplici e logiche da sembrare estrinsecazioni della moderna ingegneria. Soluzioni che hanno poi trovata la loro applicazione pratica nel secolo decorso e presente. Pittore, scultore, architetto, anatomico, meccanico, idraulico, balistico, astronomo, naturalista, scrittore, non è vi quasi campo dell'umano sapere al quale egli non abbia rivolto i suoi studi. Fu l'uomo che armonizzò nella propria persona la bellezza con la forza, nella propria vita la grazia generosa d'ogni azione con lo studio profondo sperimentale di ogni problema, nel proprio genio, esempio unico, l'universo dell'arte con l'universo della scienza. (Nota 3).

Il Nob. Gerolamo Calvi, uno dei più insigni leonardisti novecenteschi di Italia e d'Europa, in possesso di tutti i più delicati strumenti di una conoscenza perfetta dell'opera di Leonardo, così ne

tratteggia l'evoluzione dell'attività operosa:

« Certamente alla curiosità di apprendere, alla precoce messe di osservazioni, che si trovarono associate agli esordi dell'attività intellettuale di Leonardo, tenne dietro, prima che l'applicazione intensa e continuata dello scienziato, quel giovanile fuoco d'invenzione, che si rivelò e nell'arte e nella tecnologia, e lasciò, soprattutto nell'ambiente fiorentino, la traccia di meraviglia, che ancora si riflette nella biografia del Vasari. Era un desiderio di ricomporre subito gli elementi già appresi in forme nuove, in apparecchi e meccanismi ingegnosi. Nell'arte la figura « meravigliosa ad ogni color sicuro » ch'egli aveva dipinto sulla rotella; e la originalità che si rivela nelle prime opere del Vinci; in meccanica, i fogli giovanili coi disegni di vari ordigni di tecnica industriale, d'arte militare e di utilità domestica. Sino al manoscritto B e nello stesso manoscritto B, questo spirito giovanile, rivolto all'invenzione, domina ancora; la riflessione scientifica puramente scientifica va poi prendendo ogni giorno più il sopravvento e lo va moderando, senza tuttavia mai estinguerlo, anzi servendo sempre ad esso.

« Come questo spirito arditamente e genialmente inventivo si fosse sviluppato in Leonardo durante il primo trentennio, come fidasse di sè, ci è dimostrato dalla

lettera del Vinci al Signore di Milano.

« Leonardo vuol mettere in evidenza l'invenzione come il più alto titolo che l'uomo di scienza abbia alla gloria. Egli rimproverando ai disquisitori formali la loro presunzione, contrappone loro il merito legittimo dell'inventore, che ha aggiunto qualche cosa di nuovo al patrimonio dell'umanità. Egli vede il rapporto, che l'invenzione ha col progresso umano. Egli conosce il potere di bene e di male, che l'inventore ha nelle sue mani. Egli afferma il diritto, che riviene all'inventore per un trovato, che si traduce in una economia di lavoro e in una moltiplicazione di prodotto, o, comunque, in un beneficio esteso a molti ». (Nota 4).

« Leonardo da Vinci segna un secolo prima di Galileo, il potente risveglio del metodo sperimentale, appare un meraviglioso pioniere dell'osservazione, dell'analisi e dell'invenzione moderna, da lui svolte nei vari anni dell'applicazione tecnologica.

« Questi sono i titoli di gloria, coi quali egli oltrepassati i confini della vita mortale sembra ancora dominare il corso della nostra civiltà ». (Nota 5).

Costruire una sintesi di questo grande, di questo genio dei genii, nell'ignoranza di tanta parte di ciò che egli pensò e scrisse, e nella relativa scarsezza di monografie razionali e coscienziose, sarebbe fatica vana nè chi scrive può tentarla esulando essa dal

programma che origina questo breve studio. Del resto chiari scrittori hanno ripetutamente apportato importanti contributi alla conoscenza di Leonardo scienziato. (Nota 6).

Di essi ci piace riportare le seguenti tipiche osservazioni del Prof. R. Marcolongo:

« La storia della tecnica, ora in pieno sviluppo, ha potuto per alcune arti meccaniche rintracciarne lo sviluppo, dai primi scalpelli, coltelli di silice levigata dell'età della pietra, dai primi archi e dalle lance di rame, e poi di bronzo o di ferro, dell'uomo delle caverne dell'età neolitica, e dai boomerang dei preistorici abitatori del delta egiziano sino alle più poderose e mostruose macchine dei nostri giorni. E per i tempi storici ci ha anche tramandato i nomi e qualcuna delle opere degli ingegneri più famosi, lontani precursori di Leonardo; basti citare Archita, Archimede, Erone alessandrino, Filone da Bisanzio, Vitruvio; e per tempi più vicini a quelli di Leonardo: il tedesco Corrado Kyeser, Jacopo Mariano da Siena, il Fontana, Aristotile Fioravanti di Bologna, il Brunelleschi, l'Alberti. Leonardo ha quindi avuto i suoi precursori, a molti dei quali ha certamente attinto, ma che ha sempre sorpassato, perchè: « *ciò che ha trascritto è assai poco in confronto di ciò che ha scritto; ciò che ha preso è poco in confronto di ciò che ha dato* ».

« E' poi assolutamente da re-



spingere l'accusa fatta a Leonardo, di aver disegnato soltanto sulla carta e ideato col volo audace della fantasia macchine immaginarie ed irrealizzabili. Basti il fatto che alcune delle sue invenzioni e quasi con gli stessi precisi dettagli tecnici insegnati da Leonardo, furono realizzate in secoli posteriori, e altre, anche recentemente furono ricostruite ». (Nota 7).

La scienza di Leonardo, per la forza ed il processo medesimi del suo svolgimento, viene mano a mano rimuovendo i propri confini particolari; necessariamente si estende e si approfondisce così, fino a scoprire la linea dei problemi generali filosofici che ne costituiscono e gli orizzonti, da cui essa riceve più ampia luce, e i limiti verso cui essa tende con maggiore e progrediente significazione e valore.

È un moto di ondulazioni sempre più vasto, che Leonardo, con imagine suggestiva figura per la conoscenza, assorgente via via da breve cerchia verso l'infinito:

« *Il moto della terra contro la terra, ricalcando quella, poco si muove la parte percossa.*

« *L'acqua percossa dall'acqua, fa circoli d'intorno al loco percosso.*

« *Per lunga distanza, la voce infra l'aria, più lunga infra il fuoco, più la mente infra l'universo...* » (Nota 8).

Questo sovrano dello spirito — scriveva l'Accademico d'Italia Prof. Francesco Orestano — fu veramente lo spirito più libe-

ro che sia mai esistito. Lottando e vincendo sempre, egli batte la via maestra della libertà spirituale. Non muove un passo se non in quella.

Gli uomini camminano sulla terra? ma debbono volare come gli uccelli e sprofondarsi nel mare come i pesci. — Il battistero di S. Giovanni a Firenze è troppo tozzo? ma si può alzarlo di peso e costruirvi sotto un altro basamento. — La terra è il centro del mondo? ma essa non è che una stella come tutte le altre e vista da lontano risplende come tutte le altre...

Così in tutto. Ed egli porta la rivoluzione nell'arte, nelle scienze, nella tecnica, nella vita. A tutte le tesi oppone nuove ipotesi. A tutte le realtà, nuove possibilità. Questa è la chiave logica della continua e paradossale originalità vinciana e di tutte le invenzioni e scoperte cui essa mette capo.

La molteplicità leonardiana ha del mostruoso, nel senso teratologico di questa parola. L'inesauribile sua varietà e mutevolezza di atteggiamenti mentali e quel suo lasciar dovunque impronte gigantesche e indelebili, hanno del favoloso e sfidano qualunque meraviglia.

Un uomo solo che può adoperarsi « non meno in scoltura che in pittura » e « far l'una e l'altra in un medesimo grado », chè anzi può attendere nel medesimo tempo alla *Cena* ed al *Cavallo*, e lasciare, come narra Matteo Ban-

dello, di modellare « la sua meravigliosa statua equestre », con cui doveva eguagliare Verrocchio e Donatello, e andarsene in pieno meriggio dritto al Convento delle Grazie sol per dare una o due pennellate a una delle figure del divino Cenacolo, creazione in cui non doveva essere eguagliato da nessuno;

un uomo solo che può simultaneamente, e passando senza interruzione dall'una cosa all'altra;

dovunque si recasse, e quindi attratto da una affinità con « il liquido elemento » far progetti grandiosi di opere idrauliche, di bonifiche e di canali, perfezionando quelle conche che sono una delle più geniali risorse della moderna ingegneria;

fare osservazioni sulla luna e ipotesi sul sistema solare, quali gli ultimi progressi scientifici dovevano confermare;

riempire più decine di libri di anatomia umana, del cavallo e di altri animali, dissezionando da sé più di trenta cadaveri;

disegnare progetti architettonici, archi, volte, cupole, chiese a piani concentrici, padiglioni e quel mausoleo che basterebbe da solo a collocarlo tra i più grandi architetti che siano mai esistiti;

scoprire leggi fondamentali del peso, della compressibilità, dell'attrito, della meccanica dei liquidi, del calore radiante, dell'ottica, dell'acustica, del magnetismo;

inventar l'elica, applicare ruote ai battelli, ideare un orologio

a piombo, un dinamometro, un odometro, macchine per laminare il ferro, per torcere le corde, per annaspere, per piallare, per scavar fossi, per fabbricare cilindri, lime, seghe, viti; disegnare nuovi caratteri tipografici; inventare compassi di riduzione a centro mobile, presse meccaniche, apparecchi di sondaggio, lampade a doppia corrente d'aria, cannoni a vapore, girarrosti ad aria calda, martelli per battitori d'oro, rubinetti da bagno caldo e freddo, macchine agricole mosse dal vento, veicoli diversi, mulini, argani, bilancie, torchi, nuovi sistemi di travature e di colonne e fondazioni di edifici, un salvagente, catapulte, balestre, cunei, sifoni, condotte d'acque, un « saliscendo che tiene la porta », « una cassa che s'alza el coperchio per se stesso », « rota circondata dalla elica composta », « sega da segar pietre », « rampini che li usci serran per loro », « come si debbe votare uno stagno che sbocchi nel mare », ecc. ecc.;

ideare di pianta una città ideale moderna, a vari ripiani con strade larghe quanto alte le case, con vie sotterranee, fognature, ecc.;

precorrere la più moderna ingegneria di guerra e ideare armi, ponti trasportabili, mine sotterranee, bombarde, camminamenti, carri d'assalto, inondazioni artificiali, affondamenti sottomarini;

fare osservazioni esatte sulla circolazione del sangue, sul cuore, sui movimenti riflessi e auto-



matici, sul ricambio organico, sui movimenti della pupilla, sui colori complementari;

intuire il principio della camera oscura e forse il cannocchiale, poichè « fa occhiali per vedere la luna grande »;

studiare le piante e fra i primissimi, la fecondazione dei fiori e la struttura e disposizione dei tronchi, dei rami e delle foglie;

assorbire tutto il sapere matematico del suo tempo e superarlo; e collaborare col Pacioli al celebre trattato *De divina proportione*;

compiere studi assolutamente originali e insuperati sul volo degli uccelli e sulla locomozione aerea dell'uomo, inventando un apparecchio da volo ad ali mobili, l'elicottero, il paracadute;

trovare il modo di stare sott'acqua quanto si possa senza mangiare, dando la prima idea e i primi disegni dell'apparecchio da palombaro;

disegnare modelli mirabili di decorazioni, come i famosi « ton-di » e la grandiosa sala delle Asse nel Castello Sforzesco;

fondare la moderna geologia e paleontologia e registrare osservazioni di sorprendente esattezza sulle conchiglie fossili, su fenomeni tellurici e meteorologici, e incuriosirsi delle maree di Bordeaux e del mar Caspio;

intraprendere degli studi linguistici e raccogliere per un dizionario, il primo che fosse pensato, circa 8000 vocaboli;

essere scenografo e coreografo

ingegnosissimo, geografo e cartografo esattissimo; ideare costumi e financo maschere e travestimenti carnevaleschi;

e frattanto, come per concessione, anzi divenuto, ogni giorno più « impacientissimo al pennello », dipingere o preparar cartoni e studiare i particolari più minuziosi, creando con cura infinita, come per eguagliare il travaglio della natura, capolavori originalissimi, quali, oltre il divino *Cenacolo*, l'*Adorazione dei Magi*, la *Vergine delle Rocce*, la *Battaglia d'Anghiari*, la *Sant'Anna*, il *Bacco*, la *Leda*, il *S. Giovanni*, e numerosi ritratti, ancora oggi palpitanti di vita, fra cui quella *Gioconda* che dopo quattro secoli seduce sino al ratto;

e di più ancora scriver trattati come quello delle *Acque*, dei *Pesi*, dell'*Anatomia*, e più famoso fra tutti, quel *Trattato della pittura*, dove sono regole definitive per la prospettiva lineare, aerea e colorata, e consigli che ne fanno un Vangelo dell'Arte;

e frattanto ancora registrare riflessioni filosofiche, pensieri morali, aforismi, massime, proverbi, e immaginar favole, apologhi, allegorie, enigmi, profezie; ed essere un famoso suonatore di liuto ed improvvisatore di versi e parlatore e narratore fecondo e affascinante, loico irresistibile;

e tutto questo, e tant'altro ancora, senza tumulto o disordine, o concitazione, ma con compostezza, con calma, con modesta semplicità, come se ogni nuovo

prodigio procedesse in modo affatto naturale e quasi senza sforzo, e lasciando sempre un margine per cui « il giudizio superava l'opera » e l'operante e le rimaneva maggiore;

e neppure — in tanto inesauribile meditare e creare — segregarsi dagli uomini, ma vivere in mezzo a loro ed amarli, solo spregiando la falsità, il falso sapere di negromanti e astrologhi, la falsa virtù degl'ipocriti e dei farisei, la falsa ricchezza dei cercatori d'oro, ed effondere ovunque si presentasse, con la sua grazia incomparabile, un vero senso di fiducia e di serenità negli animi; usando con tutti una evangelica tolleranza e dolcezza, sapendo essere fraterno con gli umili, soccorrevole con tutti, anzi la liberalità in persona, recando in ogni atto una impronta naturale di podestà e dignità regale.

Oh! un uomo cosiffatto non fa che esasperare la nostra meraviglia sino a togliere il respiro.

Facciamo pure la più larga parte allo stile enciclopedico della Rinascenza, per cui non erano rarissimi i pittori, che fossero al tempo stesso: scultori, architetti, matematici, filosofi, poeti; ricordiamo pure il Brunellesco, Pierdella Francesca, Verrocchio, A.

Sansovino, Peruzzi, Michelangelo e sopra tutti Giocondo Veronese e L. B. Alberti; riduciamo pure le proporzioni dell'enciclopedia leonardiana, come opportunamente raccomanda il Solmi, a quelle molto succinte di un dotto del secolo XV, che, già per la tradizione aristotelica e scolastica, di tutto doveva sapere e parlare; la personalità di Leonardo avanza gli uomini del suo tempo e di ogni età così smisuratamente, da giustificare lo sbigottimento e il culto dei suoi contemporanei e di coloro che, come il Cellini e il Vasari, raccolsero da testimonianze dirette la venerazione di lui e lo proclamarono *divino*.

Bisogna quindi proclamare alto, come il Séailles ha lealmente e autorevolmente riconosciuto, che la scienza moderna non è nata nè in Francia con Descartes, nè in Inghilterra con Bacone; e neppure nel secolo XVI, ma nel secolo XV in Italia; e che vanta come suo corifeo un genio, quanto meno, di pari grandezza, in filosofia a Descartes e a Bacone: Leonardo da Vinci, « *le grand initiateur de la pensée moderne* » come lo disse un altro insigne leonardista francese, Charles Ravaisson-Mollien.



II.

LEONARDO E  
L'AUTOMOBILE



---

**C**HI ESAMINI il cospicuo materiale che costituisce il complesso dei codici e dei manoscritti vinciani, non mancherà di notare parecchi disegni completi di progetti elaborati e ben definiti che, a Leonardo, in campo automobilistico, conferiscono, probatamente e con larghezza, la figura di precursore. Ed appare anche intuitivo che, se tali disegni sono rimasti allo stato di progetto, ciò non è da imputarsi alla loro concezione chimerica o più semplicemente fantasiosa, perchè i meccanismi disegnati avrebbero potuto benissimo essere costruiti se si fosse voluto fare ciò. Essi sono rimasti quindi allo stato iniziale di progetto solo perchè altre occupazioni, ed il continuo bisogno di sapere o la sua versatile curiosità, avranno distratto Leonardo da questi per altri più pressanti problemi.

Il carrello motore azionato da molle in cui si trova una traccia rudimentale di differenziale, quel giunto meccanico che poi assunse — portandolo ancora oggi in Italia e nel mondo — il nome dal Cardano, gli odometri, i cuscinetti a rulli, le catene di trasmissione, la pompa centrifuga e le binde, hanno rappresentato, per Leonardo meccanico e scienziato, altrettanti problemi che egli si è sottoposti e che, di volta

in volta, ha risolti con tale semplicità di concezione da rendere possibile la loro immediata traduzione nella realtà pratica.

In questo studio, per la prima volta riuniti razionalmente, verranno dunque illustrati gli elementi che figurano sparsi nei vari codici e manoscritti vinciani, e che documentano le divinazioni di Leonardo nel campo meccanico dell'automobile.

Fra i progetti che andremo illustrando, di astratti — cioè basati solo su considerazioni deduttive ed induttive — vi sono: lo studio dell'affinamento delle forme (forma aerodinamica), al quale egli giunse attraverso un meticoloso lavoro di osservazione ed a ragionamenti acutissimi, e l'enunciazione del principio della pompa centrifuga.

In quasi tutti gli altri progetti, invece, vi è non solo l'enunciazione di una idea o di un principio, bensì anche lo studio metodico, calcolato ed elaborato in ogni suo dettaglio, di meccanismi che per talune loro particolari caratteristiche dovevano servire ad un preciso scopo od a compiere un ben determinato lavoro.

Ci troviamo quindi di fronte non ad idee espresse in forma generica, ma a progetti che, attraverso alla proprietà ed esattezza delle enunciazioni ed ai disegni finiti, illu-



strano in maniera non dubbia la soluzione definitiva di un problema meccanico.

E questo è l'importante coefficiente che attribuisce un valore estremo e non discutibile a quei progetti di Leonardo che gli scritti vinciani ci hanno tramandati nel tempo.

### IL CARRELLO AUTOMOTORE ED IL DIFFERENZIALE

Leonardo ha pensato all'automobile, naturalmente nella sua forma più semplice, quale poteva essere concepita da un meccanico di grande ingegno nel 1500.

Ne abbiamo la documentazione inoppugnabile.

Il Foglio 296 V a del *Codice Atlantico* non porta alcun scritto, ma ospita due disegni che si riferiscono ad un medesimo carrello nelle due visioni di prospettiva e di pianta. E siccome i particolari dei due disegni differiscono alquanto e lasciano supporre chiaramente nel secondo una evoluzione completa del primo, così è d'uopo ch'essi siano descritti separatamente.

Il disegno che dà la visione prospettica rappresenta lo schizzo di un telaio (di legno) costituito da due quadri sovrapposti collegati da un traliccio, nei quali è contenuto un meccanismo composto di un ruotismo e di alcune molle a balestra.

In questo meccanismo si notano prima di tutto due grandi ruote dentate orizzontali di diametro uguale che ingranano fra di loro.

Sotto al carrello è disegnata schematicamente una trave, alla quale sono assicurati i supporti delle ruo-

te posteriori, che è collegata al telaio da due montanti inclinati.

L'asse della ruota dentata di sinistra che si prolunga sotto il telaio fino ad impersiarsi alla trave-sopporto delle ruote, porta una ruota a lanterna, nella quale si impegna una corona di pioli disposti sulla ruota del carrello, che è dunque cinematicamente collegata al ruotismo di cui sono parte le ruote dentate.

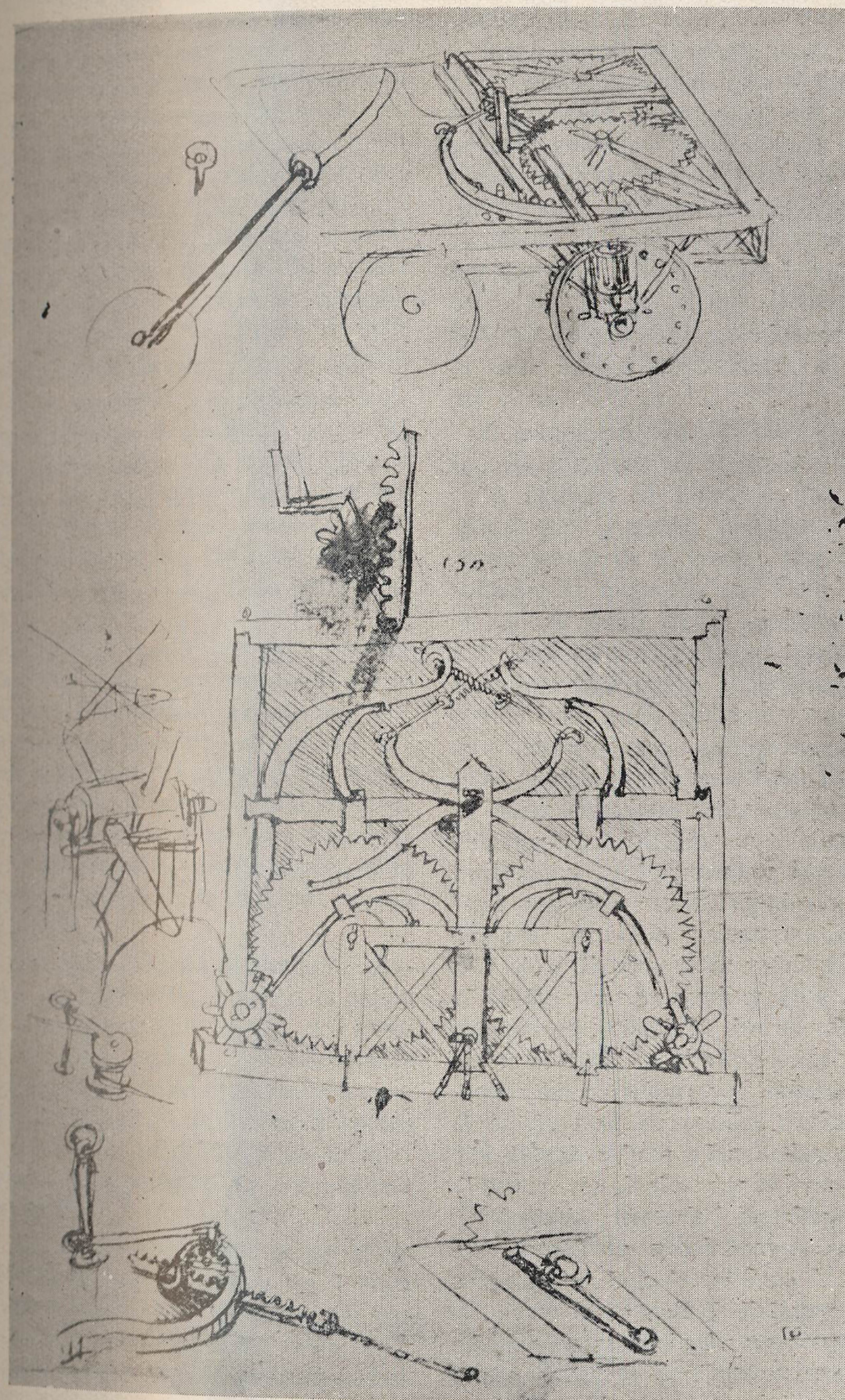
Sempre sulla sinistra del carrello si nota una molla a balestra tesa da un tirante fissato all'angolo destro del telaio.

E siccome alcuni tratti curvilinei stanno ad indicare una seconda molla simmetrica alla prima, si può dedurre e ritenere che le due metà del carrello siano simmetriche rispetto alla mezzaria longitudinale.

Quasi che tutta l'importanza del disegno fosse rivolta dall'artefice alla parte posteriore del carrello, quella anteriore è appena schizzata. Però in essa si notano chiaramente una ruota direttrice imperniata al capo inferiore di un'asta, che è infilata in un anello fisso al telaio e sormontata da una specie di impugnatura a manubrio.

Il secondo disegno, che è molto più determinato del primo, rappresenta lo stesso carrello, visto di sopra, ma arricchito di nuovi organi che evidentemente l'artefice ha apportati per perfezionamento evolutivo alla macchina. Se si riscontrano in comune col primo disegno: il quadro in legno, le due grandi ruote dentate e le due molle a balestra, si notano però in più altre molle, speciali intelaiature di sostegno dei perni delle ruote e delle molle e due altre piccole ruote.

Oltre alle due molle a balestra che definiremo per principali, cia-



CARRO AUTOMOTORE CON DIFFERENZIALE

(Folio 296 V a del Codice Atlantico)



scuna delle quali ha una contromolla di rinforzo, notiamo altre due molle che sembrano impernarsi sul telaio proprio dove si incrociano e le cui estremità superiori sono collegate a quelle delle due molle principali, mentre le estremità inferiori appaiono libere. Uno dei collegamenti fra le molle principali e quelle secondarie è costituito da un'asta dentata che è disegnata in dettaglio in basso al foglio; l'altro è poco chiaro, ma è da ritenersi sia uguale.

Tale dettaglio, chiaramente disegnato, indica il modo od un modo col quale hanno da esser tese le molle. In esso appare distintamente un rocchetto dentato, sistemato nel riccio della molla, ingranante a cremagliera con l'asta, pure essa dentata.

Due altre molle, con contromolla, sono disposte sopra le grandi ruote dentate e finiscono presso due piccole ruote a pioli poste nei due angoli posteriori del carrello. Le estremità curve di queste molle sembrano essere fissate ad una membratura del carrello, quella stessa sulla quale si impernia la seconda coppia di molle.

Un altro disegno di dettaglio illustra un rocchetto, attorno al quale si avvolgono due corde. Si tratta di un altro modo di tenditura delle molle, suppletivo al sistema a cremagliera, o non piuttosto destinato a sostituire la cremagliera e disegnato da Leonardo in un secondo tempo?

Lo studioso che per primo si interessò a questi disegni fu il Nob. Gerolamo Calvi, il quale in una memoria presentata nel 1905 all'Istituto Lombardo di Scienze e Lettere per il Concorso Tomasoni ammetteva la possibilità che essi si

riferissero ad un carro automotore. (Nota 10).

Dopo di lui, nel 1928, il gr. uff. ing. Guido Semenza, che ai meriti che gli erano riconosciuti nel campo della scienza e dell'industria elettrotecnica, aveva aggiunto nei suoi ultimi anni un'appassionata attività vinciana, all'oscuro della versione del Calvi, studiò a fondo i disegni del Folio 296 V. a. del *Codice Atlantico* e ne scrisse esaurientemente sulla rivista « Archeion » di Roma (Nota 11).

Il Semenza, che pure era un diligente osservatore, sembra non avere rilevata la funzione del rocchetto sul quale si avvolgono due corde tenditrici di molle, che è disegnato in dettaglio nel Folio 296 V. a. E dopo avere esaminato i due disegni, ed essersi posta la domanda del come lavorassero le molle delle quali abbiamo parlato e se vi fosse qualche collegamento fra esse (specialmente le ultime due) e le ruote sottoposte, così spiega l'intenzione di Leonardo: « ... nessuna indicazione d'una qualsiasi relazione fra i due elementi si scorge nei due disegni. Abbiamo soltanto questo: che se il sistema delle molle è teso a mezzo dei rocchetti e delle aste dentate, è probabile che al distendersi di esse, si profitti della rotazione dei rocchetti per trasmettere il movimento al sistema meccanico per mezzo di una trasmissione sotto il telaio, ma di più non si può dire. Comunque sembra inammissibile che Leonardo abbia messo su un carrello un potente sistema di molle e un meccanismo collegato alle ruote, senza che tali due elementi siano diretti ad uno stesso scopo.

« Rimangono misteriose le due rotelle a pioli poste negli angoli



inferiori del disegno; a prima vista si vorrebbe vedere una relazione fra esse e le code inferiori delle molle che sembrano essere in contatto con esse; ma osservando meglio si vede come manchi qualsiasi accenno ad un collegamento di carattere meccanico. Si deve perciò ritenere casuale l'avvicinamento di questi due elementi; non è impossibile invece che le due rotelle siano collegate col sistema di comando delle ruote e che siano destinate a moderare la velocità di distensione delle molle ».

Invece il collegamento fra il sistema di molle e le due grandi ruote dentate motrici c'è ed è indicato dal dettaglio sfuggito all'attenzione del Semenza. E' vero che manca un evidente collegamento di carattere meccanico fra di esse, ma l'esistenza del rocchetto e dei due tenditori (corde) spiega la qualità del collegamento e la documenta. Il complesso delle molle era dunque collegato alle ruote sottoposte con delle corde che si arrotolavano su rocchetti, i quali devono identificarsi evidentemente con quelli indicati schematicamente (col solo contorno) al centro delle due grandi ruote dentate con cui avevano in comune l'asse.

La nostra interpretazione dei disegni vinciani dissipa quindi ogni dubbio. Tale sistema di molle doveva essere più che sufficiente a far muovere il carrello. Anche altri dopo Leonardo riuscirono a fare ciò. Non è forse vero che nel 1649, il norimberghese Giovanni Hautzch, godeva di una certa notorietà per la sua specialità di costruire « dei carri azionati a molla che tutti potevano dirigere e che percorrevano 2000 passi in un'ora? » (Nota 12).

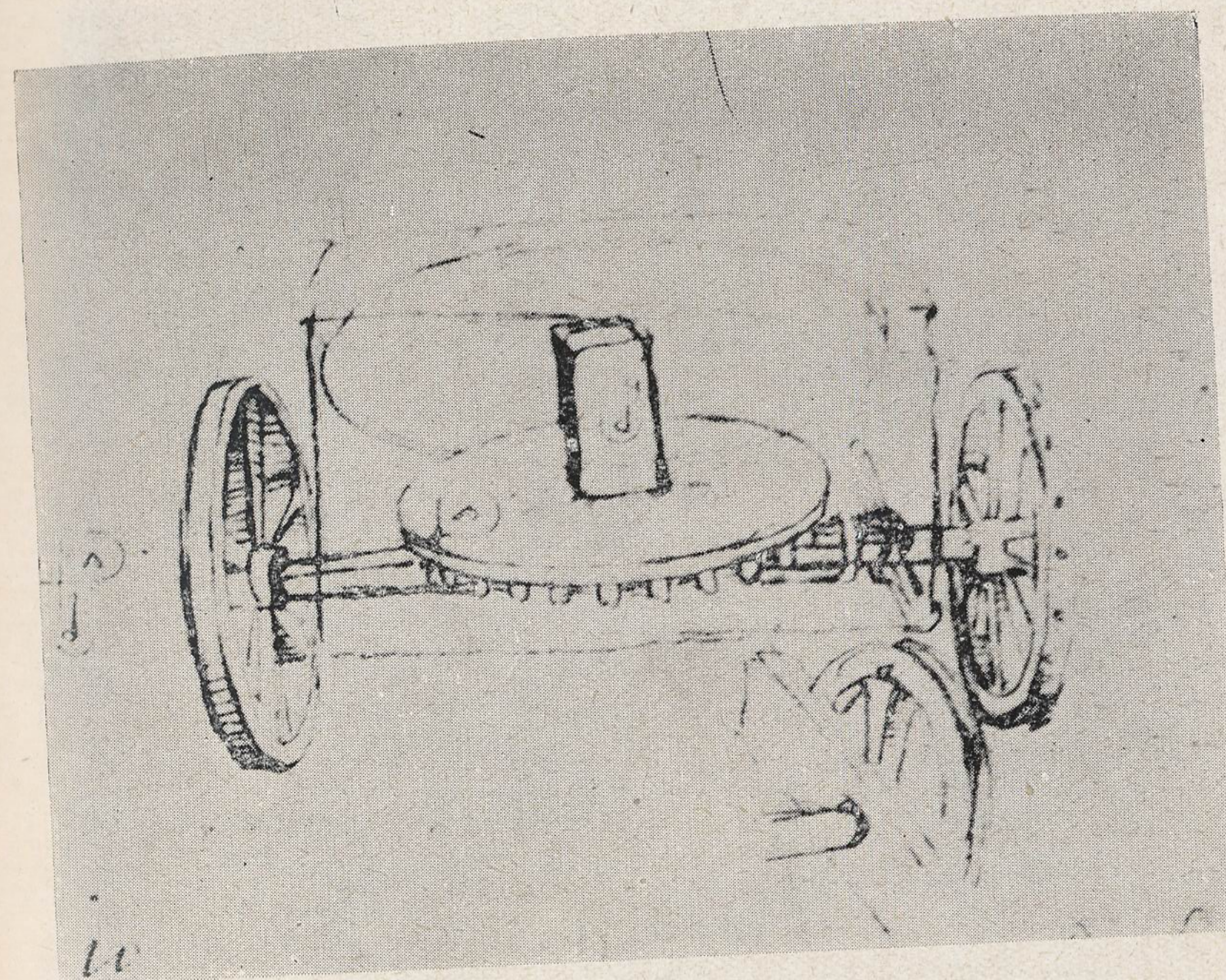
E non è forse vero che, nel 1748,

Vaucanson ha fatto evolvere davanti a Luigi XV una carrozza a molle di orologeria? (Nota 13).

Una prima idea del differenziale sembra trovarsi nel carrello automotore di Leonardo. Nel suo studio, il Semenza, dopo avere osservato che le due grandi ruote dentate ingranano con movimento rispettivamente destrorso e sinistrorso e considerato il moto di trasmissione alle ruote del carro, che si muovono nello stesso senso rispetto al piano stradale, conclude che tale « complesso meccanico costituisce quell'organo che nell'automobilismo si chiama « il differenziale ». E dopo essersi posto per puro scrupolo di cautela il dilemma se il carrello fosse da trascinarsi od automotore, riconosceva che Leonardo aveva risolto il problema che si era presentato colle prime automobili a vapore intorno al 1770 e che lo aveva « risolto nello stesso modo in cui fu risolto dopo lunghi tentativi, soltanto nel 1835 dal Pacqueur (sic) ».

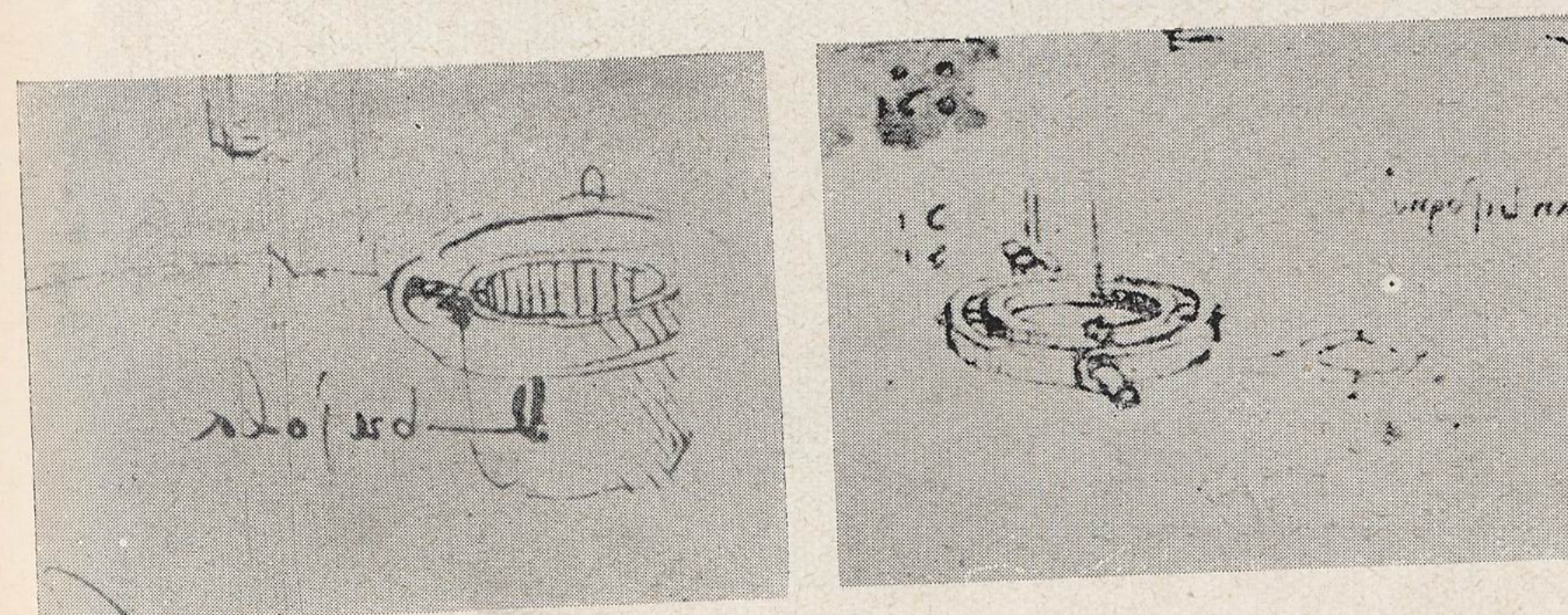
Ma fra i disegni del *Codice Atlantico*, un altro ve ne è al Folio 4 V a. che rappresenta un meccanismo connesso alle ruote di un carro, e che il Calvi ritiene essere dell'età giovanile di Leonardo. Tale disegno rappresenta il fronte di un carro del quale dunque si vede un solo asse con due ruote che sembrano essere solidali con esso. Sopra l'asse sta una grande ruota orizzontale munita, nella sua parte inferiore, di pioli; alla sua destra, infilata sull'asse delle ruote, è disegnata una ruota a lanterna. L'asse della ruota a pioli a sezione quadrata ha un prolungamento superiore.

La ruota a pioli è indicata con la lettera « a », l'asse quadrato con una « b ». A fianco del disegno sta



**CARRO CON MECCANISMO**

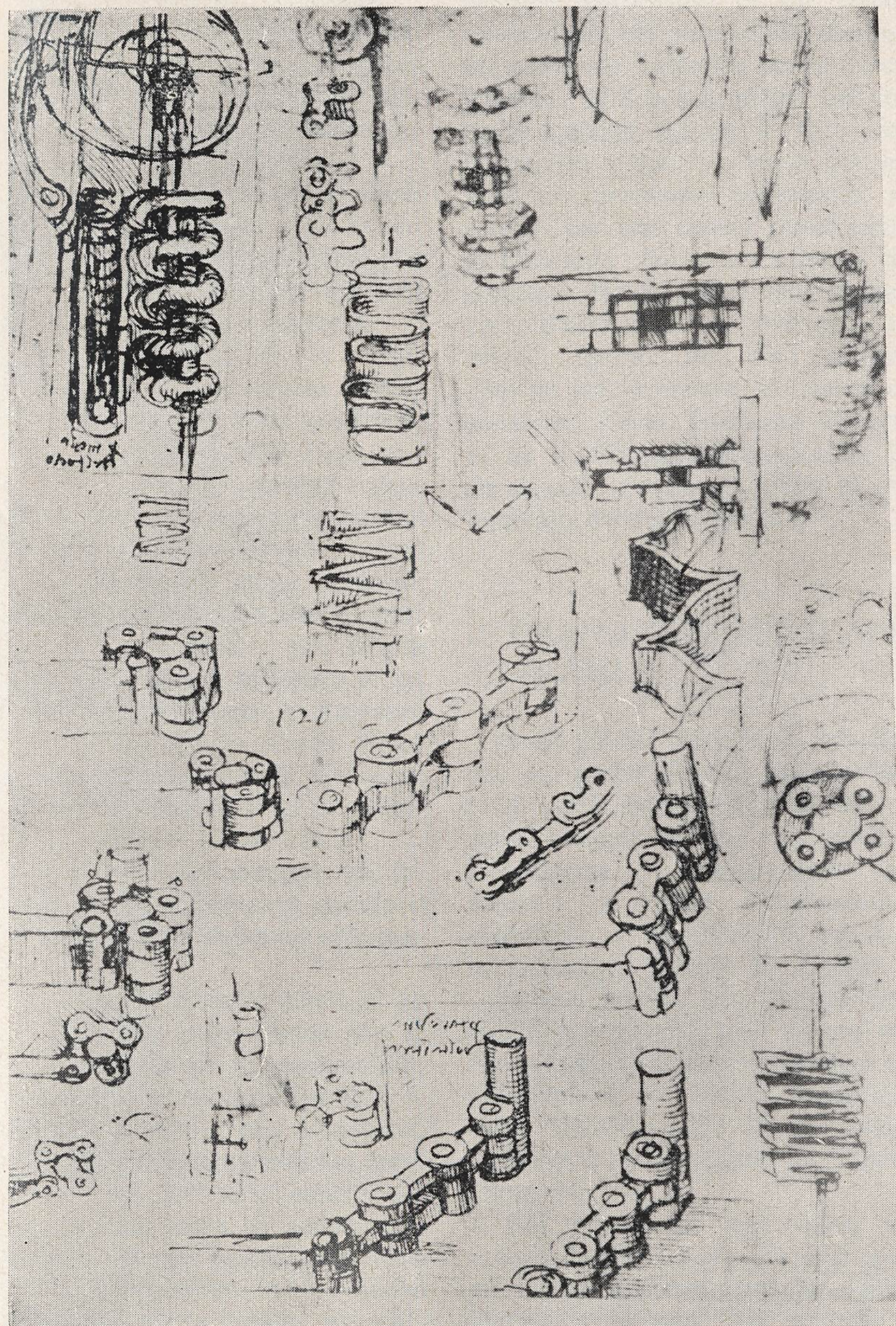
(Dal Folio 4 V a del Codice Atlantico)



**SOSPENSIONI CARDANICHE**

(Dal Folio 316 R b del Codice Atlantico) (Dal Folio 288 R b del Codice Atlantico)





**LE CATENE**

(Folio 357 R a del Codice Atlantico)



la seguente didascalia esplicativa :

a è il modo di far volgere le ruote del carro; — b è quello quadro che imperna la ruota principale.

Sul disegno è indicato sommariamente un circolo in prospettiva che sembra essere imperniato sull'asse quadrato e che dovrebbe essere la « ruota principale ».

La funzione della ruota a pioli appare chiara: girando, essa darebbe moto alle due ruote del carro per mezzo della trasmissione da essa formata col pignone a lanterna.

Il Semenza ritiene che la « ruota principale » debba essere la motrice che aziona l'« asse quadro », ma non si pronuncia sulla forza motrice, che ritiene però potesse essere « rappresentata da uno o più uomini che girano delle manovelle, come da un sistema di molle. Quindi, se non si può affermare che si tratti di un vero automobile, non si può negare che siamo in presenza di un meccanismo, destinato a muovere le ruote di un veicolo, il che dimostra come nella mente di Leonardo fosse già nei giovani anni la concezione del veicolo meccanico ».

Nei riguardi dei disegni del folio 296 V. a., il Semenza chiude il suo studio con la seguente affermazione :

« ... dopo aver molto riflettuto ho preso posizione concludendo che si tratti veramente di un automobile. Vi riscontriamo senza alcun dubbio un giuoco di molle, che costituisce la sola origine di forza motrice meccanica, o se si vuole essere più esatti, il solo modo di accumulare energia in piccolo spazio che fosse allora a disposizione; vi è, anche questo senza alcun dubbio, un « differenziale » necessario perchè un carro, mosso dalle proprie ruote, giri bene nelle curve; e infine il

carrello è provvisto d'uno sterzo, un organo di direzione da manovrarsi da chi è sul carro stesso e che non sarebbe giustificato in un veicolo qualunque. Un automobile dunque, un carro che cammina senza essere trainato; avrà potuto avere una corsa di qualche diecina di metri, ma il riuscire a questo poteva ben essere un problema abbastanza attraente per uno spirito come quello di Leonardo: forse era soltanto destinato a far avanzare uno di quei carri d'assalto di cui troviamo numerosi esempi nei suoi disegni. Che se poi io errassi in questa assunzione, l'aver Leonardo disegnato un « differenziale » sarebbe già da sè solo una nuova pietra al monumento della sua gloria ».

#### IL GIUNTO MECCANICO ARTICOLATO.

Quel giunto meccanico articolato che poi prese il nome dal Cardano e che nel mondo continua ad essere indicato come « giunto » o « snodatura » o « sospensione cardanica » od anche semplicemente « cardano », ed all'estero « joint à la cardan », « joint de Cardan », « Cardan joint », ecc., venne disegnato da Leonardo per diversi usi. Ne troviamo chiarissimi disegni nei fogli 288 R. b., 316 R. b. del *Codice Atlantico*, 253 R del codice *Arundel* e nella raccolta di Windsor (Nota 14).

Nel primo dei fogli citati una « sospensione » per « bussola » come indica la stessa didascalia è solamente abbozzata. Nel secondo folio invece i disegni sono finiti in ogni loro dettaglio. Pure abbozzato è l'altro disegno dell'*Arundel*. Nei



manoscritti vinciani si danno dunque i primi disegni della applicazione della sospensione anulare alla bussola. Ma Leonardo ha pensato di servirsi dello snodo anche per trasmettere un movimento di rotazione (trasmissione di moto e di potenza) e quindi per una funzione attiva. Lo prova il disegno raffigurante l'ala di un suo apparecchio di volo che è nel citato folio 341 R. c. del *Codice Atlantico*.

#### LE CATENE.

Per la trasmissione di potenza, in quasi tutte le sue macchine, Leonardo si è servito di cinghie e la documentazione offerta dai suoi manoscritti è eloquente in proposito.

Tuttavia egli ha pensato anche alle catene e le ha disegnate egregiamente sul folio 357 R. a. del *Codice Atlantico*, riproducendone qualche elemento anche nei fogli 6 R. a. e 14 R. b.

Tali chiarissimi disegni sembrano illustrare una fra le più moderne realizzazioni meccaniche. Ed essi sono invece del '500!

#### I CUSCINETTI A RULLI.

Numerosi sono gli scritti di Leonardo che indicano come egli abbia fatto studi ed esperienze (magari certamente imperfette) sull'attrito radente, ossia sulla *confregazione dei corpi densi e pulita superficie*.

Ne troviamo le note e le figure nel *Codice Atlantico* ai Fogli 72 V b, 81 R b e V b, 82 R b, 112 R b, 155 V b, 193 R b, 197 R b, 198 V a e R a, 201 V a, 236 V a e 305 V b; nel *Codice Arundel* ai

Fogli 40 v e r, 41 r e v e 187 r e v; ed altri nel secondo *Codicetto Forster* (Nota 15).

L'attrito degli assi di un carro o di un meccanismo fu anch'esso studiato e Leonardo vi ovviò in maniera molto geniale. Nei congegni ad assi girevoli egli introdusse un vero e grande perfezionamento, insegnando a far volgere tali assi non entro fori immobili, ma sul contorno di rotelle mobili, rendendo al minimo la resistenza di attrito.

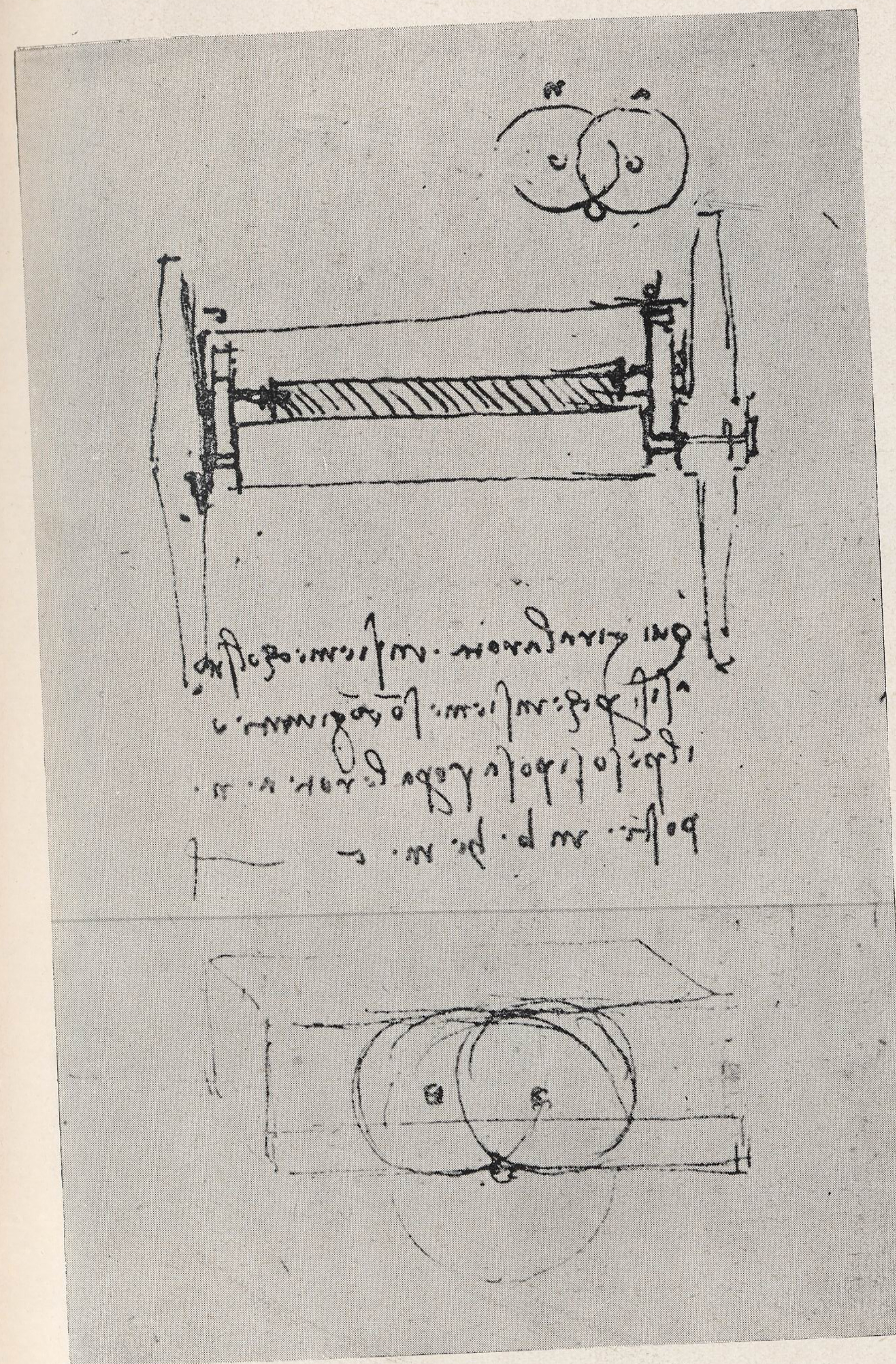
Infatti nel folio 376 R. c. del *Codice Atlantico* è chiaramente disegnata la sezione di un carro poggiante con rotelle mobili sull'asse delle ruote. Due disegni di dettaglio illustrano l'idea cui serve di commento la seguente didascalia esplicativa: « Qui gira la rota insieme col suo assis, perchè insieme son congiunte, e il peso si posa sopra le rote a n poste in b e in c ».

Nel *Manoscritto I*, ai fogli 57 V e 58 R vi sono altri esempi di supporti su rulli perfezionamenti, ed un altro cuscinetto completo, con un asse appoggiato su rulli, si vede nel Folio 348 a del *Codice Atlantico*.

#### GLI ODOMETRI.

Il Feldhaus e il Beck, notissimi leonardisti tedeschi, da tempo hanno illustrato nelle loro opere i disegni dei carri misuratori di strade raffigurati nel folio 1 R. a. del *Codice Atlantico* (Nota 16), ma non hanno rivolta la loro attenzione ad un meccanismo di tal genere applicato al carro riprodotto nel folio 312 V. a.

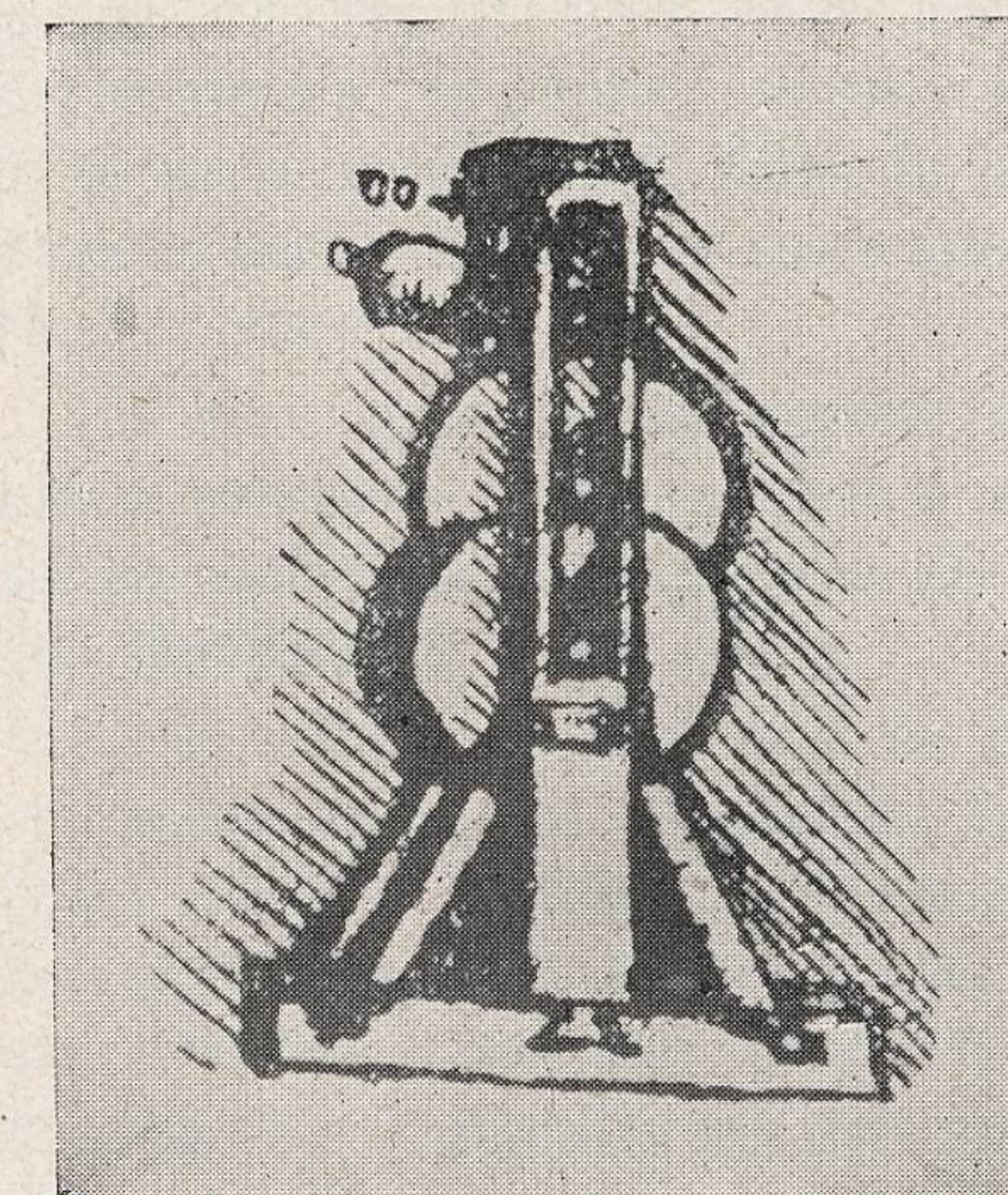
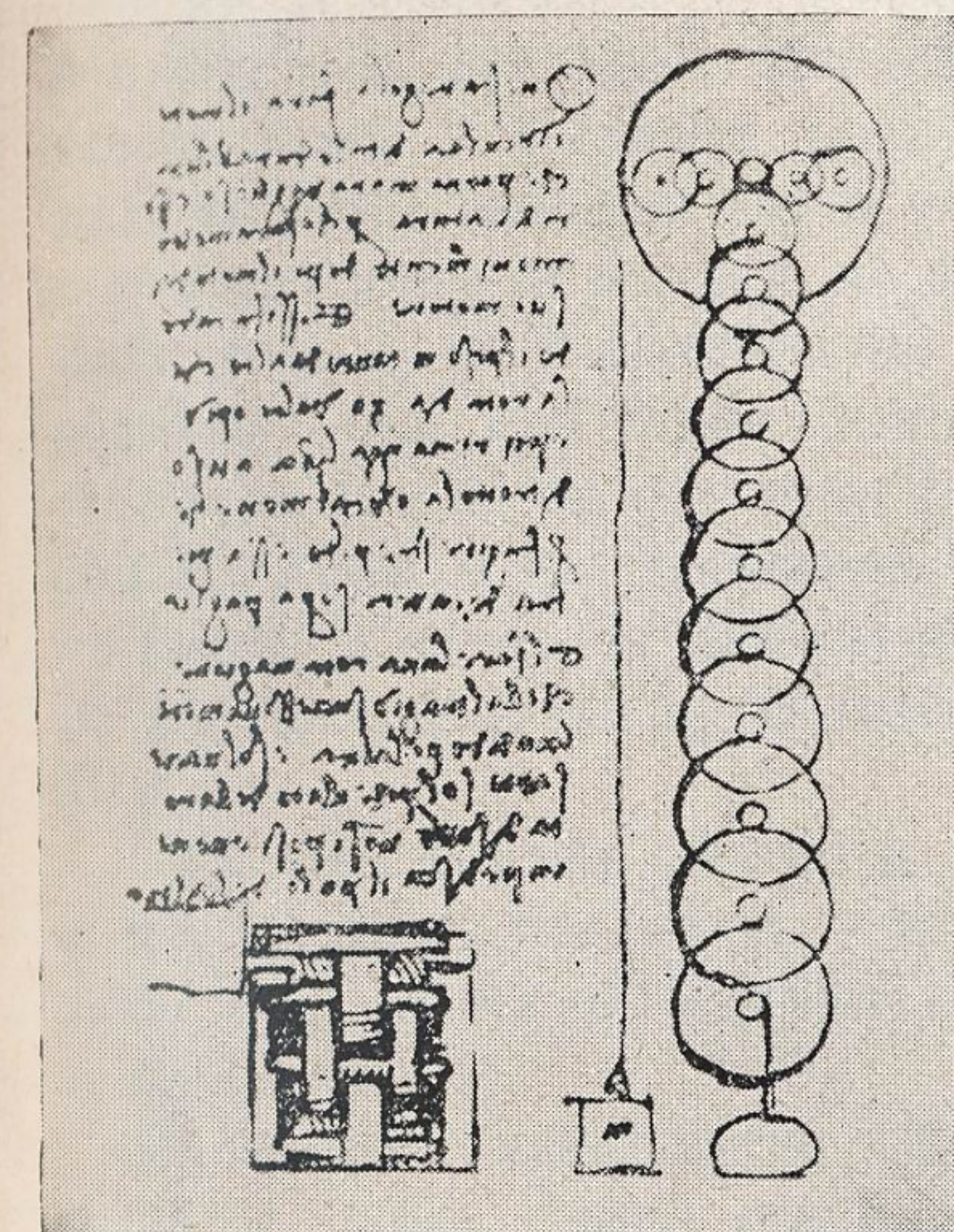
Nel folio 1 R. a. vi sono due tipi di misuratori di strade ad una e due ruote e vi è inoltre disegnato il ruotismo indicatore. Fatto non



**CUSCINETTI A RULLI**

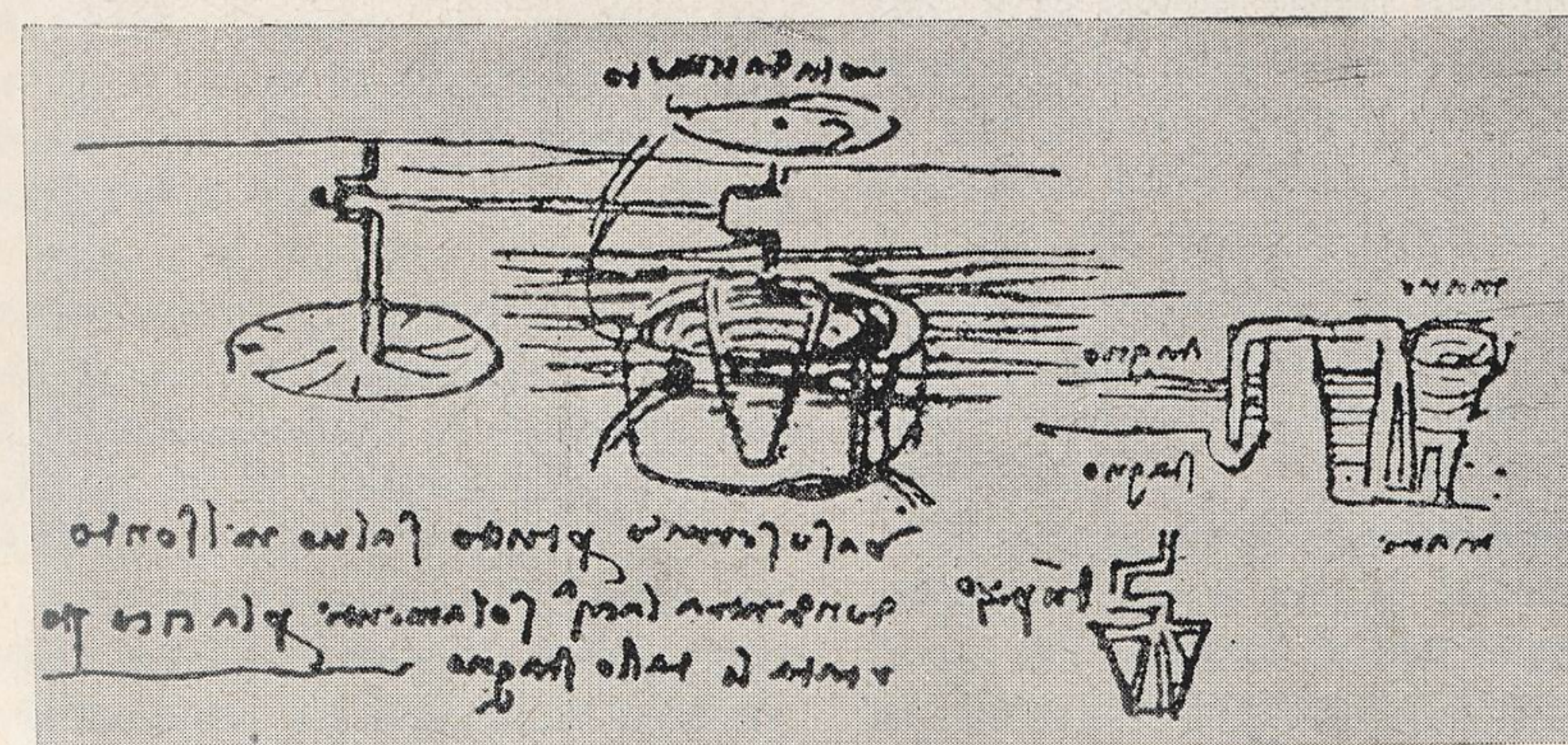
(Dal Folio 376 R c del *Codice Atlantico*)





**I GUSCINETTI A RULLI**

*(Dai Fogli 57 v e 58 r del Manoscritto I)*



**LA POMPA CENTRIFUGA**

*(Dal Folio 13 r del Manoscritto F)*



consueto, Leonardo ha corredato i disegni di due note esplicative che riproduciamo per intero.

Sotto il primo disegno si legge:

« c 50 b 50 a a 60 f. g. a, rota dentata, si trova denti 60, b n'ha 50 e c 50. Ora, per ogni passo che si faccia, l'omo o 'l cavallo, la lieva g percote nella coscia di chi la porta, e nel suo moto fa muovere un dente della rota a, è 'l sostentaculo f lo sostiene, che non torna indietro. Adunque la rota dà una volta intera con 60 passi, e nel medesimo tempo la rota b ha mosso solo un dente, perchè un sol dente ha la rochetta di a: a.

« La rota a volta intorno 5 once e ha 12 denti per oncia, che son denti 60, ed ha di diametro once  $1 \frac{13}{22}$  ».

E mentre l'apparecchio ad una ruota ne manca, l'altro, quello a due ruote è accompagnato dalla seguente nota:

f 25 denti 300 m n. Volta intorno braccia 10, cioè la rota del carro, onde viene a essere di diametro braccia 3 e  $\frac{4}{22}$ . E la prova si è che esso diametro sia moltiplicato per 3 e  $\frac{1}{7}$  di se medesimo, e vedrassi che tal somma farà 10 di punto. E se vuoi un semplice modo a trovare il diametro, il quale diametro moltiplicato per 3 e  $\frac{1}{7}$  fa 22; ora di per la regola del 3: se 22 di cerchio mi dà 7 di diametro, che mi darà 10 di cerchio? Opera e vedrai che ti darà 3 e  $\frac{4}{22}$ .

« Adunque quando la rota del carro arà dato una volta intera, essa arà misurato 10 braccia di terreno, cioè  $\frac{1}{300}$  di miglio, il quale è braccia 3000, e la rota m arà solamente camminato lo spazio d'un de sua denti, la quale rota n'ha 300; onde è manifesto che quando la rota m ha dato una volta intera, il carro ha

misurato di punto un miglio di spazio, e la rota f ha sol mosso lo spazio d'uno de' sua denti, e la rota n ha fatto il simile, la quale mostra col suo razzo ciascun miglio, non altrimenti che la lancetta dell'orologio le sue ore; ma la rota f, in iscambio del mostrare, fa sentire all'orecchio lo strepito ovver sonito fatto da una piccola pietra caduta 'n vaso atto a ricever sono ».

Un altro apparecchio simile, ma meno pratico è disegnato ed è descritto come segue nel folio 48 V del Manoscritto F.

« Per sapere quanto uno va per ora piglio la rota de bo chalarì fatta come vedi e metti lo strumento del quale il centro sia sopra una linea circolare che volti di punto 5 braccia che 'l diametro sia uno braccio e  $\frac{12}{22}$  di poi ferma bene lo strumento e abbi il tempo armonico e invisca dentro attale strumento con trementina e volta tal rota uniformemente e seguita ove la polvere superiore è attaccata alla terebentina e vedi quante volte ha dato la rota e in quanti tempi armonici. E se la rota ha dato 2 volte in un tempo che son 10 braccia, cioè la trecentesima parte di un miglio tu potrai dire che tale strumento s'è mosso di un miglio in trecento tempi, ed una ora è 1080 tempi, ciò che farà 3 miglia per ora e  $\frac{180}{3}$  trecentesimi ».

Di queste macchine abbiamo qui parlato non solo perchè hanno attinenza con le strade e non si potrebbe concepire l'automobilismo senza le strade, ma anche perchè trovano riscontro in un altro disegno (vedi folio 312 V a), non riprodotto dai leonardisti più sopra indicati, nel quale è rappresentato un bellissimo esemplare di tachimetro.



## I MARTINETTI.

I crics di dimensioni ridotte che oggi gli automobilisti tengono nella busta dei ferri sono di recente invenzione. Una volta, ma ancora non molti anni fa, erano necessari non i crics, ma addirittura le binde o martinetti. I quali poi non differivano che di poco da quelli disegnati nel folio 359 R. c. e nell'altro folio 40 R. a. del *Codice Atlantico*, e che Leonardo presenta rispettivamente con queste parole: « quest'è un martinetto (llo) » e « 1000 libbre. Martinetto doppio, il quale leva ogni gran peso ».

## LA POMPA CENTRIFUGA E LA FORMA AERODINAMICA.

E' nel folio 13 R. del Manoscritto F. che troviamo l'enunciazione del principio della pompa centrifuga. Leonardo aveva dedicato gran parte della sua attività all'idraulica ed alle pompe. Era quindi quasi logico che scoprisse anche l'effetto prodotto nell'acqua di un vaso da un corpo in veloce rotazione su se stesso.

« La mano girata voltata in moto circolare in un vaso pieno mezzo di acqua genera un retroso accidentale il quale scoprirà all'aria il fondo di esso vaso e poi ch'el suo motore sarà fermo esso retroso seguirà il medesimo moto ma sempre diminuirà insino al fin dell'impeto che gli congiunse il suo motore ».

Questa nota affianca un gruppo di disegni di vasi comunicanti con un sifone. Secondo Leonardo, creando il vuoto e cioè abbassando il livello di un primo vaso per forza di un corpo ruotante a notevole velocità, l'acqua di un altro vaso si sarebbe riversata

da un sifone nel primo. Sui due vasi sta scritto « mare » e « stagno ». Pensava forse Leonardo ad opere di bonifica? E' evidente.

Ad ogni modo altre note ed altri disegni sulla rotazione dell'acqua si trovano nei Fogli 13 v e 14 v dello stesso Manoscritto F.

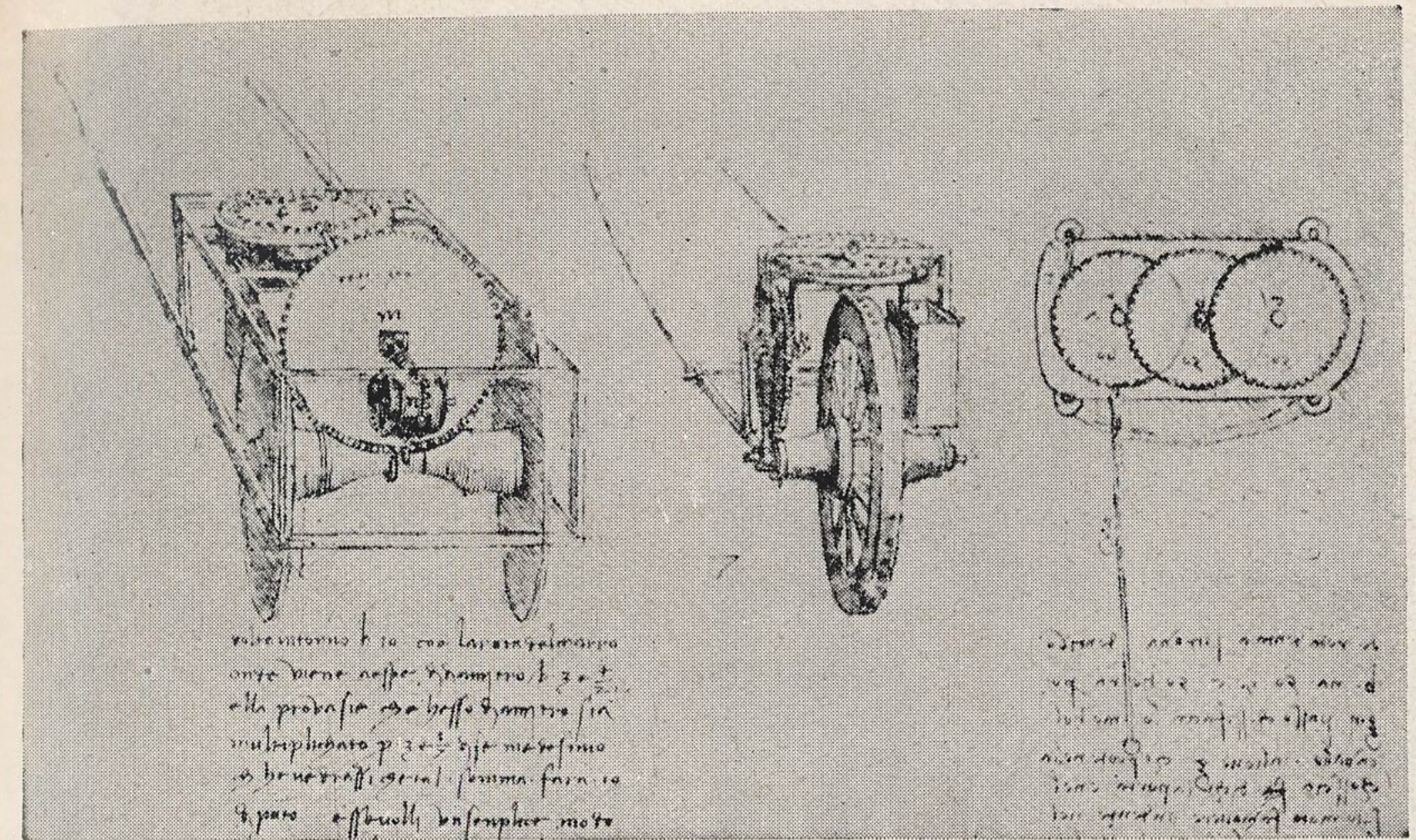
Dallo studio dell'idraulica a quello dell'aerodinamica e dell'aerotecnica il passo fu breve per Leonardo.

Nel folio 50 verso, del Manoscritto G., parla della forma dei navigli nel modo seguente:

« Questi 3 navili di egual larghezza, lunghezza e profondità, essendo mossi da uguali potenzie, faranno varie velocità di moto, imperocchè il navilio che manda la sua parte più larga dinanzi è più veloce ed è simile alla figura delli uccelli e dei pesci muggini. Questo navilio apre davanti a sè ed ai fianchi molta quantità di acqua, che nel movimento chiude il navilio ai due terzi posteriore. Il navilio d c fa il contrario e il navilio e f è medio di moto fra i due predetti ».

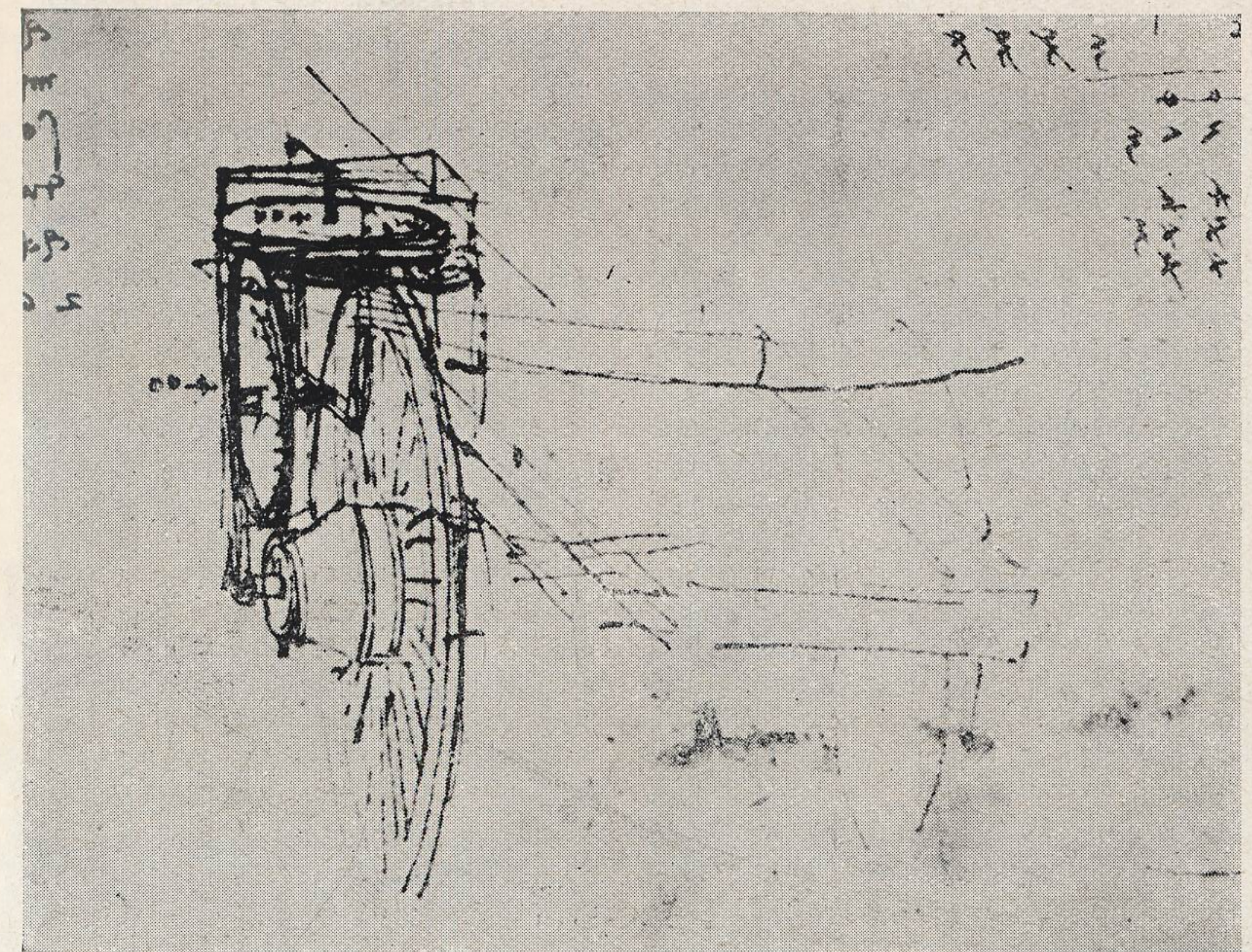
Al folio 87 recto e verso del Manoscritto F. si legge: « L'aria, sospinta dall'impeto del grave che per essa discende, fugge per la linea del moto fatto dal suo motore e la laterale si converte in retrosi laterali e la superiore li discende di sopra, sempre riempiendo il vacuo che tal mobile lascia di sè sopra di sè, in ogni grado del suo movimento ».

Non ci è possibile riportare tutto quanto scritto da Leonardo ha attinenza con la forma degli aeromobili, giacchè ci farebbe sconfinare in un settore che ora non ci interessa e nel quale del resto si è già avventurato magistralmente un noto leonardista studioso di aerodinamica e aerotecnica (Nota 17 e 18).



MISURATORI DI STRADE

(Dal Folio 1 R a del Codice Atlantico)



GARRO CON TACHIMETRO

(Dal Folio 312 V a del Codice Atlantico)



III.

DOPO LEONARDO



---

**E'** ORMAI accertato che Leonardo portò con sé a Cloux solo parte dei suoi manoscritti, giacché qualche dispersione era avvenuta durante la sua vita errabonda (1500-1516) e quando depositò parte dei suoi studi presso Santa Maria Novella.

Il 19 aprile 1519 in Amboise, sentendosi presso alla fine, Leonardo dettò il suo testamento legando a Francesco Melzi *"tutti e ciascuno li libri che ed dicto testatore ha de presente, et altri instrumenti"*.

Dopo la morte di Leonardo, avvenuta il 2 maggio seguente, il Melzi ritornò in Italia, alla sua villa di Vaprio sull'Adda, ove custodì gelosamente quel tesoro di scritti e disegni, che però alla sua morte (1565), dai parenti ignari, vennero relegati in soffitta.

Sono troppo note le vicende occorse ai manoscritti e disegni vinciani perchè esse siano qui ripetute (Nota 19).

Dispersi e poi ricercati, i codici leonardeschi noti, fino alla metà del secolo XVII, erano conservati a Milano ed in Inghilterra ove rimasero indisturbati per un altro secolo e mezzo, essendo ben pochi gli studiosi che ad essi si interessarono.

I pensieri sull'arte raccolti in un'opera denominata *Trattato della*

*Pittura*, vennero dati alle stampe verso la metà del '600.

Ed in modo incompleto il domenicano Fra Luigi Maria Arconati raccolse quanto riguardava il moto e misura delle acque in un codice Vaticano Barberiniano (4332).

Poi lo scienziato italiano G. B. Venturi poté studiare i codici Ambrosiani che come bottino bonapartesco erano stati trasportati a Parigi e li contrassegnò con le lettere dalla A fino alla M (e così sono ancora indicati), contrassegnando con la N il Codice Atlantico. Il Venturi ne fece preziosi estratti e ne rivelò in modo sintetico, in una sua opera del 1797, il valore delle ricerche scientifiche.

Nel 1831, i codici vennero studiati anche da Libri, ma solo verso la fine del secolo comincia una nuova vita per gli scritti di Leonardo.

Ravaisson-Mollien pubblicò in 6 volumi (dal 1881 al 1891) i manoscritti conservati alla Biblioteca dell'Istituto di Francia; Luca Beltrami pubblicava nel 1891 il *Codice Trivulziano*; Giovanni Piumati nel 1893 il *Codice sul volo degli uccelli* e dal 1894 al 1904 il *Codice Atlantico*; Gerolamo Calvi nel 1907 il *Codice Leicester*; quattro volumi di anatomia vennero pubblicati da tre scienziati norvegesi dal 1911 al 1914; i disegni di Windsor da Clark



nel 1935. Dal 1923 al 1930 la R. Commissione Vinciana pubblicava in quattro tomi il *Codice Arundel*; i *Fogli mancanti al Codice sul volo degli uccelli*; i *Codici Forster* pure in quattro tomi dal 1931 al 1934 e nel 1936 il codice A.

Ecco in breve, una molto sommaria presentazione della nuova vita dei codici di Leonardo.

Dopo la morte di Leonardo, essendo rimasti occultati i suoi preziosi insegnamenti e studi, quali dei suoi progetti, hanno trovato, nei secoli che seguirono, la loro realizzazione?

All'automobile penseranno in prosieguo di tempo Valturio, Branca, Bacone e via via tutti coloro dei cui nomi si arricchisce la storia della locomozione meccanica e dell'automobilismo. Ma al differenziale, al giunto meccanico, ai cuscinetti a rulli, alle catene ed a quant'altro pensato, disegnato e progettato da Leonardo, chi ha pensato? Nelle note che seguiranno verrà illustrata, nelle sue salienti tappe di concezione (progetto) e di realizzazione, la breve storia dei meccanismi che erano già stati disegnati od inventati da Leonardo.

### STORIA DEL DIFFERENZIALE

La totale ignoranza dell'esistenza dei chiari disegni del Folio 296 V. a. del *Codice Atlantico* di un carro automotore disegnato da Leonardo da Vinci, ha portato gli autori delle varie storie della locomozione meccanica e dell'automobilismo ad una vera e propria battaglia per attribuire l'invenzione del differenziale.

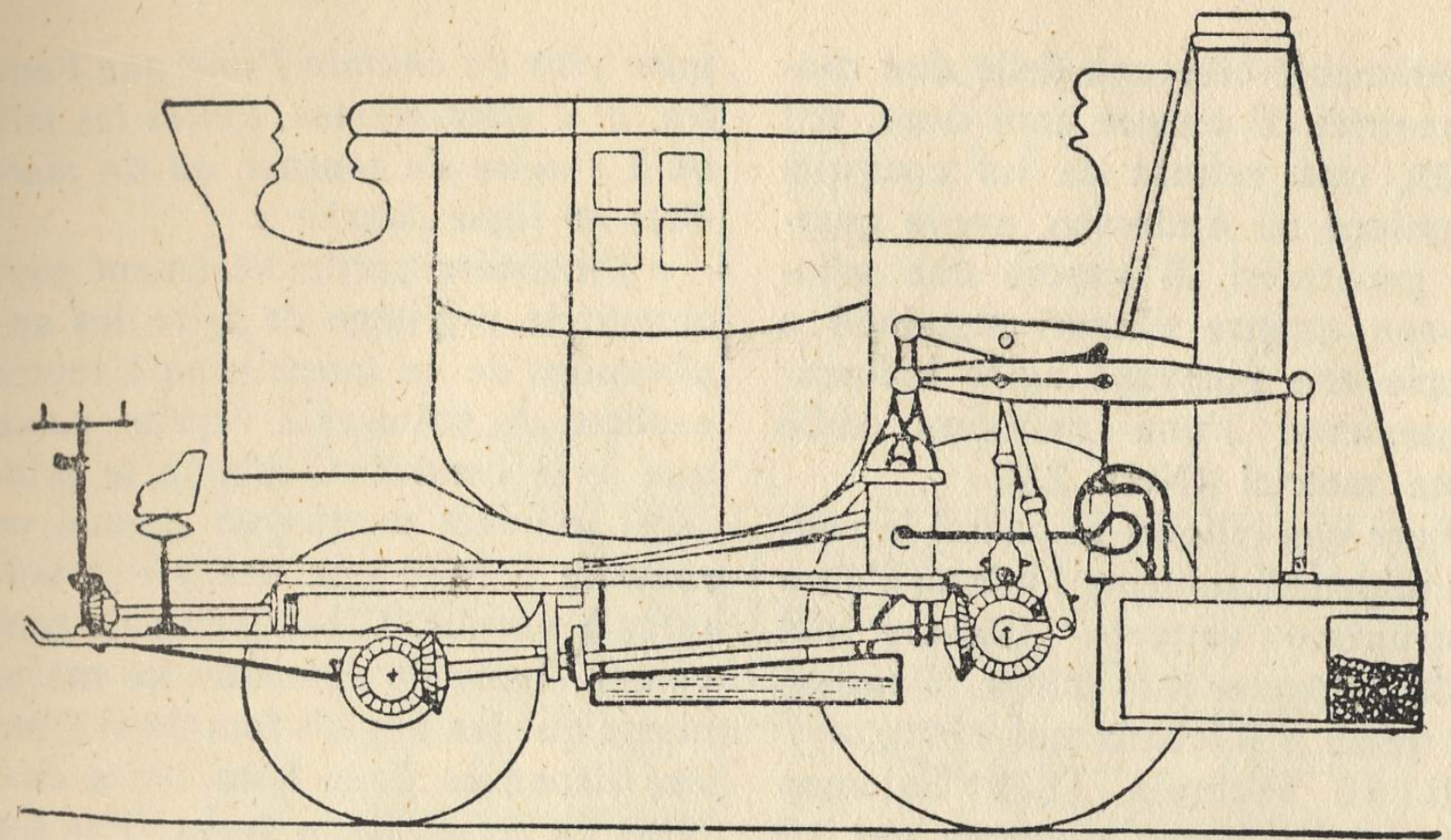
E' verso il 1910 che Baudry de Saunier, all'oscuro della interpreta-

zione data nel 1905 dal Calvi ai suindicati lavori vinciani, scrive che « l'organe mécanique qu'on appelle *mouvement différentiel* n'a été inventé ni par la velocipédie ni par l'automobile, bien que ces deux industries soient évidemment devenues ses meilleures clientes. Dès le XVIII siècle, Passemant, horloger de renom, chercheur un peu nébuleux d'ailleurs, avait construit une sphère à équation munie d'une combinaison qui différenciait deux mouvements sur un même arbre ». (Nota 20).

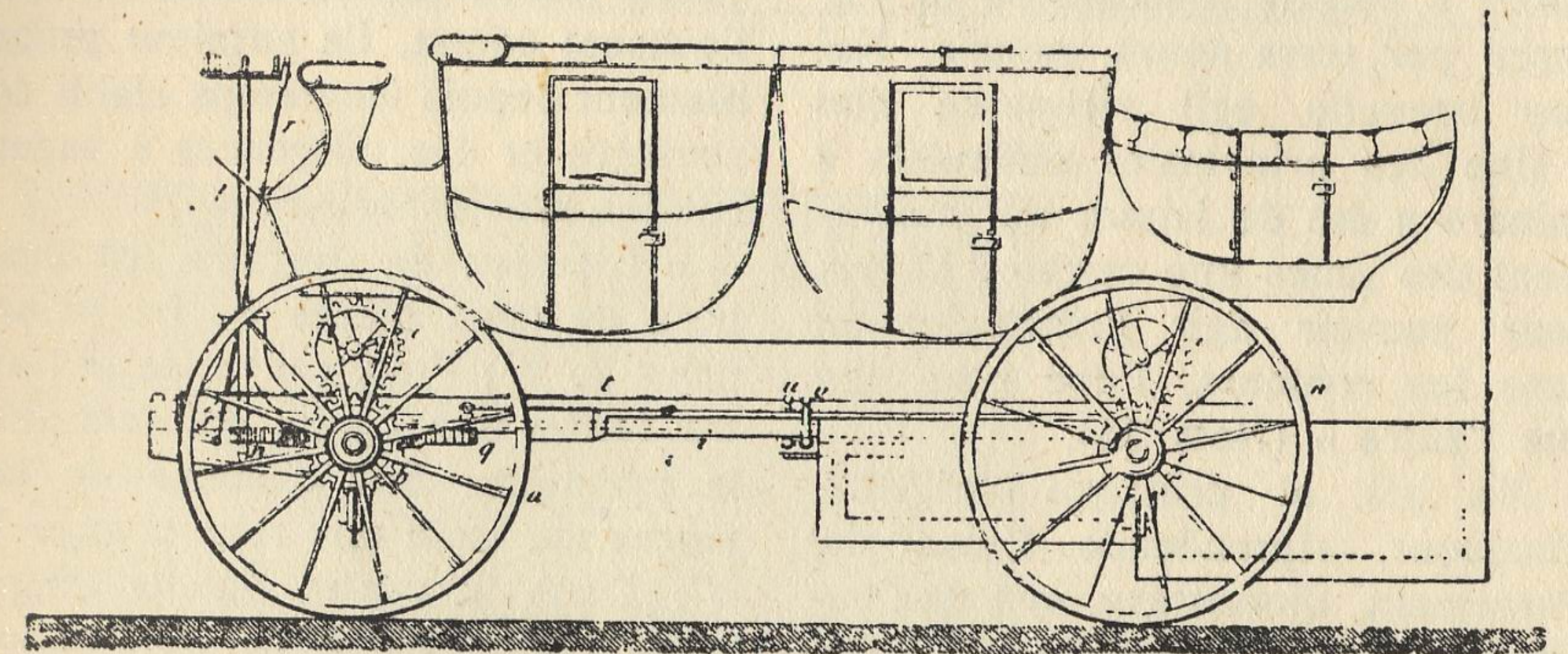
Nel 1803 Charles Dallery brevettò un battello ad elica ed un'automobile a vapore. Il disegno non è ben chiaro, ma vi si vedono una trasmissione a catena ed ingranaggi complicati che danno l'idea del differenziale, giacchè le due ruote maggiori erano indipendenti e girando a velocità variabili avrebbero dovuto assicurare la direzione (Nota 21).

Nel 1824, due inglesi: Timothy Burstall e John Hill progettano una vettura a vapore — sulla cui costruzione e descrizione però l'iconografia dà parecchie versioni — azionata da dei semi-bilancieri comandati da due cilindri. I due inventori ovviano all'inconveniente della mancanza di differenziale, cassetando le ruote motrici sul loro asse per mezzo di ruote a rocchetti che, nelle virate, liberavano la ruota esterna alla curva permettendo così il suo accrescimento di velocità (Nota 22).

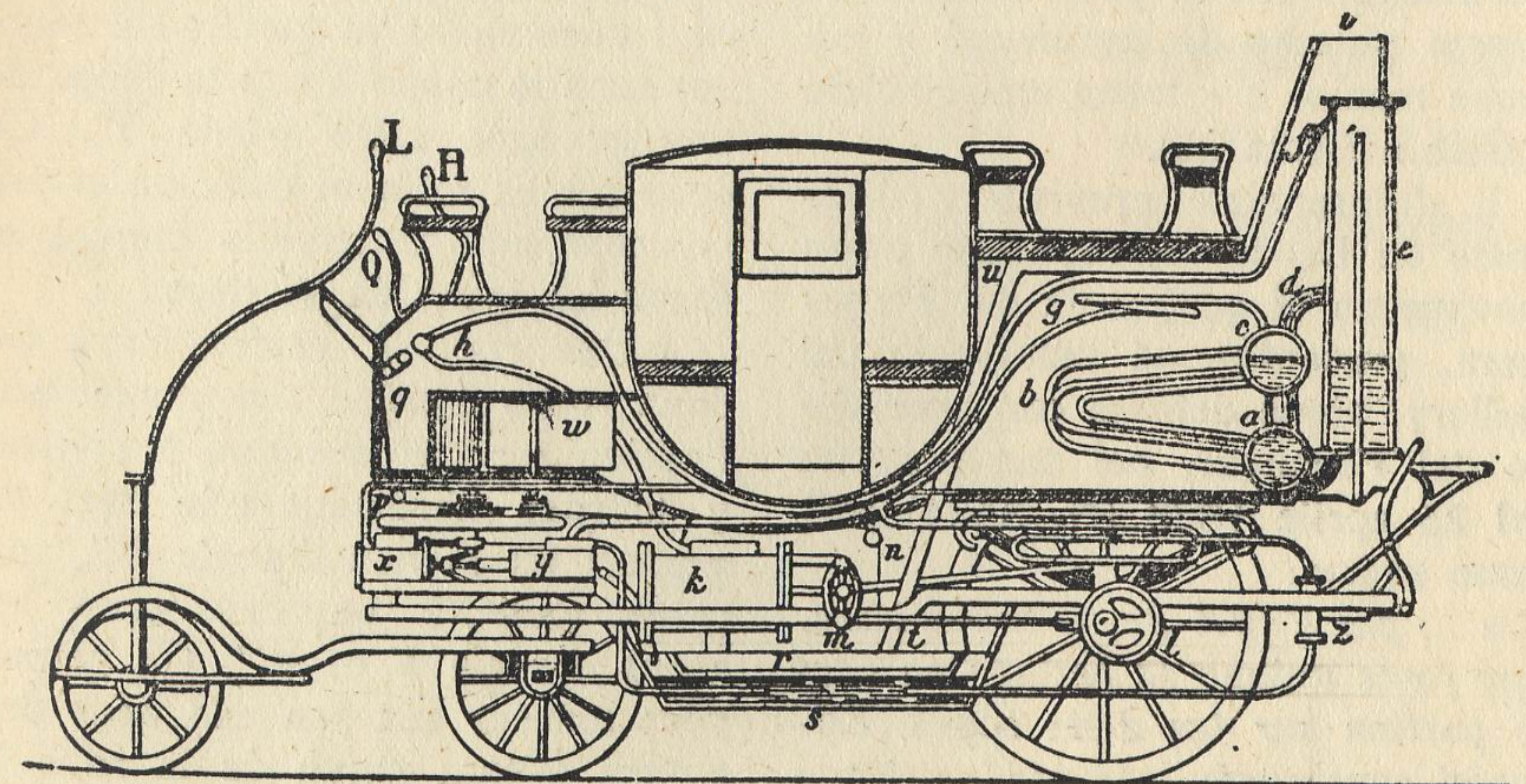
Nello stesso anno 1824 l'ingegnere inglese Williams Henry James brevettava un autoveicolo a vapore ove, per ovviare alla mancanza di differenziale, prevedeva due macchine a vapore a due cilindri indipendenti e comandanti se-



L'AUTOMOBILE DI BURSTALL E HILL (1824)



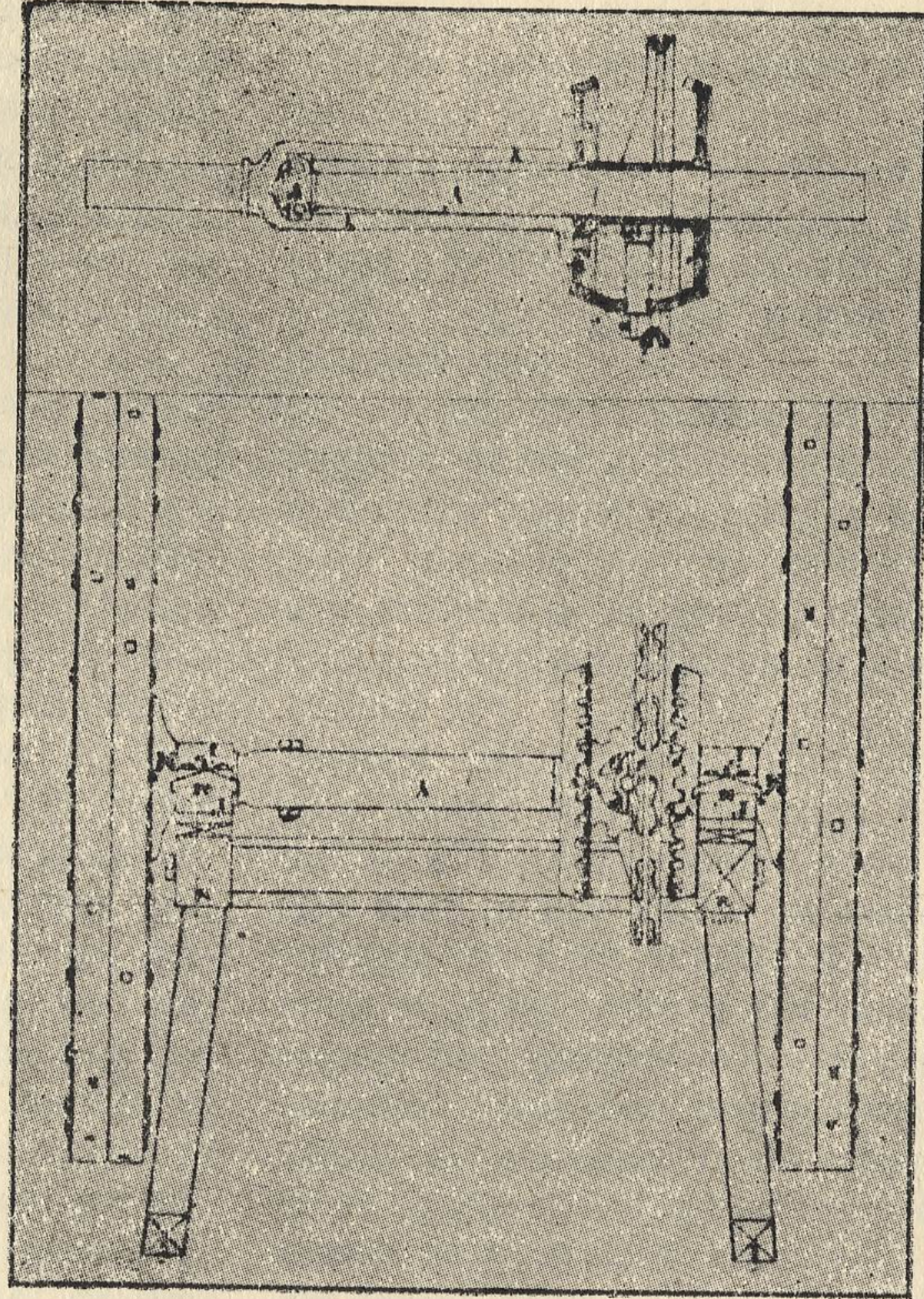
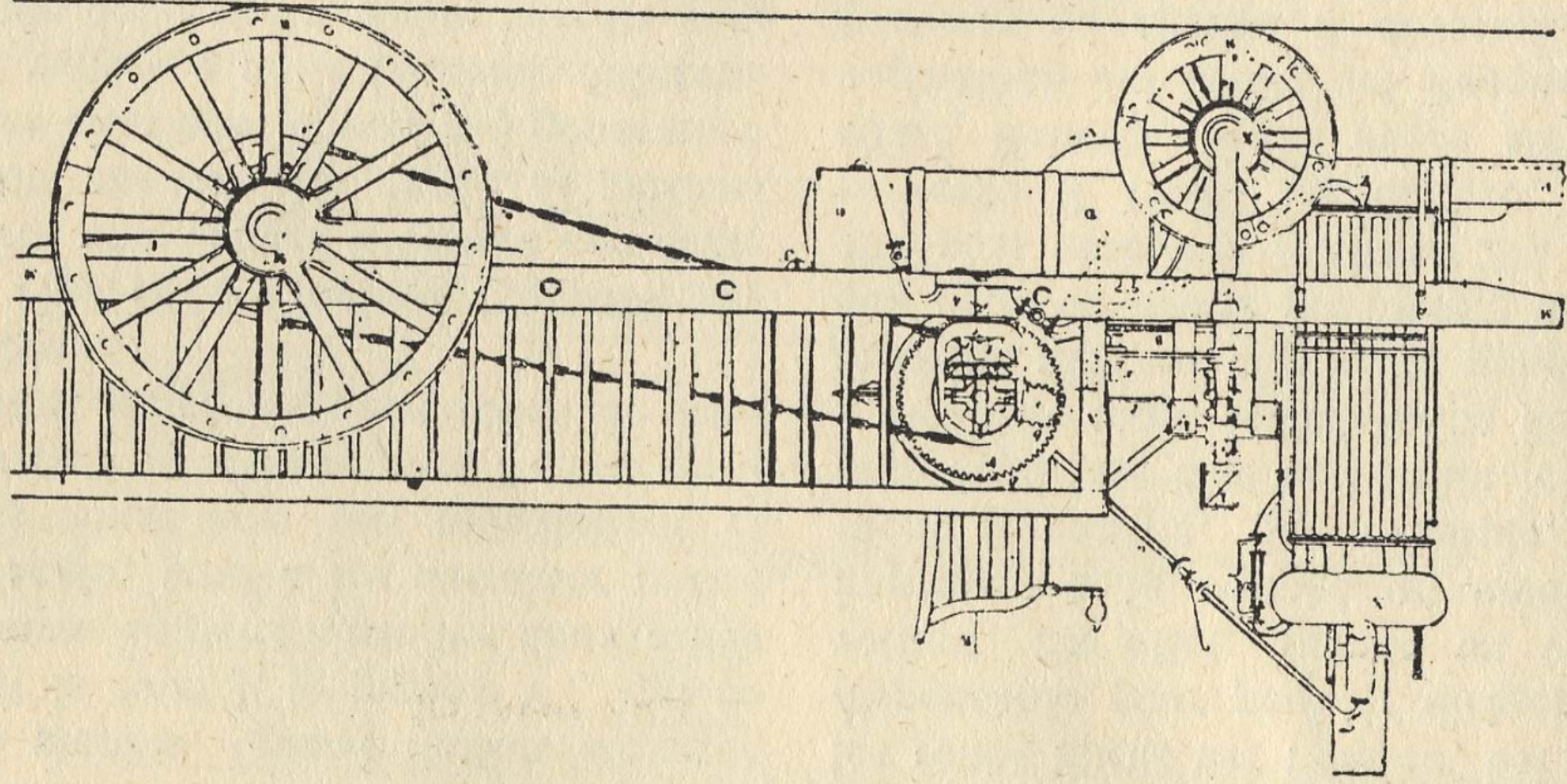
L'AUTOMOBILE DI JAMES (1825)



L'AUTOMOBILE DI GURNEY (1828)



L' AUTOMOBILE  
A VAPORE DEL  
PEGQUEUR ED  
IL DISEGNO  
DEL DIFFEREN-  
ZIALE (1828)



pratamente ciascuna delle due ruo-  
temotrici. E cinque anni dopo, nel  
129, una vettura da lui costruita  
inunione ad Anderson, aveva quat-  
tr generatori di vapore che azio-  
nanno quattro cilindri sistemati a  
copie che potevano agire indipen-  
detamente l'una dall'altra sulle  
ruote motrici (Nota 23).

ture con cilindri azionanti le ruo-  
te indipendentemente l'una dall'altra  
corsero vettura: Gurney nel  
188, Ségurier nel 1866, Feugère  
nel 1868 e Michaux nel 1870.

I 10 febbrajo 1825 Salomon  
Fér di Vicdessos otteneva per 10  
anni un brevetto d'invenzione per  
mozi o vetture meccaniche di tra-  
sporti per terra senza motore. Nel  
suo brevetto egli riconosce che  
« l'ne des principales difficultés à  
vaincre a été de laisser au mouve-  
ment des roues une certaine liberté  
pour pouvoir agir principalement  
dans les contours, l'une plus vite  
que l'autre » (Nota 24).

La già al principio dell'800,  
Pegueur, riprendendo l'idea dal  
Paseant, dimostrava, con una se-  
rie di memorie pubblicate sul « Re-  
cueil des Savants étrangers » tutto  
il vantaggio che si poteva trarre da  
questo sistema di ingranaggi il cui  
nome tecnico è « treno epicicloidale  
sterto » (Nota 25).

Il differenziale previsto e dise-  
gnab da Leonardo, realizzato come  
movimento di orologeria dal Passe-  
man, presentito od indovinato dal  
Dalby, viene definito con preciso-  
ne al Pegueur, nel suo brevetto  
del 5 aprile 1828 (N. 3524) così  
come segue:

« .. par l'effet de ce mécanisme,  
une force unique se partage en éga-  
le partion sur les deux roues, cel-  
les-ci conservant une indépendance  
partite et pouvant indifféremment  
de manière que, quand cette roue

« Une roue J, placée entre les  
deux roues d'angle, est montée sur  
l'essieu rond de manière à pouvoir  
Y tourner librement elle sert de  
support au pignon d'angle V', qui  
reste toujours engrené avec les  
roues d'angle V et V'. Ce pignon  
peut tourner sur son axe dans des  
collets faisant partie de la roue J.

« L'essieu de derrière est com-  
posé de deux pièces de fer princi-  
pales Y, Y'; l'une est ronde et l'au-  
tre forme une chape qui embrasse  
la première. Sur chacune de ces  
pièces est fixée une roue d'ange V,  
V'. Dans le centre (de la chape)  
passe l'autre partie Y' de l'essieu,  
qui... se trouve tout a fait maintenu  
au centre de la chape... en conser-  
vant néanmoins la faculté de tour-  
ner sans la chape Y, ou la chape de  
deux pièces formant donc un essieu  
composé aux extrémités duquel se  
fixent les roues de derrière.

« J'insisterai particulièrement pour  
obtenir le privilège de faire les ap-  
plications de ce mécanisme à toutes  
espèces de voitures à vapeur, parce  
que je le considère comme le prin-  
cipal élément au moyen duquel on  
réussira à faire bon usage des voi-  
tures à vapeur. C'est, j'en suis con-  
vaincu, faute de connaître ce méca-  
nisme que les anglais font de si gran-  
des dépenses pour faire leurs che-  
mins de fer en ligne droite. Par son  
emploi, ils pourraient suivre sans  
peine toutes les sinuosités et s'ils  
l'eussent connu, ils auraient proba-  
blement depuis longtemps établi des  
roulages et des diligences à vapeur  
sur les routes ordinaires...

« L'essieu de derrière est com-  
posé de deux pièces de fer princi-  
pales Y, Y'; l'une est ronde et l'au-  
tre forme une chape qui embrasse  
la première. Sur chacune de ces  
pièces est fixée une roue d'ange V,  
V'. Dans le centre (de la chape)  
passe l'autre partie Y' de l'essieu,  
qui... se trouve tout a fait maintenu  
au centre de la chape... en conser-  
vant néanmoins la faculté de tour-  
ner sans la chape Y, ou la chape de  
deux pièces formant donc un essieu  
composé aux extrémités duquel se  
fixent les roues de derrière.

« Une roue J, placée entre les  
deux roues d'angle, est montée sur  
l'essieu rond de manière à pouvoir  
Y tourner librement elle sert de  
support au pignon d'angle V', qui  
reste toujours engrené avec les  
roues d'angle V et V'. Ce pignon  
peut tourner sur son axe dans des  
collets faisant partie de la roue J.

« J'insisterai particulièrement pour  
obtenir le privilège de faire les ap-  
plications de ce mécanisme à toutes  
espèces de voitures à vapeur, parce  
que je le considère comme le prin-  
cipal élément au moyen duquel on  
réussira à faire bon usage des voi-  
tures à vapeur. C'est, j'en suis con-  
vaincu, faute de connaître ce méca-  
nisme que les anglais font de si gran-  
des dépenses pour faire leurs che-  
mins de fer en ligne droite. Par son  
emploi, ils pourraient suivre sans  
peine toutes les sinuosités et s'ils  
l'eussent connu, ils auraient proba-  
blement depuis longtemps établi des  
roulages et des diligences à vapeur  
sur les routes ordinaires...



est sollicitée à tourner, elle emporte le pignon d'angle V'', autour de l'essieu et lui fait parcourir un cercle comme un satellite tourne autour de sa planète. Quand l'effort s'exerce sur la roue J, le pignon V'', qui se trouve engrené dans les deux roues d'angle, tend à les entraîner toutes les deux dans son mouvement et partage nécessairement l'effort qu'il reçoit entre les deux roues de derrière... ».

Nel 1829 l'inglese Hancock costruì una vettura a vapore con soluzioni meccaniche degne di particolare citazione, specie nel generatore di vapore e nella funzione differenziale delle ruote. I due cilindri verticali azionavano un albero il cui movimento era trasmesso per pignoni e catene all'assale posteriore. Le ruote, il cui mozzo era in fusione e le razze di legno erano chiuse fra due dischi metallici: il disco esteriore di ogni ruota motrice era munito di due sporgenze che attaccavano due altre sporgenze consimili per trasmettere loro il movimento del motore. Questo modo d'attacco permetteva alle due ruote, sebbene solidali con l'asse motore, di girare l'una in rapporto all'altra di circa 100 gradi, quantità sufficiente per le ordinarie curve stradali. Per le curve strette invece, i pezzi motori erano muniti di un dispositivo speciale a vite, che permetteva alla ruota esterna di compiere parecchi giri mentre l'altra restava immobile (Nota 26).

Charles Dietz, il 6 febbraio 1835 a Parigi brevettò per 10 anni, una vettura a vapore detta « remorqueur » la quale manovra con facilità a mezzo del seguente dispositivo: « Les grandes roues motrices sont libres sur l'essieu, elles sont seulement liées à ce dernier

pour lui transmettre la puissance de la machine par une roue à cames fortement boulonnée contre les roues. Cette disposition, de laisser les roues libres sur l'essieu, est indispensable pour pouvoir diriger la voiture. En effet, quando on veut imprimer à la voiture un mouvement à gauche, par exemple, la roue du même côté agit seule, c'est à dire que toute la puissance de la machine agit sur elle seule pendant que celle de droite prend une marche plus accélérée » (Nota 27).

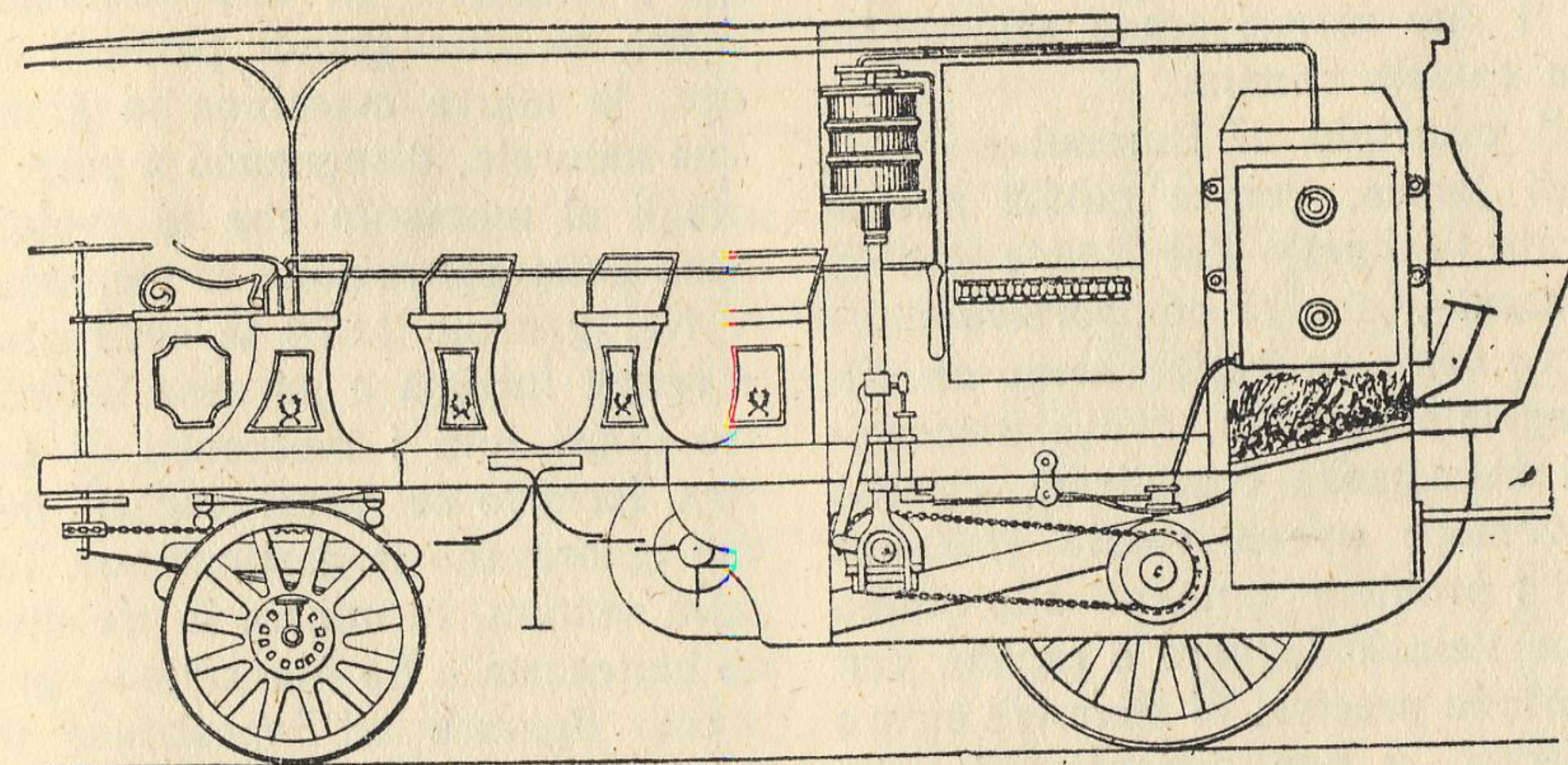
Verso il 1838, un inglese, Richard Roberts, senza avere alcuna cognizione dei lavori del Pecqueur, brevettò ed applicò il differenziale ad una vettura (Nota 28).

Ed è nel 1841 che il differenziale dal campo della meccanica entra in quello della scienza pura. E' l'inglese Willis che lo studia come elemento di macchina e ne detta la formula. Viene così stabilito che il calcolo per l'applicazione della formula di Willis relativa alle velocità angolari dei treni epicicloidali, mostra che, in una curva, la *velocità angolare del differenziale deve essere uguale alla semisomma delle velocità angolari delle ruote della vettura.*

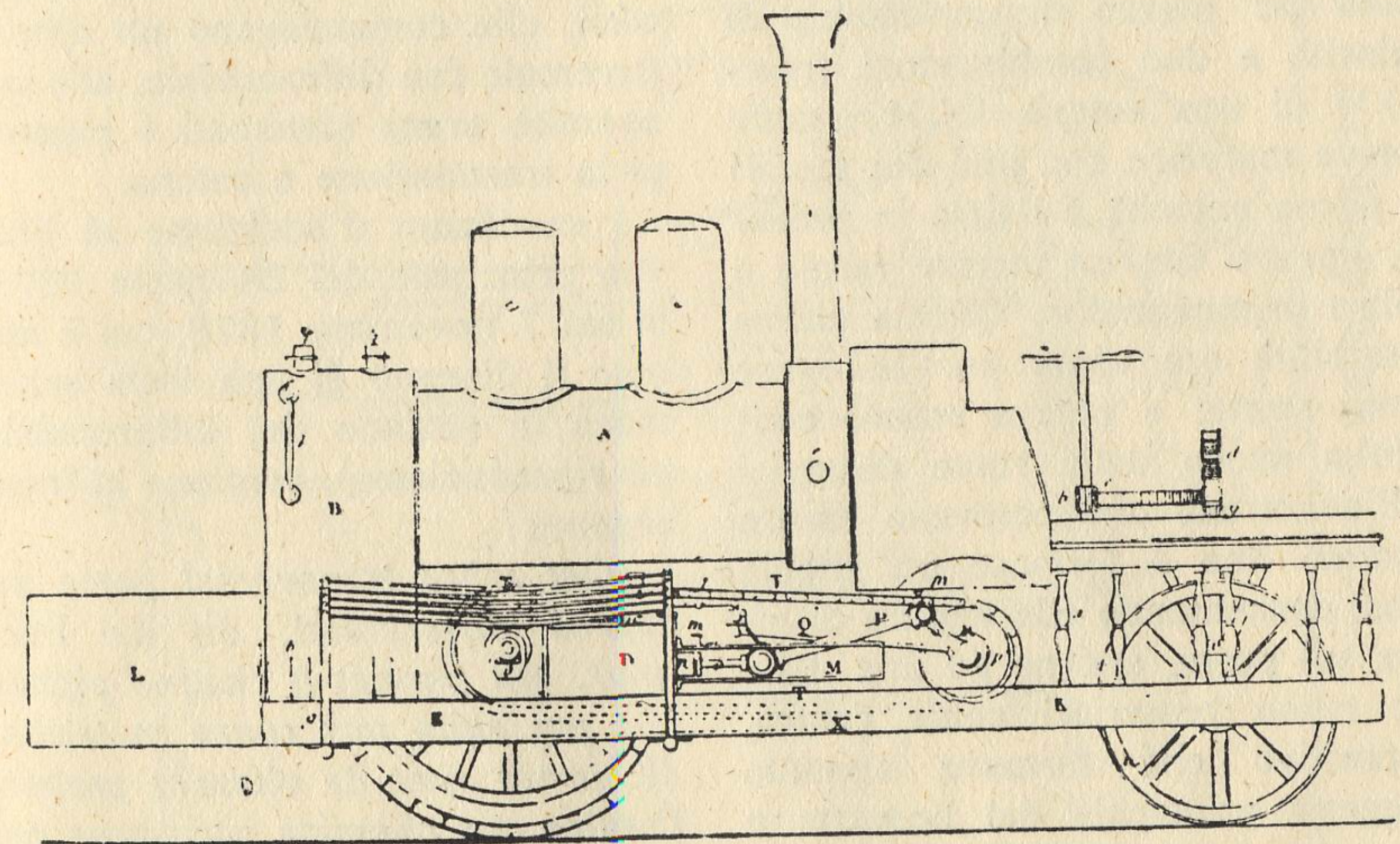
Ne risulta praticamente la necessità assoluta di rendere il differenziale indipendente dal motore, in una curva, affinché il satellite possa adottare la sua velocità differenziale, funzione delle velocità delle ruote (Nota 29).

Nel 1873, Amédée Bollée père (Nota 30), richiede il brevetto della sua prima vettura automobile a vapore: *L'Obeissante* (N. 99574 del 18 agosto 1873).

Sulla *Obeissante* la funzione differenziale non esisteva, grazie alla disposizione seguente:



L'AUTOMOBILE DI HANCOCK (1829)



L'AUTOMOBILE DI DIETZ (1835)



Le due ruote motrici erano folli sul loro asse comune. Ciascuna di esse era comandata, indipendentemente dall'altra, da un suo motore. I due motori erano azionati da una caldaia comune.

Il principio di Burstall ed Hill, e di James, veniva quindi nuovamente realizzato dal Bollée sull'*Obeissante*, che si comportava nelle curve come se avesse avuto un differenziale perfetto, aveva meccanismi abbastanza complicati, giacchè l'inventore aveva voluto risolvere tutti i problemi attinenti allo studio di un veicolo leggero e rapido, con direzione precisa, di manovra sicura e facile, e non dimenticando che prima di lui, la costruzione dei veicoli a vapore non aveva per scopo che il trasporto a piccole velocità di carichi pesanti di merci, costituenti quindi nell'insieme piuttosto dei treni stradali che degli autoveicoli quali sono oggi concepiti. Bollée aveva collegato ciascun motore alla ruota per mezzo di un cambio di velocità a due combinazioni (marce) e di una catena. L'*Obeissante* poteva marciare con uno dei motori in prima velocità e l'altro in seconda, oppure con un motore fermo e l'altro in movimento. Questa ultima possibilità era usata per le curve molto strette e poteva essere consentita anche dalle ruote direttrici dell'avantreno che potevano essere sterzate fino a formare un angolo retto, consentendo alla vettura di girare sul posto, attorno ad una delle sue ruote posteriori come centro, dispositivo che formava appunto l'oggetto principale del brevetto e che permetteva di evitare gli spostamenti laterali sulla strada ed una deteriorazione della medesima e consentiva anche di evitare una dispersione di forza motrice (Nota 31).

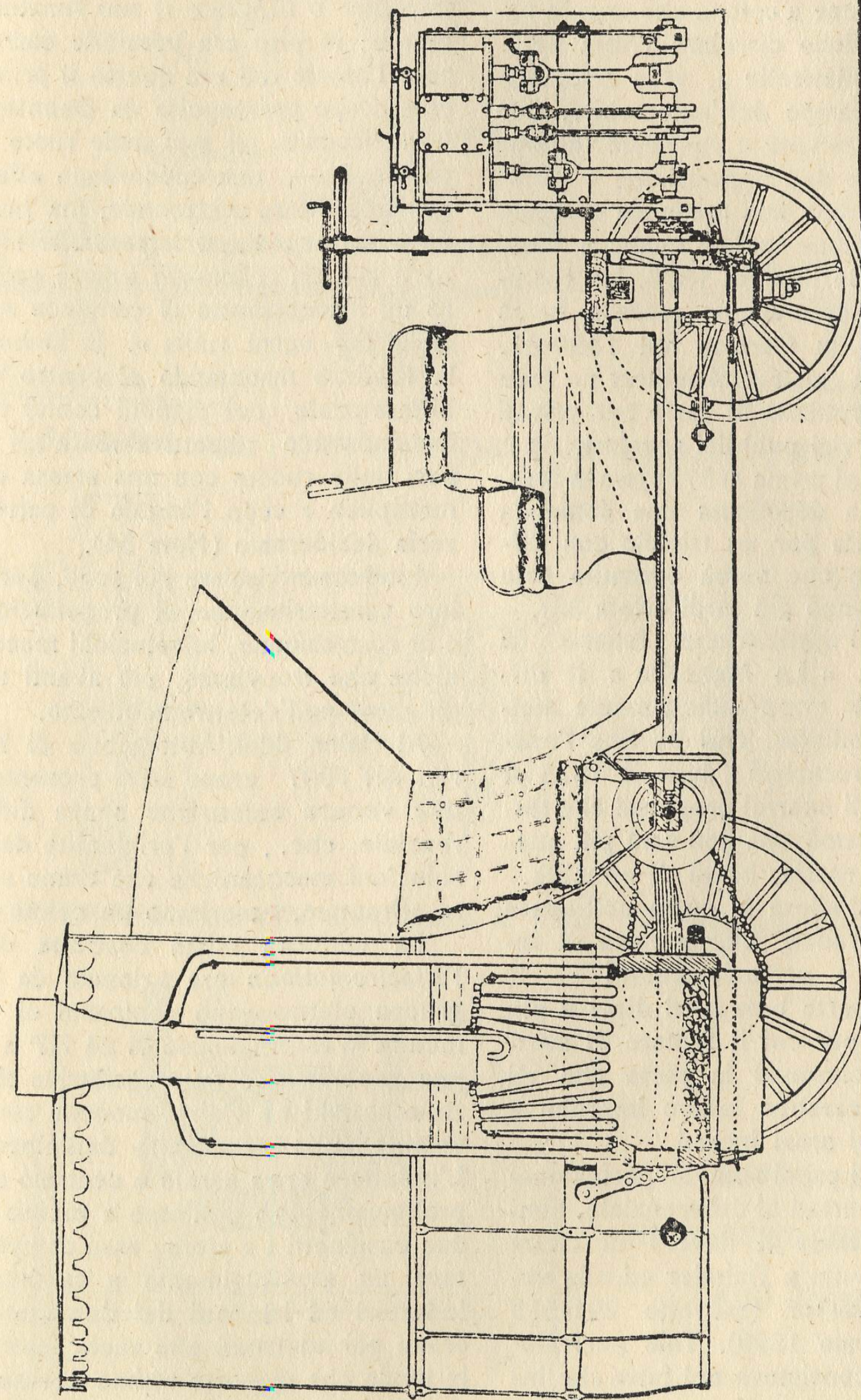
Le modificazioni suggerite dall'esperienza portarono il Bollée alla costruzione di una vettura più semplice e leggera. In una settimana disegnò su due grandi pannelli di abete, la nuova macchina in grandezza naturale, disegnando a parte i dettagli al momento che lo svolgimento della costruzione lo richiedeva. Nel gennaio 1878 la costruzione venne iniziata e ad essa lavorarono quasi tutti i meccanici di Le Mans, facendo dei pezzi staccati, dei quali ignoravano la destinazione. La nuova vettura, terminata in tre mesi e battezzata « La Mancelle », poté così figurare all'Esposizione di Parigi del 1878. Essa aveva un motore verticale a due cilindri, situato anteriormente; l'asse a colli d'oca, orizzontale, era disposto longitudinalmente e terminava all'indietro con un innesto a denti la cui parte mobile era manovrata da una leva. All'estremità dell'albero longitudinale vi era una coppia di ingranaggi conici, che comandavano un albero trasversale con differenziale, alle cui estremità erano sistemati i pignoni per la trasmissione a catena.

Il certificato d'addizione al brevetto principale del 28 aprile 1873, in data 7 novembre 1878, cui è annesso il disegno di una vista schematica in sezione del differenziale (che riproduciamo), contiene la frase seguente:

« *Cet arbre transversal porte un appareil différentiel, dit de Pequeur, qui permet à chaque pignon j, et par suite aux roues motrices, de tourner avec de vitesses proportionnelles aux chemins parcourus par les roues motrices* ».

E' questa quindi la prima realizzazione pratica del differenziale a « *couple conique* ».

E' importante fare notare che lo



« LA MANCELLE » DI AMEÉE BOLLEE PERE (1878)



schema del meccanismo della «Mancelle» è in realtà assolutamente uguale a quello degli autoveicoli con trasmissione a catena che ancora oggi si vedono circolare (Nota 32).

La « Mancelle », vera rivelazione nel campo dell'automobile, non solo fu provata e riprovata durante il periodo dell'Esposizione, e venne premiata con una medaglia d'argento, ma venne inviata anche a Vienna ed a Berlino nel 1879. Un esemplare di costruzione tedesca fu in Italia ed in Corsica nel 1880-81. Inoltre la Società Woelherth ne fece una costruzione in serie per privati e per servizi pubblici regolari.

Due anni prima (1877) James Starley aveva depositata una domanda di brevetto per un triciclo con differenziale che verrà costruito solo qualche anno più tardi (Nota 33).

Con l'applicazione fattane da Bollée a « La Mancelle » il differenziale entra ufficialmente nell'automobilismo. Qui ha fine l'epoca dei precursori; dopo il 1878 si faranno gli enormi progressi che tutti conosciamo, ma non sarà più questione di storia, bensì di attualità.

Dopo d'allora si entra nell'epoca contemporanea, troppo ricca di invenzioni e perfezionamenti — la maggior parte brevettati dieci e più volte — per cui il tentare di attribuire a ciascuno la parte che gli compete sarebbe lavoro improbo e di risultati assai incerti.

Ma fra i primi notevoli perfezionamenti apportati al differenziale, sentiamo tuttavia il dovere di citare quello dovuto a Daimler ed alla vedova Levassor (brevetto 291-515 del 7 agosto 1899). Tale perfezionamento consisteva nel fatto che invece di mettere l'asse nell'allineamento dei mozzi, lo si era collocato longitudinalmente sul prolungamento

del cardano. Il vantaggio che ne derivava era di sottomettere il differenziale a degli sforzi minori senza impedire o limitare il suo funzionamento; in più era possibile carrozzare l'assale ed era questo il principale scopo perseguito da Daimler.

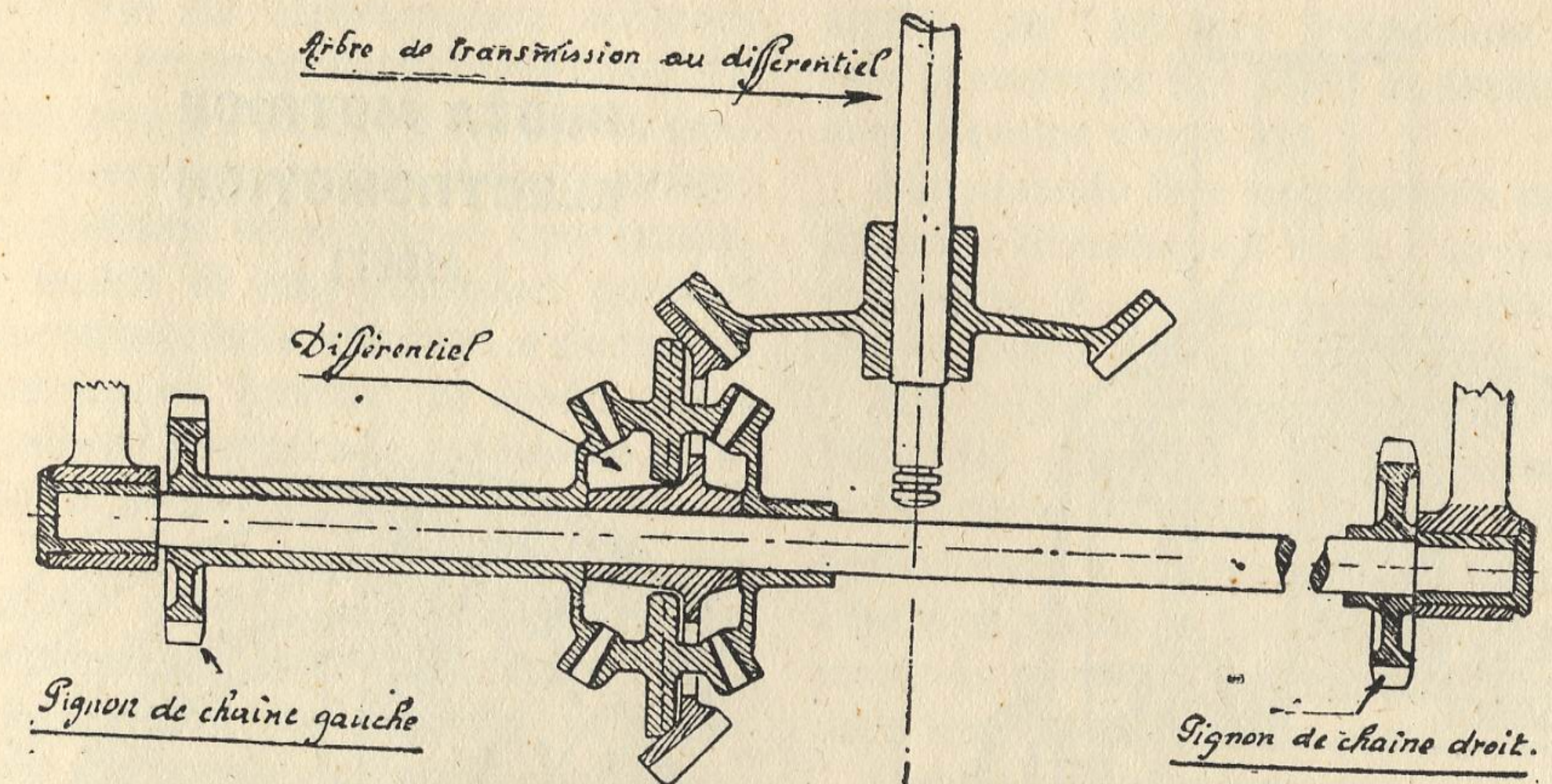
« Siccome gli assi delle ruote — dice egli — non concordano affatto con una linea orizzontale, ma fanno un certo angolo, è impossibile azionarli con un comando unico; occorre un meccanismo di comando speciale per ogni ruota ». E Daimler lo realizzò montando al centro del differenziale dei pignoni conici che comandavano rispettivamente gli alberi delle ruote con una stessa demoltiplica e con l'angolo di carrozzeria desiderato (Nota 34).

Interessantissime poi sono, per le loro caratteristiche di progettazione e di costruzione, le soluzioni meccaniche che troviamo, più avanti negli anni, nell'elettromobilismo.

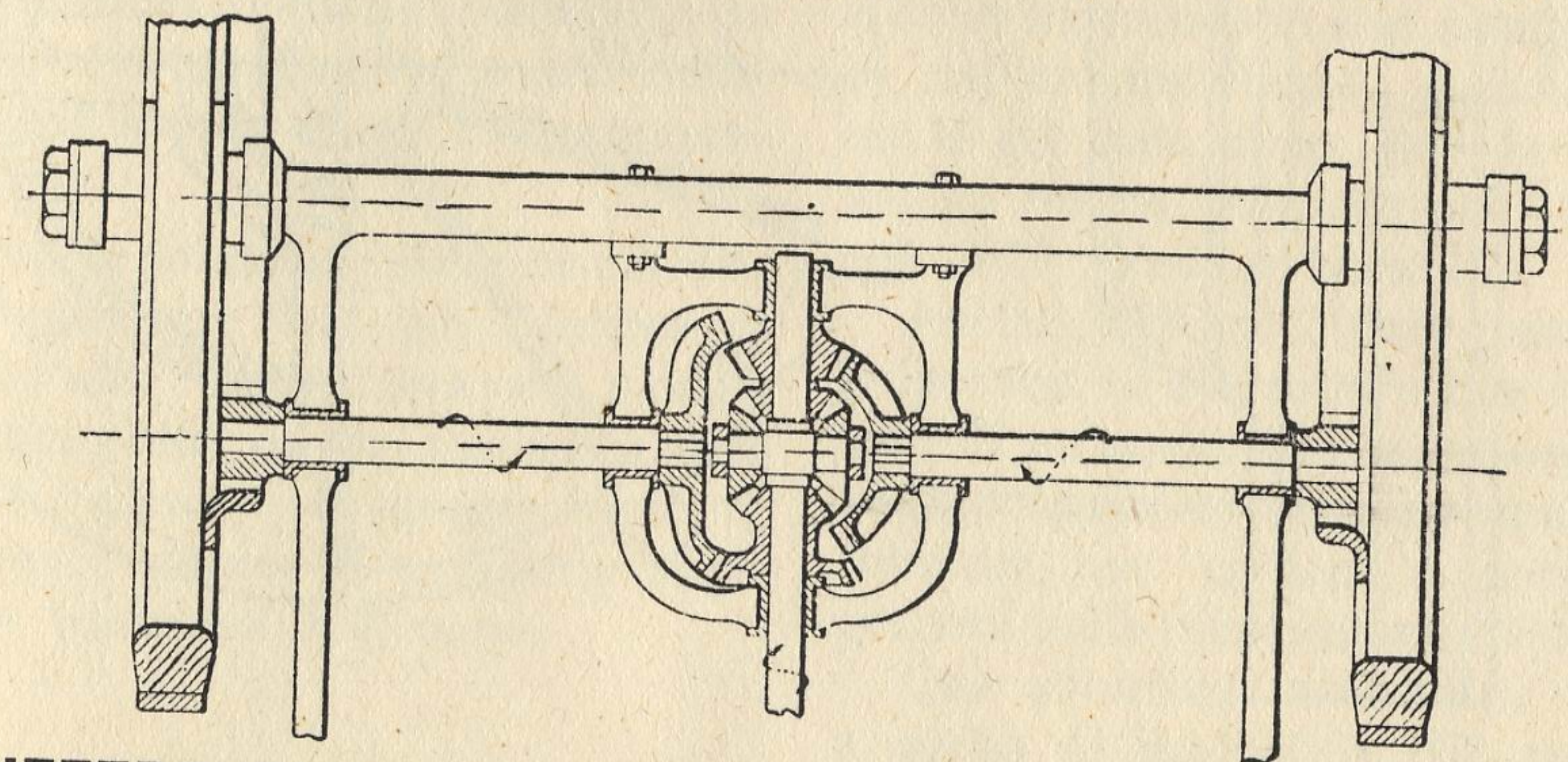
Al Salon dell'Automobile di Parigi del 1907 erano state presentate due vetture elettriche senza differenziale, che, per l'originalità delle soluzioni meccaniche che erano state affrontate, meritano un cenno.

La vettura mista costruita dall'*Electromotion* era azionata da un gruppo elettrogeno composto di un motore Westinghouse di 24 HP e di una generatrice autoregolatrice tipo Balachowski e Caire, montata come volante sulla estremità dell'albero. L'induttore era fissato e centrato sul prolungamento dell'asse a mezzo di due cuscinetti a sfere; esso comportava un avvolgimento a tamburo. Induttori ed indotti dei due motori erano poi adattati alle ruote motrici in modo che queste ultime avessero un minimo di ingombro e di peso ed un rendimento massimo.

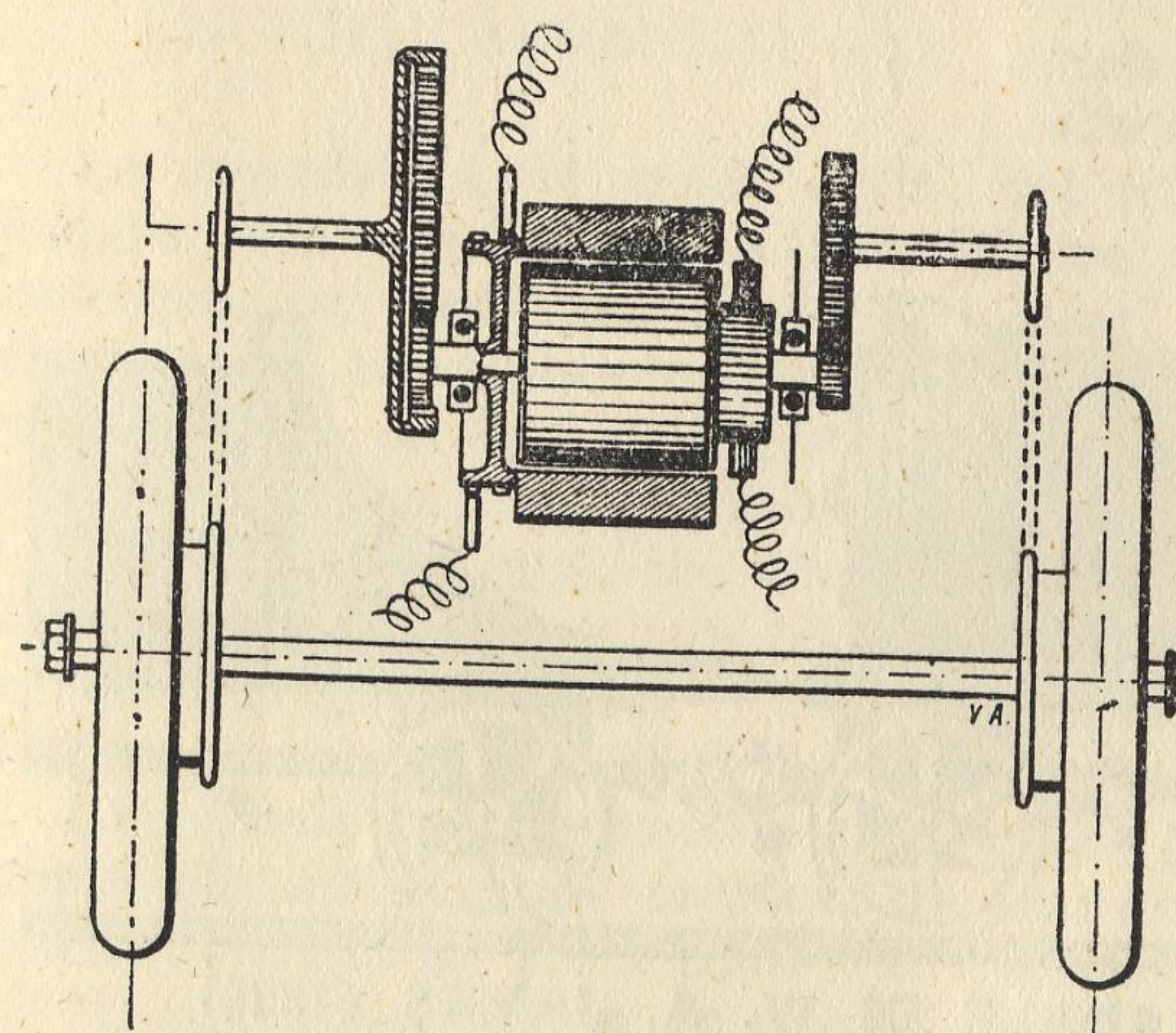
Invece le vetture Lavo pur com-



**SCHEMA DEL DIFFERENZIALE DI BOLLEE (1878)**

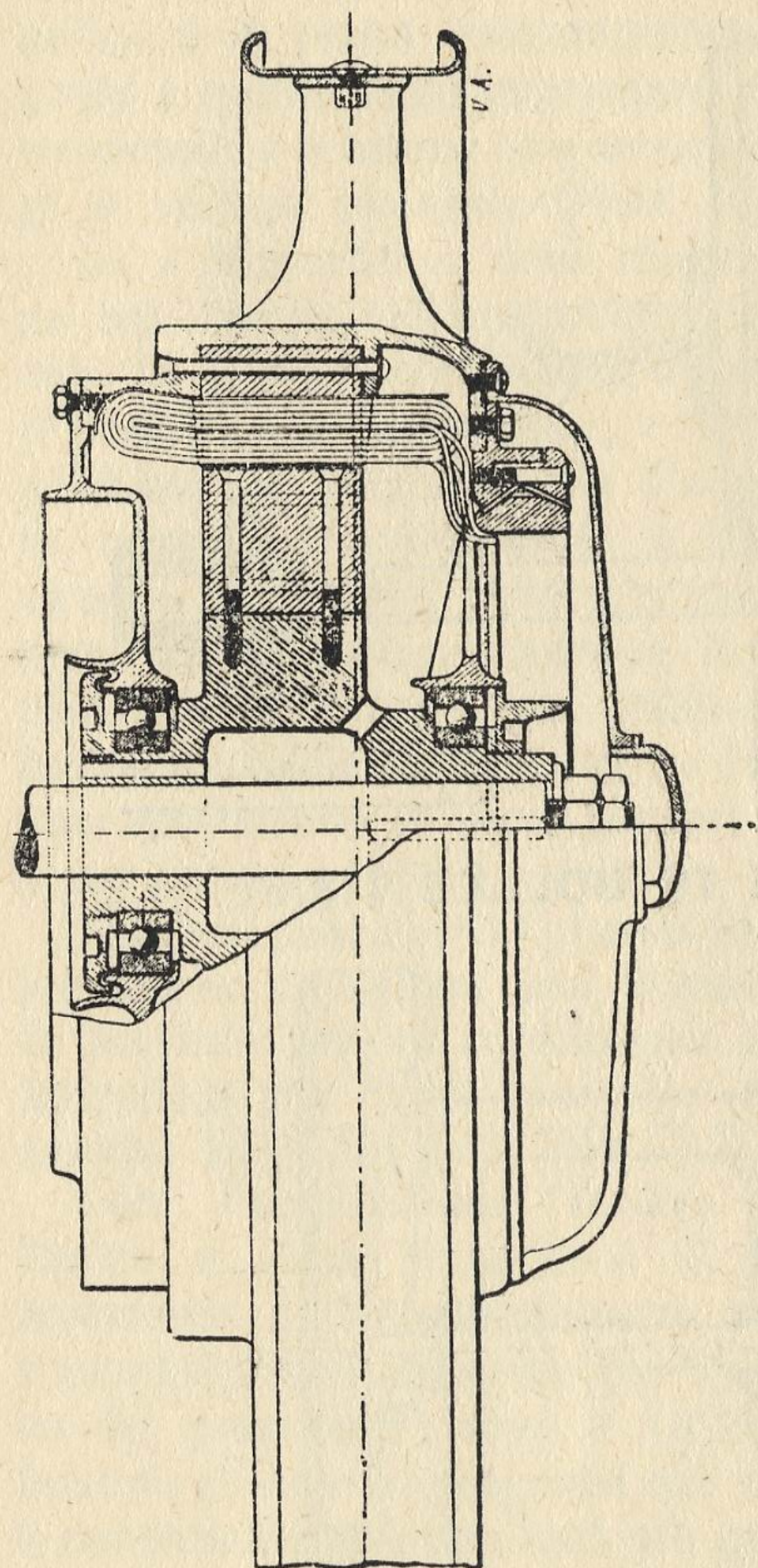


**DIFFERENZIALE DI DAIMLER E VED. LEVASSOR (1899)**

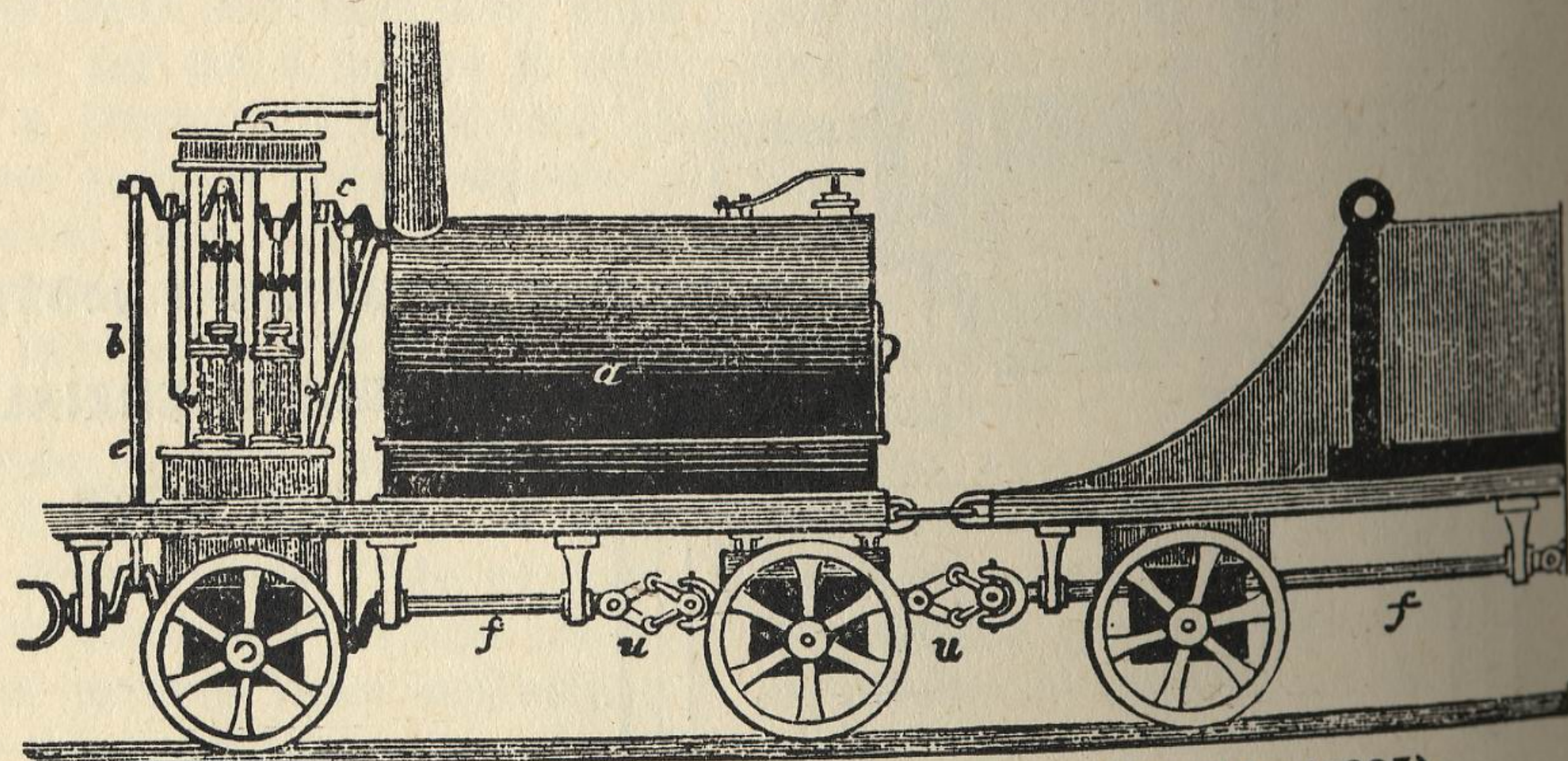
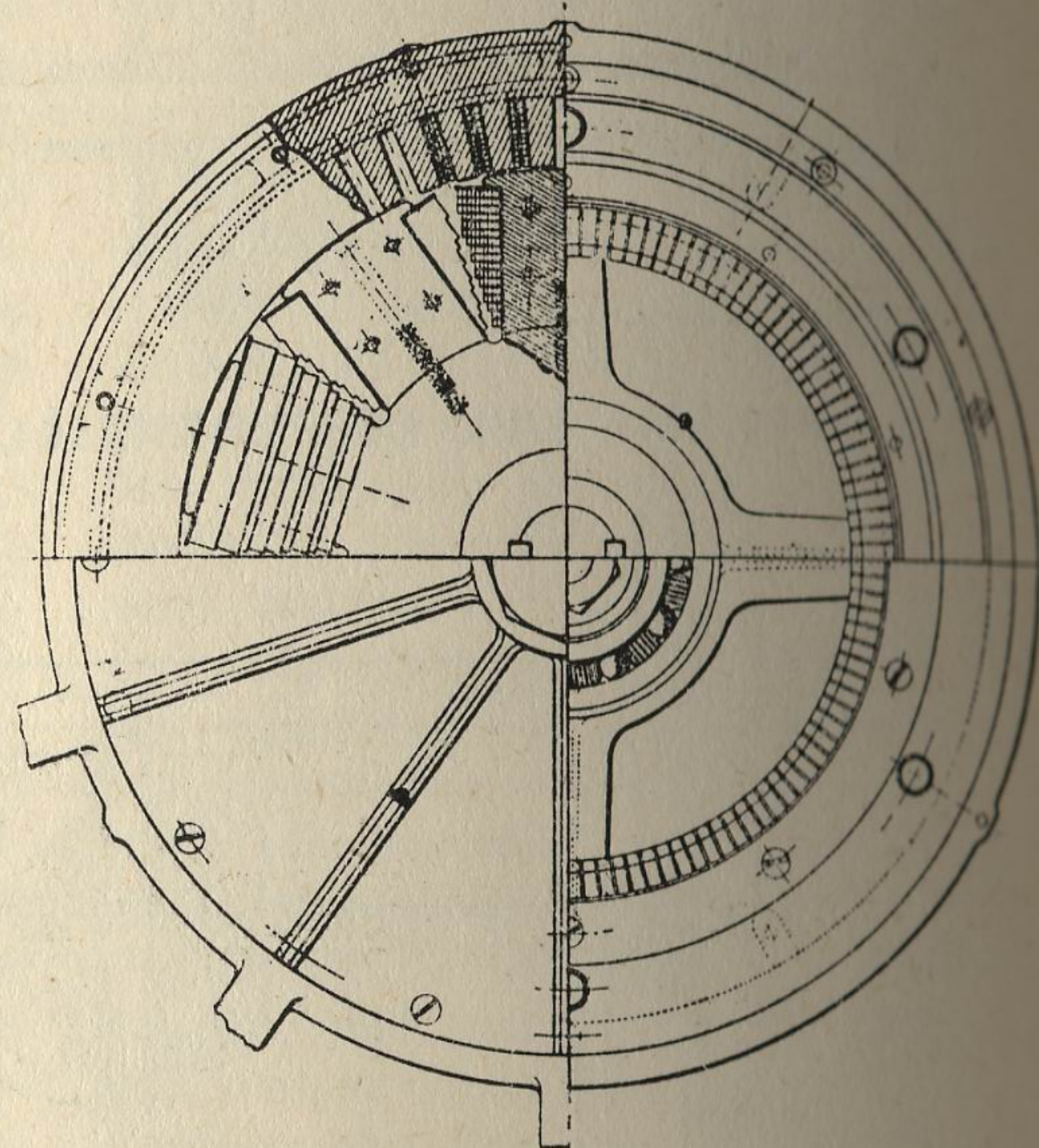


**IL GRUPPO MOTORE DIFFERENZIALE LAVO (1907)**





**RUOTA MOTRICE  
ELECTROMOTION  
(1907)**



**IL TRENO STRADALE DI W. A. JAMES (1825)**

portando una generatrice compound, avevano un elettromotore differenziale particolarmente ingegnoso. Lo induttore e l'indotto giravano in senso inverso attaccando individualmente ciascuno un semiassi trasversale, a mezzo di assi secondari portanti rispettivamente riduttori a dentatura esterna ed interna, in modo che i semiassi avessero la medesima direzione di movimento.

Si trattava di una soluzione geniale: vi era la soppressione del differenziale e le ruote erano meccanicamente indipendenti ed azionate da coppie forzatamente identiche, qualunque fosse la loro velocità relativa, giacchè l'azione e la reazione elettromagnetica dell'induttore sull'indotto erano evidentemente uguali.

Questa soluzione elettrica del differenziale era ben più corretta di quella che comportava un motore ad ogni ruota od un motore a due indotti, giacchè, in questo caso, vi è sempre rottura di equilibrio negli sforzi trasmessi alle ruote.

#### LO SNODO MECCANICO (GIUNTO CARDANICO)

La sospensione ad anello della bussola, nonostante che essa fosse conosciuta nel medio evo e nell'antichità — ne aveva avuto cognizione anche Filone da Bisanzio verso il 230 av. C. (Nota 35) — è attribuita — salvo qualche eccezione che la lega al nome di Hooke (Nota 36) od a Bohnenberger (Nota 37) — a Gerolamo Cardano (Nota 38).

La bussola con sospensione ad anello più antica che si conosca, è quella costruita da Hans Göbe nel 1571, oggi conservata in un Museo

di Dresda; la prima bussola con anello per miniere conosciuta è quella costruita nel 1636 da Baldassare Rössler (Nota 39).

Ma, quando la « sospensione cardanica » divenne un vero e proprio « snodo » o « giunto » meccanico, trasmettitore di moto e potenza?

Nel 1824 gli inglesi Burstall ed Hill (dei quali abbiamo già parlato nella storia del differenziale), nella loro vettura a vapore, prevedono un albero a giunto universale che permetteva, per rinvio d'angolo, di rendere motrici le quattro ruote.

Questa soluzione sembra costituire la prima apparizione del cardano e della trasmissione alle quattro ruote nell'automobilismo, giacchè, come è già stato detto, tale vettura a vapore venne costruita nel 1826 e nel 1827 (Vedere Nota 17).

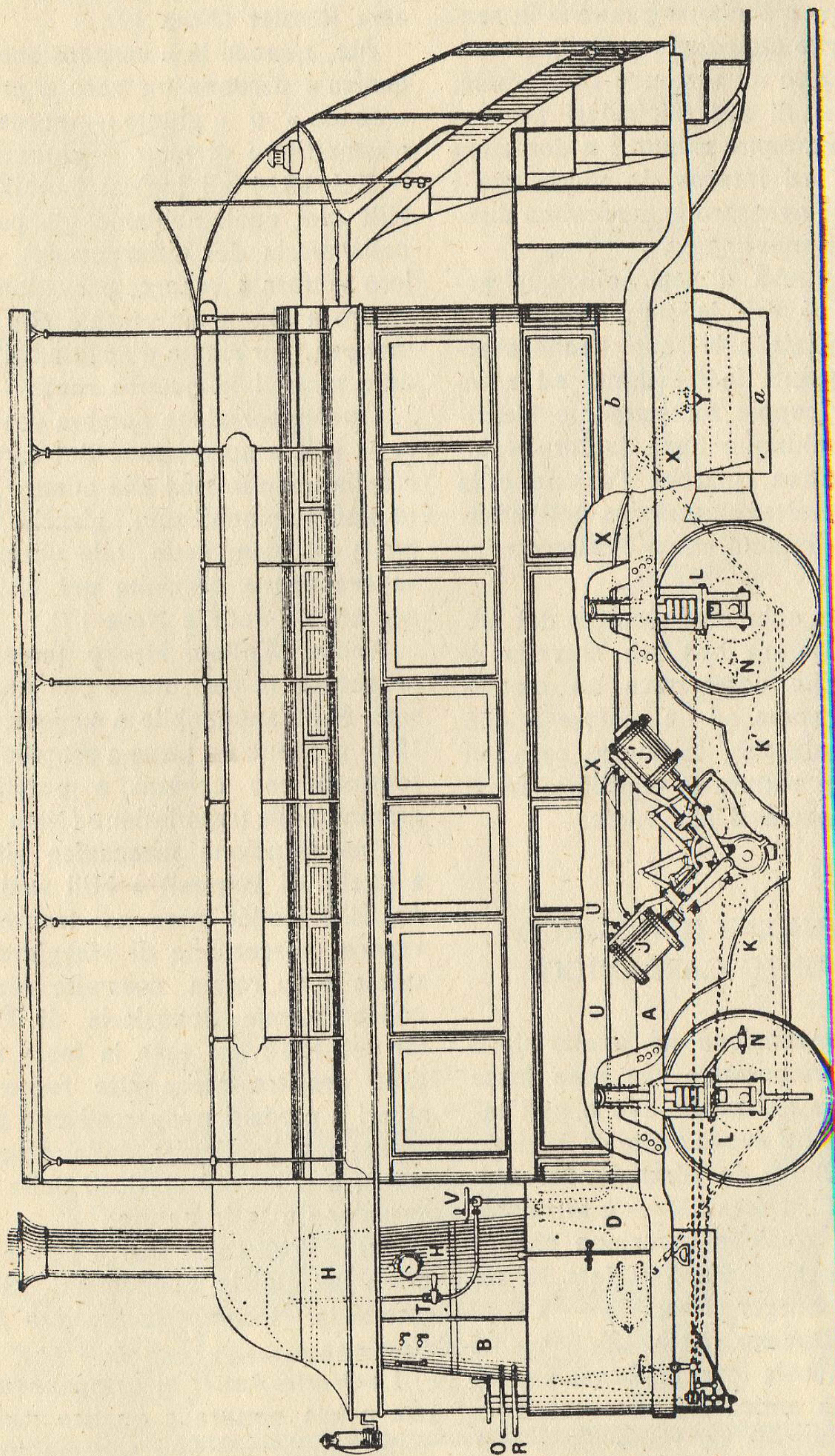
Anche William Henry James, il progettista (e costruttore con Anderson) di un'automobile a vapore, nel 1825 progetta un treno a propulsione continua con cardani e parallelogrammi nella trasmissione (Nota 40).

Una soluzione meccanica simile a quella di Burstall e Hill realizza Amédée Bollée père nel tranvai a vapore, suscettibile di viaggiare su strada e su rotaia, costruito con la collaborazione finanziaria di Dalifol nel 1876. In esso la forza motrice era trasmessa alle ruote da alberi a cardani trasversali che permettevano l'obliquità della direzione, le oscillazioni verticali della sospensione e la frenatura.

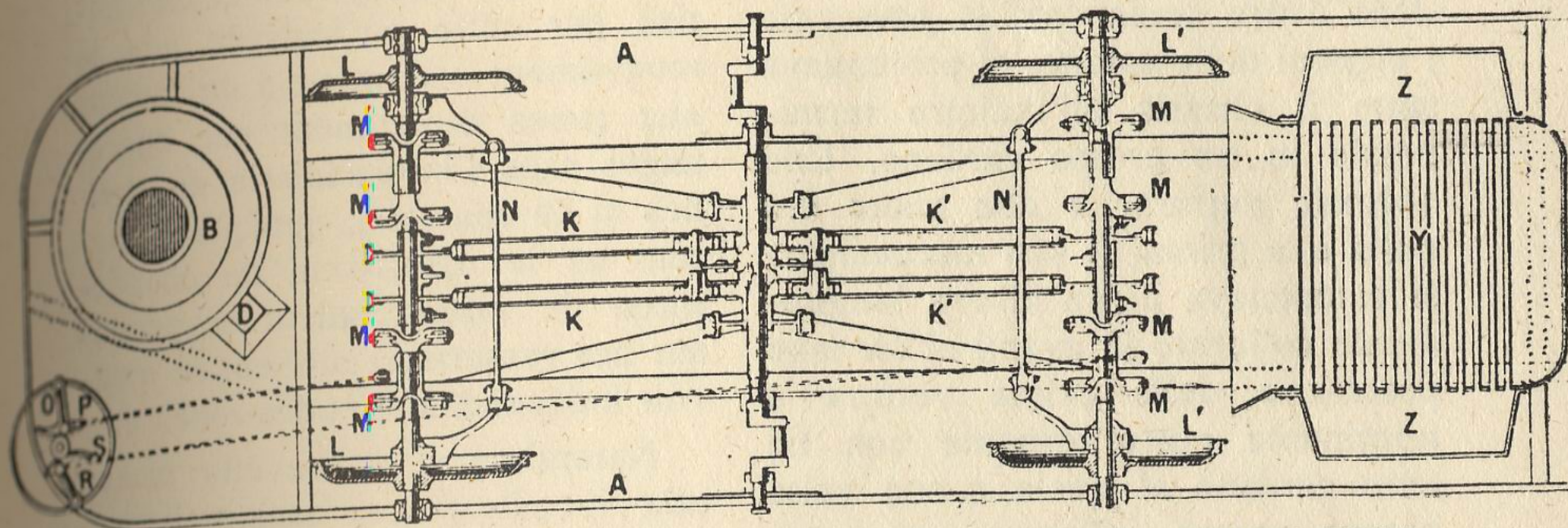
Anche l'idea del James venne ripresa dal Bollée quando nel 1879, costruì la « locomotive routièrre Marie-Anne ».

La Marie-Anne, si componeva di una prima vettura a quattro ruote, molto simile nel suo schema meccanico a « La Mancelle », ove l'al-



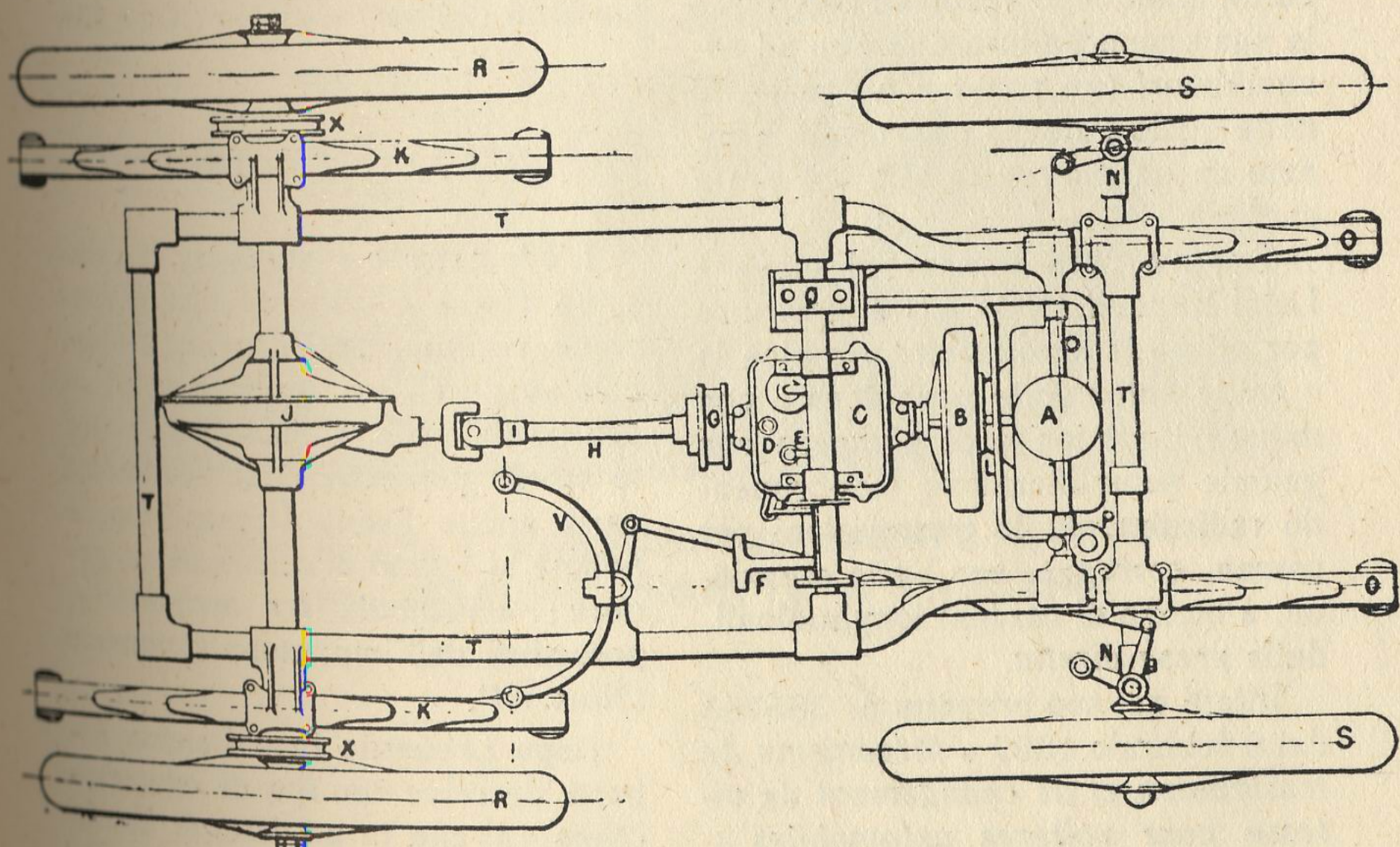


IL TRAMVAI A VAPORE PER STRADA E ROTAIA BOLLEE-DALIFOL (1876)



PIANTA DEL TRAMVAI A VAPORE PER STRADA E ROTAIA BOLLEE-DALIFOL (1876)

(M, M' sono i cardani trasversali)



L'AUTOMOBILE A « PRESA DIRETTA » DI RENAULT (1899)



bero di trasmissione longitudinale, dopo avere comandato al passaggio i pignoni delle catene, si prolungava sotto il chassis all'indietro terminando in un grosso cardano. Una seconda vettura, a due ruote era unita alla prima, il suo meccanismo si componeva di un albero longitudinale collegato in avanti al cardano posteriore della prima vettura e terminante posteriormente con un altro cardano al quale a sua volta poteva essere collegata una terza vettura. Le esperienze ufficiali di questa « locomotiva stradale » eseguite il 25-26 e 27 ottobre 1879 sotto la direzione del capitano di artiglieria Paul Naquet furono oltremodo conclusive (Nota 41).

Verso il 1893 anche De Dion Bouton brevettò e realizzò una trasmissione trasversale a cardano per l'attacco diretto, senza catena o cinghie, delle ruote motrici posteriori, ed un anno dopo Jeantaud costruì la sua prima vettura elettrica ad accumulatori (un phaeton a due posti) nella quale l'albero trasversale azionato da un motore di HP 4,4 era a cardano.

Doveva però toccare al giovane Luigi Renault (Nota 42) di costruire per primo la « voiturette » e cioè la « petite automobile pour deux » con motore De Dion e di giungere con geniale semplificazione (sopprimendo radicalmente le trasmissioni per catene, corregge, ecc.) alla creazione, a mezzo di cardani longitudinali, della presa diretta.

Infatti nel suo brevetto n. 285753 del 9 febbraio 1899 « Mécanisme de transmission et de changement de vitesse pour voitures automobiles », egli così si esprime: « Mon invention est relative à un mécanisme de transmission et de changement de vitesse applicable aux voitures au-

tomobiles de tous genres et caractérisé par cette particularité que le mouvement est transmis du moteur aux roues directement par engrenages sans l'intermédiaire de chaînes ni de courroies, quoique le moteur et le mécanisme de changement de vitesse soient suspendus sur des ressorts et puissent se mouvoir indépendamment des roues ».

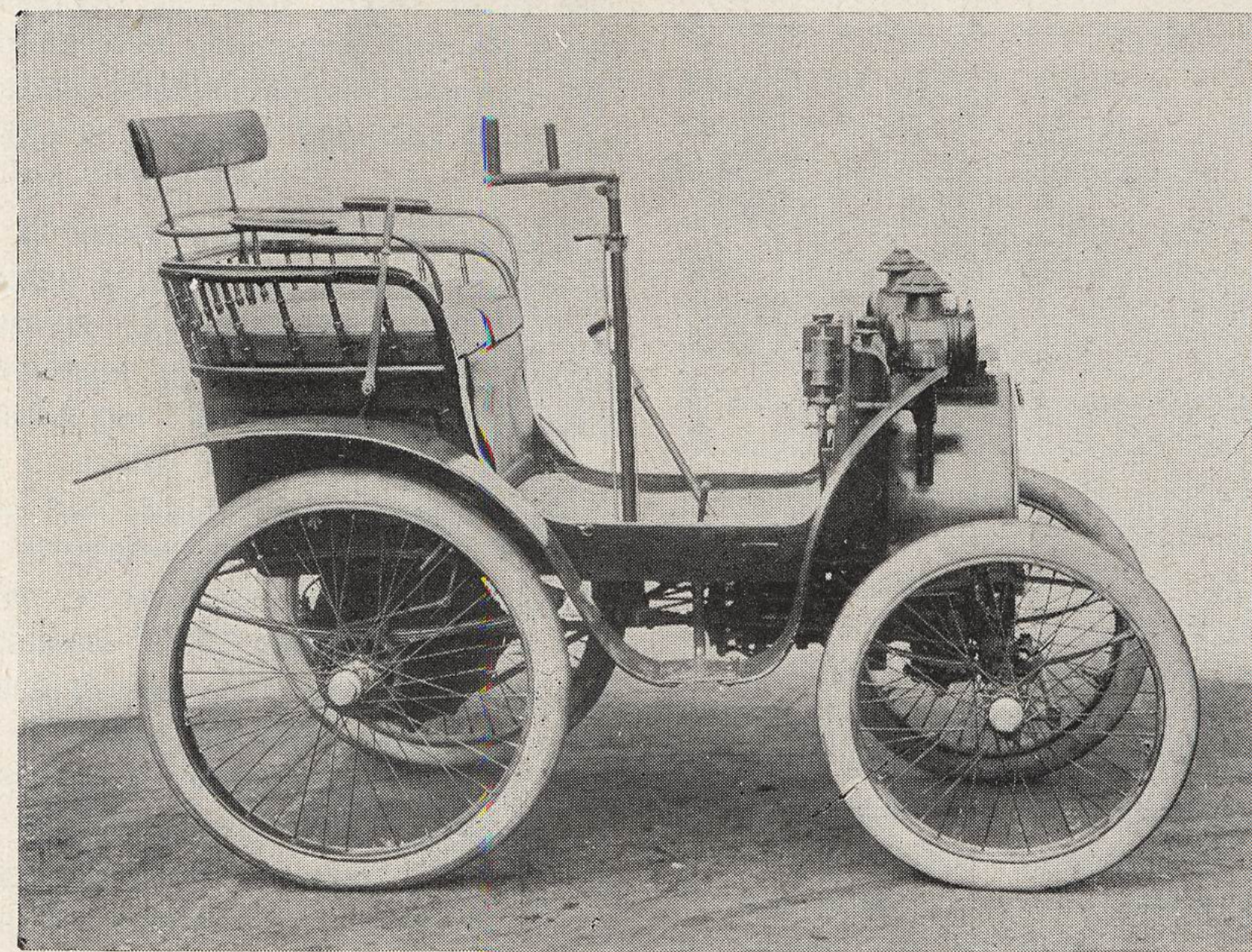
Naturalmente il brevetto faceva tale rivendicazione « sans se limiter strictement aux formes, dimensions, proportions, matières et détails accessoires de construction cités au présent mémoire ou représentés à titre d'exemple aux dessins ci joints ».

Tutti i giunti immaginati poi derivano dal medesimo principio anche se differiscono nei dettagli. Intendiamo riferirci ai dispositivi di Reuleaux, di Oldham (giunto olandese) e di altri ancora, che incontrarono un certo favore nei primissimi anni del nostro secolo (Nota 43).

#### GLI ODOMETRI

L'odometro o misuratore di cammino non è certamente una invenzione recente, se Vitruvio, un secolo avanti Cristo, descrive come un uso tradizionale il modo di misurare le strade percorse. E dell'odometro parla anche Erone Alessandrino, e notizie si hanno di veicoli di tal genere: « *vehicula iter metientia* », posseduti dall'imperatore Commodo (Nota 44).

Dopo Leonardo Leon Battista Alberti descrive un tipo di odometro (Nota 45) che fu poi detto di Ramsden; nel 1528 Fernel intraprende con un odometro la misurazione di un grado, ed altri odometri vengono costruiti nel 1598 da Paolo Pfinzing



L'AUTOMOBILE RENAULT (BREVETTO 1899) CON TRASMISSIONE DIRETTA A CARDANO



di Norimberga, da A. F. Zürn nel 1726, da G. Hohfeld nel 1765, da Edgeworth nel 1767 e da Catel nel 1783 (Nota 46).

Documenti sull'applicazione dell'odometro alle vetture troviamo invece numerosi in Italia. Dopo Leonardo, ce ne danno descrizioni A. Capra nel 1678, Roverelli e Galli nel 1694, oltre all'inglese Dollond ed al tedesco Treffler (Nota 47).

Più recentemente, nel principio dell'ottocento, il meccanico Andrea Galvani da Pordenone imagina un odografo scrivente mosso da un movimento di orologeria che all'Esposizione Industriale di Venezia del 1823 è premiato con una medaglia d'oro (Nota 48).

E' verso la metà dell'800 che troviamo i primi tassametri. L'11 dicembre 1848, la tedesca Maria Trener-Pape ottiene una patente di privativa per 25 anni per un odometro di controllo delle pubbliche vetture: ma ben maggiore successo ottenne il professore di musica W. F. Nelder di Berlino col suo *tassanomo* proposto il 22 agosto 1877, e che perfezionato nel suo congegno da F. Denker di Amburgo, nel 1885 divenne il tassametro.

Contro queste due realizzazioni, Lazzaro Weiller morto il 13 agosto 1928, vantava la priorità di avere per primo applicato il tassametro alle automobili.

## I CUSCINETTI A RULLI

Le ruote ed i rulli di legno o di metallo erano conosciuti anche dalle più antiche civiltà, e si sa che arieti giganteschi potevano essere manovrati agevolmente verso il 330 a. C. perchè operanti su rulli (Nota 49).

Ma la prima documentazione reale di rulli adoperati nell'antichità è stata trovata, fra gli altri oggetti, su una delle navi romane di Nemi, restituite al sole, com'è noto, circa dieci anni fa. Il ritrovamento di questo cuscinetto a sfere, avvalora l'ipotesi che già a quell'epoca fossero conosciuti i vantaggi dell'attrito volvente in confronto di quello radente. Si tratta dei relitti di un cuscinetto assiale di dimensioni considerevoli, e cioè di piastre di legno e di sfere di bronzo, queste ultime munite di perni. La piastra di legno inferiore era fissata e munita di un perno centrale il quale serviva anche per fissare la piastra mobile superiore. Le sfere di bronzo scorrevano negli incavi della piastra superiore alla quale erano fissate per mezzo di piccoli cavalletti di rame che permettevano ad essi di ruotare. Dalla direzione degli assi di rotazione delle sfere si è potuto concludere che esse, in quel cuscinetto assiale, erano 8 (Nota 50).

Documentazioni relative al periodo che va dal tempo di Roma al Rinascimento mancano totalmente. Dobbiamo giungere al 1556 per trovare nel libro di Agricola la descrizione di un dispositivo, invero molto primitivo, e ben lontano dalla perfezione raggiunta da Leonardo, atto a ridurre l'attrito (Nota 51).

E pochi anni dopo, l'italiano Ramelli in un libro documenta in molte incisioni in rame ove sono rappresentati diversi meccanismi (una pompa, un pozzo, un mulino a vento ed un verricello) un largo impiego di cuscinetti a rulli (Nota 52).

Nel 1710 De Mondrand, dell'Accademia delle Scienze di Parigi rende noto un suo progetto nel quale si vede la prima idea della rotaia, giacchè una carrozza da lui proposta



doveva essere sostenuta da ruote scorrenti su rotaie.

Nel 1716 l'orologiaio inglese Sully costruisce un orologio di marina per la designazione della posizione geografica in cui l'asse del bilanciante gira su rulli, e nel 1734-36 gli olandesi Von Natrus, Polly e Van Vuuren pubblicano un'opera sulla costruzione dei mulini, ove descrivono ed illustrano come devono essere adoperati i cuscinetti a rulli.

Finalmente il 12 agosto 1794 all'inglese Ph. Vaughan viene concessa una patente (N. 2006/94) di assi per ruote di vagoni pesanti e leggeri, ove si trovano dei veri e propri cuscinetti a sfere quali si possono intendere oggi.

La constatazione dell'attrito non era sfuggita nè ai costruttori, nè ai meccanici di ogni tempo.

Per ragioni ovvie non ci è possibile riportare per intero od anche in sintesi tutto il complesso materiale vinciano — il quale del resto è già stato esaurientemente studiato a fondo ed illustrato da quel noto leonardista che è il Prof. Marco-longo — ma diremo solo che Leonardo è stato il primo a considerare l'attrito in modo razionale ed a fare esperienze in proposito (Nota 53).

All'oscuro dell'opera leonardesca, gli storici attribuirono a Guglielmo Amontons i primi studi sperimentali sulle leggi dell'attrito, compiuti verso il 1699 (Nota 54).

A quello dell'Amontons, seguirono i lavori del Bulffinger, di Pietro van Musschenbroeck, Camus, Desaguliers, Bossut, Nollet, Ximenes, Edgeworth, De la Hire, Parent, Leibniz e di Charles-Augustin Coulomb, il quale ultimo eseguì esperienze classiche, che se furono condotte con maggiore accuratezza di quello di Leonardo, seguirono tut-

tavia i metodi da questi escogitati (Nota 55).

Il motore animale o meccanico, che aziona un veicolo qualunque, deve vincere parecchie qualità di resistenze che tendono ad opporsi alla marcia. Fu Morin, che ancora prima dell'apparizione delle automobili, studiò con maggiore serietà questo problema. Qualche studio aveva fatto anche Dupuit, ma un anno dopo, nel 1838, il Morin, continuando gli studi di Coulomb, giunse a risultati di attendibilità indiscutibile, che trovarono una piena conferma, quando, nel 1840, dopo avere costruito il suo dinamometro scrivente, potè controllare, registrandoli, tutti i coefficienti delle resistenze. Dopo Morin, altri contributi più completi e più moderni, perchè suffragati da maggiori possibilità di esperienza, furono apportati da Resal, nel 1873 da Debauve, ed indi da Tresca e da Clarke.

Dopo l'apparizione del pneumatico, nel 1896 e 97 A. Michelin, con un breack da passeggio a quattro ruote, effettuò tutta una serie di esperienze che avevano lo scopo di accertare l'influenza del pneumatico nel quadro delle resistenze generali e di stabilire i coefficienti di trazione. Questa prima, ed una seconda serie di esperienze, confermarono in pieno i risultati ottenuti da Morin (Nota 56).

#### LE CATENE

Anche le catene di trasmissione di moto e di forza disegnate da Leonardo, dovettero essere riinventate; ed oggi sono comunemente considerate come invenzioni di Vaucanson e di Galle (Nota 57).

## NOTE



NOTA 1.

« *Dà opra forte ad la geometria, impacientissimo al pennello* ». « *Insomma li suoi esperimenti matematici l'hanno distratto tanto dal dipingere che non può patire pennello* ». Dalle lettere di Fra Pietro da Nuvolara a Isabella d'Este. Ved. : *Arch. Stor. Arte*, Anno I, pag. 46, Roma, 1888.

« *Quando doveva attendere alla pittura, nella quale un nuovo Apelle riuscito sarebbe, tutto si diede alla Geometria, alla Architettura e Notomia...* ». Fra SABBA DA CASTIGLIONE: *Ricordi* - Venezia, 1551 - Ricordo CIX.

« *Un altro dei primi pittori del mondo sprezza quell'arte dov'è rarissimo, elli posto a imparar filosofia, nella quale ha così strani concetti e nuove chimere che esso con tutta la sua pittura non sapria dipingerle* ». « *Peccato! Di quanti capolavori di quell'arte nella quale « è rarissimo » non ci ha privati il grande pittore per quella sua mania di filosofare* ». CASTIGLIONE BALDESAR - *Il libro del Cortegiano*, Venezia 1528 - II, XXXIX. Vedere anche: CIAN: *Baldassare Castiglione e Leonardo* nel volume: *Per il IV Centenario della morte di Leonardo da Vinci* - Bergamo - Istituto Arti Grafiche, 1919, pag. 97.

NOTA 2.

SALOMONE REINACH in *Apollo*, vers. ital. - Bergamo, 1906, pag. 182. Ved. : CIAN: *Baldassare Castiglione e Leonardo*, già citato.

NOTA 3.

Ing. A. RADDI: *Leonardo da Vinci ingegnere*. In « *Il Politecnico* », Volume LXVII (1919)-XI, pag. 193.

NOTA 4.

Nob. GEROLAMO CALVI: *Osservazione, invenzione, esperienza in Leonardo da Vinci*. In « *Per il IV Centenario...* », già citato.

NOTA 5.

Nob. G. CALVI: *Abbozzo di capitolo introduttivo ad una storia della vita e delle opere di Leonardo da Vinci*, in « *Raccolta Vinciana* », Fasc. XIII - Milano, 1926-29.

NOTA 6.

Vedere nell'opera E. VERGA: *Bibliografia Vinciana* (1493-1930), Vol. 2 - Nicola Zanichelli, 1931-IX, le numerose opere e gli studi di Beck, Feldhaus, Hal-lam, Hart Ivor, Marcolongo, ecc. ecc.

In Italia il chiarissimo Prof. Roberto Marcolongo si è particolarmente occupato di Leonardo scienziato e sta completando i suoi studi vinciani coll'esame storico-critico delle moltissime invenzioni e scoperte di Leonardo già da parecchi anni iniziato. Vedere il volume: ROBERTO MARCOLONGO: *Memorie sulla geometria e la meccanica di Leonardo da Vinci* - Napoli, S.I.E.M., Stab. Industr. Edit. Meridion. - S. Giovanni Maggiore Pignatelli n. 2 - 1937, ediz. f. c. che include i seguenti studi:

ARTE E SCIENZA DI LEONARDO DA VINCI



(Estratto da *Rivista di Fisica, Matematica e Scienze Naturali* - Ser. II, anno IX, 225-233, 1935).

LE RICERCHE GEOMETRICO-MECCANICHE DI LEONARDO DA VINCI - *Memorie Società Italiana detta dei XL* (3), v. 23, pp. 49-100 (1929), Roma.

LA MECCANICA DI LEONARDO DA VINCI - *Atti R. Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche di Napoli* (2), 19, 1932.

IL TRATTATO DI LEONARDO DA VINCI SULLE TRASFORMAZIONI DEI SOLIDI - *Atti della R. Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche di Napoli* - Vol. XX, Serie 2, n. 9.

Vedere anche: Prof. R. MARCOLONGO: *Leonardo lo sapeva...* in « *Sapere* », Anno IV, Vol. VII, n. 73 del 15 gennaio 1938-XVI.

#### NOTA 7.

Prof. R. MARCOLONGO: *Arte e Scienza di Leonardo da Vinci*. In *Rivista di Fisica, Matematica e Scienze Naturali*, Sez. II, anno IX, 225-235 e 281-298, 1935 e *Memorie sulla geometria e la meccanica di Leonardo da Vinci*, Vol. in 8° gr. - Napoli, S.I.E.M., 1936.

#### NOTA 8.

Cfr. *Manoscritto H*, folio 67 r (Ravaisson VI). Vedere anche: ERMINIO TROILO - *Filosofia, vita e modernità*, Fratelli Bocca, Torino, 1906.

#### NOTA 9.

FRANCESCO ORESTANO - *Leonardo da Vinci* - Edizioni « *Optima* », Roma, 1919.

#### NOTA 10.

Vedere: *Relazioni sui concorsi a premi* (per il 1905) pubblicate il 4 ed il 25 aprile 1907 (Concorso al Premio Tomasoni) in « *Rendiconti* » del R. Ist. Lomb. di Sc. e Lett., Serie II, Vol. XL, 1907.

Purtroppo questo materiale è ancora inedito ed il pubblicarlo ora richiederebbe un non facile lavoro di aggiornamento. Tuttavia il Nob. Dott. Ignazio Calvi, che dal compianto suo padre ha ereditato la passione per gli studi vin-

ciani, non dispera di poter un giorno dare alle stampe i poderosi lavori ancora inediti compilati da quel grande leonardista che fu Gerolamo Calvi.

Il Nob. Gerolamo Calvi riprodusse poi il folio 296 V. a. del Codice Atlantico nel suo libro: *Vita di Leonardo* - Brescia - Morcelliana, MCMXXXVI.

#### NOTA 11.

Vedere: GUIDO SEMENZA: *L'automobile di Leonardo*, in « *Archivio di Storia della Scienza* » (Archeion) Vol. IX (1928) N. 1.

Questo articolo venne anche ristampato in « *estratto* » a tiratura ridotta.

#### NOTA 12.

Il meccanismo applicato dall'Hautzch ai suoi carri doveva essere quello dell'orologio, che, molto probabilmente, si doveva rimontare di volta in volta. Sembra che l'Hautzch, si servisse sovente della vettura per le sue corse nelle vie di Norimberga ed anche su strade accidentate. Questa vettura, che raggiungeva una velocità di due miglia all'ora, era notissima in tutte le contrade circostanti e le « relazioni » dell'epoca su Norimberga ne parlano come di una meraviglia. Essa venne poi venduta per 500 rixdalers al principe Carlo Gustavo di Svezia. (Cfr. GRAND-CARTERET - *La voiture de demain* - Paris, Charpentier, 1898, a pag. 24).

#### NOTA 13.

Notizia affermata dall'*Almanacco Reale* dell'epoca. Sulla carrozza tuttavia non viene fornito alcun dettaglio. (Cfr. GÉRARD LAVERGNE - *Manuel théorique et pratique de l'automobile sur route*. Vapeur - Petrole - Electricité. Paris, Librairie Polytechnique Ch. Béranger, 1900 a pag. 1).

#### NOTA 14.

*Catalogue of the drawings of Leonardo da Vinci in the collection of His Majesty The King at Windsor Castle* by KENNETH CLARK - Cambridge of the University Press. 1935 (al N. 12.701 del Plates Text).

#### NOTA 15.

Vedere: R. MARCOLONGO. — *La meccanica di Leonardo da Vinci* (pagg. 105-110) e *Memorie sulla geometria e la meccanica di Leonardo da Vinci* (pagg. 245-250) già citate. Cfr. Nota 1.

#### NOTA 16.

Fra la cospicua bibliografia vinciana di FRANZ FELDHAUS, ved.: *Leonardo, Der Techniker und Erfinder*. Vol. in 8° di 166 pagine con 9 tavole e 131 disegni nel testo. Jena. Diederichs. Edizioni del 1913 e 1922.

Per il THEODOR BECK vedere: *Leonardo da Vinci* (1452-1519) vierte Abhandlung: *Codice Atlantico*. Estratto da « *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure* », Berlino, 1906. In 4° di pagg. 29 con 202 disegni.

#### NOTA 17.

Vedere: R. GIACOMELLI: *Gli scrit-*

CODICE ATLANT.	EDIZIONE HOEPLI		NOTE
	TESTO	TAVOLE	
1 R a	Vol. I pag. 6	I	Misuratori di strade
4 V a	Vol. I pag. 74	XI	Carro con differenziale
40 R a		CXVIII	Martinetto doppio
288 R b		DCCCCLVIII	Sospensione cardanica
296 V a		DCCCCLXXXI	Carro motore con differenziale
312 V a		MXXXXIV	Carro con tachimetro
316 R b	Vol. VI pag. 1089	MLVIII	Sospensione cardanica
341 R c		MCXXXXV	Snodo meccanico
357 R a		MCCVII	Catene
359 R c	Vol. VI pag. 1198	MCCXVII	Martinetto semplice
376 R c	Vol. VI pag. 1270	MCCLXXXVII	Cuscinetti a rotelle

Per il *Manoscritto F*, vedere:

*Les Manuscrits de Léonard de Vinci publiés en facsimilés phototypiques avec transcriptions littérales traductions françaises, avant-propos et tables méthodiques* par M. Charles Ravaisson - Mollien - Paris, Maison Quantin.

I Manoscritti F e G sono stati pubblicati nel 1889 e nel 1890.

#### NOTA 19.

Le vicende dei manoscritti di Leo-

ardo hanno una bibliografia particolarmente ricca. Rimandiamo i lettori della presente monografia alla parte: *Fonti e scritti* dovuta ad ENRICO CARUSI della « voce » *Leonardo da Vinci* dell'« *Enciclopedia Italiana Treccani* » (la voce Leonardo da Vinci è stata pubblicata anche in estratto); ed all'articolo di ROBERTO MARCOLONGO: *La sorte dei manoscritti di Leonardo*, in « *Sapere* », N. 54 del 31 marzo 1937.

#### NOTA 18.

Per la compilazione di questa monografia ci siamo serviti del *Codice Atlantico* e del *Manoscritto F*.

Nell'edizione dell'Hoepli: *Il Codice Atlantico di Leonardo da Vinci nella Biblioteca Ambrosiana di Milano. Riprodotto e pubblicato dalla Accademia dei Lincei sotto gli auspici e col sussidio del Re e del Governo. Trascrizione diplomatica e critica di Giovanni Piumati*, edito dal MDCCCLXXXIV al MCMIV, che consta di 6 volumi di testo e 6 volumi di tavole, i disegni ed i passi di Leonardo da noi citati sono collocati come segue:

Entrambe le pubblicazioni sono meti-



colosamente accurate e danno nel breve spazio di poche pagine un quadro storico-cronologico completo delle vicende dei manoscritti vinciani.

Per altre maggiori e più esaurienti fonti, vedere nella *Bibliografia vinciana* del VERGA, già citata.

NOTA 20.

L. BAUDRY DE SAUNIER. — *L'automobile - Théorique e pratique*. Bibliothèque Omnia, L. Baudry de Saunier, éditeur, Paris. Cfr. Tome 2: le chassis (6° mille) pag. 197.

PASSEMANT CLAUDE-SIMON. Nato a Parigi nel 1702, morto nel 1769. Si occupò di scienze ed astronomia, ma è soprattutto conosciuto per i perfezionamenti apportati alla costruzione di apparecchi di ottica, telescopi, specchi, ecc. Nel 1749 presentò a Luigi XV una pendola astronomica sormontata da una sfera semovente. Questo capolavoro gli valse un posto al Louvre. Vedere fra le sue opere: *Description et usage des télescopes, microscopes, ouvrages et inventions de Passemant* (1763).

NOTA 21.

CHARLES DALLERY, meccanico di Amiens (1754-1845), aveva già costruito (secondo quanto ne scrisse suo genero, certo Chopin, nell'opera *Origine de l'elice... et de la chaudière tubolaire*, stampata nel 1855) verso il 1780 una macchina a vapore a forma di locomotiva. Cfr. « *La locomotion mécanique* » di Charles Dolfus nell'opera « *Histoire de la locomotion terrestre - La voiture, le cycle, l'automobile*. - Edizione de « *L'Illustration* », Parigi, 1936. (A pagina 224).

NOTA 22.

Il veicolo a vapore di BURSTALL ed HILL venne costruito e provato a Edimburgo nel 1826, poi a Londra nel 1827 con esito insoddisfacente data la debole potenza fornita dalla caldaia, che, poi, scoppiò distruggendo la gloriosa fatica dei due pionieri.

NOTA 23.

Cfr. *Histoire de la locomotion...*, a pag. 238 e l'opera del LAVERGNE a pag. 6; già citate.

NOTA 24.

Cfr. la seguente pubblicazione ufficiale: *Description des Machines et procédés spécifiés dans le brevets d'invention, de perfectionnement et d'importation*, 29-30 - Tome II.

NOTA 25.

Cfr. BAUDRY DE SAUNIER. - *L'automobile*, già citato, a pag. 197.

PECQUEUR ONÉSIPHORE. Nato in un villaggio del Pas-du-Calais l'anno 1792, morto a Parigi nel 1852. Figlio di contadini, appassionato per la meccanica. Entrato ventenne in una orologeria di Parigi, fece alcune invenzioni che gli ottennero di essere chiamato capo officina al Conservatoire d'Arts et Métiers. Tra le sue numerose e geniali invenzioni sono da ricordare, oltre il differenziale: la macchina a vapore a rotazione diretta, alcuni sistemi di lubrificazione, la ferrovia atmosferica e l'ergometro.

NOTA 26.

Cfr. L'opera del Lavergne, già citata, a pag. 11.

NOTA 27.

Cfr. *Description des machines...*, già citata, 55-56, Tome II.

NOTA 28.

Cfr. H. O. DUNCAN. - *The World on Wheels*. Vol. I, pag. 143.

Per l'esattezza della data del 1838 si renderebbe necessaria una verifica all'ufficio inglese dei brevetti.

NOTA 29.

Vedere le seguenti opere: WILLIS. — *Principles of mechanisms* - London, 1841.

ZEROLO. — *Manuel pratique d'automobilisme* - Garnier, Parigi, 1906.

Prof. R. MARCOLONGO. — *Mecanica razionale* - Manuale Hoepli, 3<sup>a</sup> Edizione. Hoepli, Milano, 1922. (Cfr. Vol. I, Cinematica - Statica, a pag. 50 in nota).

NOTA 30.

Bollée Ernest-Sylvain, nato a Clefmont (Alta Marna) nel 1814, fondò a Mans, nel 1842, una fonderia di campane alla quale aggiunse altre due industrie. Ebbe tre figli, dei quali il primogenito, AMEDÉE (nato nel 1844 e morto nel 1917) conosciuto in seguito col nome di Amédée Bollée père, pure collaborando a tutti i lavori meccanici della Casa, ed alla fusione di campane, si dedicò alla locomozione meccanica e nel 1872, a 28 anni quindi, intraprese la costruzione della sua prima vettura a vapore.

Il Bollée costruì anche parecchie altre vetture a vapore, ma qui è importante citare, fra le altre, le seguenti realizzazioni dovute alla sua genialità di inventore-costruttore:

1873 - sterzo speciale esatto (Obeissante).

1876 - quattro ruote motrici e direttrici; quattro ruote a sospensione indipendente; ruote motrici e direttrici comandate da alberi e cardani trasversali.

1878 - due ruote anteriori a sospensione indipendente e doppio comando di direzione; disposizione classica dei principali organi e della trasmissione.

1881 - prima guida interna.

Fonti esaurienti ed attendibili, oltre ai brevetti citati, sono gli articoli: A. CAPUTO - *A la recherche des antériorité* in « *Omnia-Revue pratique de l'Automobile* » N.116 Serie N. 117 del febbraio 1930, e G. DURAND - *Amédée Bollée père et l'automobile* in « *L'Ouest Sportif* », Anno XII, N. 162 del gennaio 1918, oltre alle note opere di Baudry de Saunier, Bonneville, De Souvestre, Grand-Carteret, ecc. ecc.

NOTA 31.

L'Obeissante era un breack a 12 posti del peso di kg. 4000. La caldaia a tubi Field, situata posteriormente (alimentata

da un inserviente appositamente addetto a questo servizio) forniva il vapore a due gruppi di due cilindri a V. Ogni gruppo comandava una ruota posteriore a mezzo di un cambio di velocità a trains baladeurs e di una catena la cui tensione era regolata da un denditore a vite che agiva sull'assale. Il conduttore situato in avanti, aveva sottomano: il volante di direzione, il robinetto regolatore, il freno, le leve dei cambi di velocità, e la leva di marcia indietro. Dei pedali potevano chiudere il vapore del motore di destra o del motore di sinistra. La potenza era di circa 20 HP e la velocità su buona strada era di 30-35 km./h.

NOTA 32.

Tale disposizione classica degli organi dell'automobile è stata quindi a torto attribuita ad Emilio Levassor.

NOTA 33.

STARLEY JAMES (nato ad Albourne, morto a Coventry nel 1881). Inventore inglese fondatore della industria della macchina da cucire ed indi di quella grande industria del ciclo e del triciclo ed accessori che, dalla località, prese appunto il nome di « Coventry ». Spese tutto il suo ingegno e la sua vita per questa industria e giustamente per ciò gli inglesi gli elevarono un monumento in Queen's Road a Coventry.

Per dati sulla vita di questo attivo industriale vedere:

SHARP - *Bicycles and tricycles*, Londra, 1896.

BOASE G. C. - *Dictionary National Bibliography*, Londra, 1898.

*Encyclopaedia Britannica*, 11<sup>a</sup> ediz., Vol. 7 e 25.

FORWARD E. A. - *Catalogue of the collections in the Science Museum*, Londra, 1926.

*Note on the development of the bicycle* in « *Nature* », 1931, N. 129.

NOTA 34.

Cfr. POL RAVIGNEAUX - *Les précurseurs* in « *La Vie Automobile* », 8<sup>a</sup> Annata, N. 330 del 25 gennaio 1908.



NOTA 35.

FILONE. Greco vissuto nella seconda metà del Secolo IV a. C. fu non solo valente architetto, ma anche un teorico della sua arte. (Cfr. Vitruvio, VII praet. 12 e Val. Max, 8, 12, 2).

Cfr. CARRA DE VAUX - *Le livre des appareils pneumatiques et des machines hydrauliques de Phylon de Byzance*, inserito in *Notices et Extraits* - Parigi, 1902-3, art. 56, p. 171.

NOTA 36.

HOOKE ROBERT. - Fisico, matematico e naturalista inglese, nato il 18 luglio 1635 a Freshwaker nell'isola di Wight, morto a Londra il 3 marzo 1703. Fece studi irregolari; ma, avendo fin dalla prima giovinezza rivelato singolari attitudinij meccaniche, fu nel 1662 nominato « curator of experiments » della Royal Society, di cui l'anno dopo fu fatto socio. Nel 1665 ebbe l'insegnamento della geometria nel Gresham College.

Numerosissimi sono gli strumenti sperimentali e i dispositivi meccanici da lui ideati o perfezionati (egli vantava un centinaio di invenzioni), ma l'irrequietezza con cui passava da un problema all'altro, e fors'anche lo scarso possesso di metodi matematici adeguati, gli impedirono di pervenire a risultati precisi e conclusivi.

NOTA 37.

Cfr. JOHN PERRY - *Mécanique appliquée*, Paris, Librairie Scientifique A. Hermann e Fils, 1915, a pag. 273 del Tomo II, in nota.

NOTA 38.

Vedere CARDANO - *De Subtilitate*. Lib. XVII - « Simili ratione inventum est, ut Caesaris sedes ita disponeretur, ut quounque situ constitueretur, ille immobilis ac commodè dum vehitur sedeat. Hoc tractum ex armillarum ratione, cum enim circuli tres chalybei constituentur, polis, sursum deorsum, ante retro, dextra ac sinistra, mobilibus cum plures non possint esse situs, necesse est ipsum in essedo quomodocunque agatur quiescere

perpetuo. Habet hoc aliquid tamen absimile lucernis, à quarum exemplo ducta est ratio. Circumuolutae enim tametsi patulae oleum nequaquà essundunt ».

NOTA 39.

Cfr. B. ROSSLER - *Speculum metallicum*, Dresda, 1700, a pag. 86 e N. VOIGTEL - *Geometria subterranea*, Vol. I, pag. 285.

NOTA 40.

Cfr. *Histoire de la locomotion terrestre*, già citata, a pag. 238

NOTA 41.

Vedere Note 30-31 e 32.  
L'idea del « treno stradale » è stata ripresa 25 anni più tardi sotto il nome di « train Renard », per cui, quello del Bollée, è quindi di una anteriorità manifesta.

NOTA 42.

Luigi Renault è nato a Parigi il 12 febbraio 1877 ed ha terminato il servizio militare nel 1898.

NOTA 43.

H. RODIER - *Automobiles - Vapeur, Pétrole, Électricité*, 14<sup>a</sup> Ed., Parigi 1907.

NOTA 44.

Cfr. VITRUVIO - *De Architettura*, libro X, cap. 9.

ERONE - *Della diottra o traguardo*, c. 34.

G. B. VENTURI - *Commentari sopra la storia e le teorie dell'ottica*, Bologna, Frat. Masi e C., 1814, Vol. I, 134-137 (c 34 della versione *Del traguardo* di Erone).

*Scriptores rei augustae*, cap. 8.

NOTA 45.

Cfr. L. B. ALBERTI - *Iudi matematici*, c. 18.

NOTA 46.

Cfr. FELDHAUS - *Die Technik der Vorzeit*, Leipzig, Berlin, N. Engelmann, 1914. (Col. 1038 e seguenti).

NOTA 47.

Cfr. ALESSANDRO CAPRA - *La nuova architettura familiare*, Bologna, 1678, a pag. 349.

MARCO GALLI - *Miscellaneo Matematico*, Parma, 1694.

GIUSEPPE BOFFITO - *Gli strumenti della scienza e la scienza degli strumenti*, Firenze, Seeber, 1929.

Odometri del bolognese Luigi Rovelli, dell'inglese Dollond e del tedesco Treffler sono conservati a Firenze nel Museo della Scienza.

NOTA 48.

Cfr. *Nuovo Dizionario Tecnologico di arti e mestieri*, alla voce « odografo » e RICCARDI PIETRO - *Cenni sulla storia della geodesia in Italia*. Memorie tre 1879-84 inserite nelle *Memorie Accad. Sc. Istit. Bologna*, 3<sup>a</sup> serie, X, 431-528; 4, IV. 441-506 e V, 586-602.

NOTA 49.

Cfr. W. JURGENSMeyer - *Die Wälzlager*, Berlin, Julius Springer, 1937 da pag. 1 a pag. 6; e più specialmente l'opuscolo « *Geschichte der Kugellager* » edito dalla ditta Fichtel e Sachs nel 1914.

NOTA 50.

Cfr. l'articolo « *Ett Kullager fram antiken* » a firma H (apparso sul N. 7 dell'anno 1930 della rivista « *Sfären* » della ditta S.K.F.) illustrato da 3 fotografie ed un disegno.

Per interessamento del Prof. Axel Boëthius dell'Istituto Svedese di Roma, il direttore della filiale S.K.F. di Napoli, sig. Rizzo, ricevette dal Prof. Antonielli del Museo Preistorico, il permesso di illustrare, sulla rivista « *Sfären* », il cuscinetto trovato sulle navi di Nemi. Il Prof. Antonielli ritiene che tale cuscinetto portasse una statua montata per scopi decorativi, la quale era resa girevole per meglio essere messa in mostra. E si crede che anche un buon numero di altre piccole statue, a bordo delle navi di Nemi, fossero montate su piastre girevoli mosse da un arganetto

idraulico, cosa divertente ed estetica ad un tempo.

Cfr. anche l'opera dello Jürgensmeyer citata.

NOTA 51.

Cfr. AGRICOLA - *De re metallica*, Basel, 1556.

NOTA 52.

Cfr. RAMELLI - *Le diverse macchine*, Paris, 1588.

NOTA 53.

Ved. MARCOLONGO - *La meccanica di Leonardo da Vinci*, già citata.

NOTA 54.

G. AMONTONS - *De la resistance causée dans les machines tant par les frottements des parties qui les composent que par la roideur des cordes qui on y emploie, et la manière de calculer l'une et l'autre*. Histoire de l'Acad. Royale des Sciences; année 1699, a pagg. 206-224.

NOTA 55.

Cfr. G. B. BULFFINGER - *De frictionibus corporum solidorum specimen*. Comm. Acad. Scientiarum Imperialis Petropolitanae, Tom. II (1727).

P. V. MUSSCHENBROCK - *Elementa physicae conscripta in usus academicos*. Lugduni Batavorum, 1<sup>a</sup> editio 1729, editio altera 1741.

FR. J. DE CAMUS - *Traité des forces mouvantes pour la pratique des arts et métiers avec une explications de vingt machines nouvelles et utiles*, Parigi, 1722.

J. T. DESAGULIERS - *Cours de physique expérimentale*, traduit par le R. C. Cezenas. Paris, 1751.

J. A. NOLLET - *Leçons de physique expérimentale*, Parigi, 1734 e 1745.

LEON XIMENES - *Teoria e pratica delle resistenze de' solidi ne' loro attriti*, Pisa, Firenze, 1782.



Nel 1797 Edgeworth fece delle esperienze sull'influenza del diametro delle vuote in relazione agli ostacoli da superare giungendo a conclusioni molto interessanti. I suoi studi sono pubblicati sulle « *Transazioni dell'Accademia Reale d'Irlanda* ».

Per i lavori di De la Hire e Parent cfr. *Histoire de l'Acad. Royale des Sciences*. Anni 1699-1704 e 1712.

Il matematico Leibniz nel 1710 fece parecchi studi sugli attriti e prese in esame specialmente il problema dell'attrito dei rulli. Questi studi furono resi noti da Von Leupold nel suo libro « *Machinenbuch* » (1724-27) nel quale sono descritte le lezioni del Leibniz.

C. A. COULOMB - *Théorie des machines simples en ayant égard au frottement de leurs parties et à la roideur des cordes*. Paris, 1821.

NOTA 56.

Per le ulteriori classiche esperienze, condotte dopo il Coulomb da J. Morin e G. Wertheim, cfr. : *Manuale enciclopedico della Ingegneria moderna* nel volume I della Hutte, Milano, Hoepli, 1926.

Cfr. anche RODIER - *Automobiles*, già citata, a pagg. 9-10-11 e 12.

NOTA 57.

DE VAUCANSON JACQUES. Meccanico francese nato a Grenoble il 25 febbraio 1709, morto a Parigi il 21 novembre 1782. Visse a Grenoble fino al 1735 e passò poi a Parigi dove studiò meccanica, musica, anatomia. Nel 1748 fu nominato membro dell'Accademia delle Scienze di Francia e nelle *Memorie* di questa Accademia pubblicò la descrizione dei suoi meccanismi.

GALLE, il medagliere parigino, disegnò questo tipo di catene verso il 1832.

## INDICE



I - LA SCIENZA DI LEONARDO	Pag. 9
II - LEONARDO E L'AUTOMOBILE	19
Il carrello automotore ed il differenziale	22
Il giunto meccanico articolato	25
Le catene	26
I cuscinetti a rulli	26
Gli odometri	26
I martinetti	28
La pompa centrifuga e la forma aerodinamica	28
III - DOPO LEONARDO	29
Storia del differenziale	32
Lo snodo meccanico	43
Gli odometri	46
I cuscinetti a rulli	47
Le catene	48
NOTE	49

INDICE