

# RASSEGNA TECNICA

*La "Rassegna tecnica", vuole essere una libera tribuna di idee e, se del caso, saranno graditi chiarimenti in contraddittorio; pertanto le opinioni ed i giudizi espressi negli articoli e nelle rubriche fissate non impegnano in alcun modo la Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino*

## Il traffico ferroviario: situazione attuale e prospettive per il futuro

*LUIGI MIRONE esamina l'evoluzione dei traffici su rotaia, viaggiatori e merci, negli ultimi quarantacinque anni, e quelli su strada nell'ultimo decennio ed analizza le rispettive caratteristiche. Dagli elementi messi in tal modo in evidenza trae alcune previsioni di grande massima sulle future prospettive delle due categorie di traffici, accennando anche brevemente all'interferenza su di esse dei trasporti aerei, delle nuove autostrade e dei trafori alpini di prossima attuazione.*

È noto che in quasi tutte le Nazioni le aziende ferroviarie stanno attraversando anni assai critici, fenomeno che ha la sua più appariscente manifestazione nella quasi generale passività dei bilanci.

È altresì noto che le cause di tale situazione vengono in gran parte attribuite all'imponente e progressivo intensificarsi dei trasporti su strada, sia di persone che di cose, ed alla concorrenza tariffaria e di comodità di servizi che questi trasporti sempre maggiormente cercano di fare a quelli ferroviari.

Può avere quindi interesse esporre sommariamente, con particolare riguardo all'Italia, quale sia la situazione attuale dei traffici su rotaia e su strada e quali prospettive essi presentino per i prossimi anni.

Per inquadrare meglio le cose ho ritenuto utile mettere in evidenza l'evoluzione nel tempo dei traffici su rotaia e analizzare le variazioni delle loro caratteristiche, spingendo l'indagine a molti anni indietro e cioè a poco dopo il passaggio delle ferrovie allo Stato.

Non ho preso in considerazione i dati del periodo interessato dall'ultimo conflitto, e cioè degli esercizi finanziari dal 1939-40 al 1944-45, sia per la scarsa attendibilità dei rilevamenti statistici di tali anni, sia perchè in essi il traffico ha risentito di circostanze e di fenomeni così eccezionali che poco interesse avrebbero oggi i suoi elementi quantitativi e qualitativi,

anche se esattamente conosciuti. Mi è sembrato infine opportuno riferirmi soltanto ai parametri essenziali e più espressivi e cioè al numero annuale di viaggiatori e di viaggiatori-chilometri per il trasporto delle persone, di tonnellate e di tonnellate-chilometri per quello delle merci.

I grafici della tavola 1 rappresentano, dall'esercizio finanziario 1912-1913 a quello 1956-1957 l'andamento dei viaggiatori e dei viaggiatori-chilometri.

Possiamo subito notare che fino alla vigilia dell'ultimo conflitto (esercizio 1935-36) e cioè per oltre sette lustri (poichè già nei primi anni del secolo il fenomeno aveva queste dimensioni) il numero dei viaggiatori, a parte oscillazioni di non grande entità, si è mantenuto praticamente allo stesso livello, intorno cioè al centinaio di milioni all'anno.

Ma dal 1935-36 al 1938-39 i viaggiatori aumentano rapidamente fino ad oltre 160 milioni e appena ultimata la guerra la salita riprende e si incrementa fino ad oscillare nei quattro esercizi ultimi (1953-54 - 1956-57) intorno ai 400 milioni.

Il quantitativo, che per quasi un quarantennio si era mantenuto presso a poco costante, si è, in circa vent'anni, quadruplicato.

Ciò, nonostante il contemporaneo e ancor maggior incremento dei viaggi su strada.

Anche nel primo dodicennio dell'altro dopoguerra si era veri-

ficato un incremento nel numero dei viaggiatori, ma in misura di gran lunga minore e cioè limitato a meno del 30 %, corrispondente per altro, in buona parte, all'aumento del territorio nazionale e, conseguentemente, della rete ferroviaria e dei potenziali utenti.

A tale incremento inoltre fece seguito, in concomitanza della nota crisi mondiale verificatasi intorno al 1931, un sensibile regresso che ridusse per parecchi anni il numero dei viaggiatori a valori di poco superiori a quelli dell'anteguerra.

Una flessione si nota in verità anche ad un certo punto di questo dopoguerra. Infatti il valore toccato nell'esercizio 1955-56 (402 milioni di viaggiatori) ha subito nell'esercizio successivo (1956-57) un regresso di circa il 5 % non recuperato in quello 1957-58 che sta per chiudersi.

Ma siamo sempre su quantitativi ben superiori a quelli del 1938-39.

Passando al grafico dei viaggiatori-chilometri si rileva immediatamente che esso ha un andamento alquanto differente da quello dei viaggiatori, poichè sin dall'inizio è decisamente e continuamente in salita e tale perdita fino al 1926-27 e cioè per circa 25 anni (dato che l'incremento era già in atto all'inizio del secolo), passando da circa 5 miliardi a più di 8.

Si mantiene, presso a poco, su 8 miliardi per un triennio, scende in seguito fin verso i 6 miliardi



Portiamo ora la nostra attenzione sulle esigenze degli utenti e chiediamoci cosa oggi il pubblico reclama con maggiori insistenze, superiori spesso anche a quelle relative a trasporti a basso prezzo.

Per i viaggi delle persone sono essenzialmente richieste: velocità commerciali sempre maggiori; buone garanzie di sicurezza; comodità sempre più estese; distribuzione delle corse nelle 24 ore tale da impegnare il meno possibile i normali periodi di lavoro.

Possono i trasporti di persone su strada migliorare decisamente l'attuale situazione nei riguardi di tali esigenze?

Molti dubbi subito si affacciano. Dobbiamo infatti riconoscere che la velocità commerciale dei mezzi su strada sta rasentando, se pure non li ha già raggiunti, quei limiti oltre i quali solo piloti di eccezione potrebbero forse cimentarsi. Quando la sicurezza dei viaggiatori è affidata esclusivamente alla rapidità dei riflessi di un guidatore, mi sembra utopistica la speranza di andare molto oltre le velocità attuali, anche se gli organi meccanici e le gomme lo permettessero.

L'impressionante aumento degli incidenti stradali, rafforza purtroppo questa opinione.

È altresì assai difficile che le comodità offerte oggi dalle autovetture e dagli autobus possano sensibilmente migliorare ed offrire, per esempio, la possibilità, durante il viaggio, di lavorare, di leggere, di muoversi, di pranzare

e di dormire con sufficiente confortevolezza.

Queste stesse difficoltà limitano grandemente le percorrenze su strada durante le ore dei pasti e notturne, e cioè proprio in quelle che molti desiderano utilizzare per gli spostamenti.

Ben diverse possibilità restano invece ancora ai mezzi ferroviari rispetto alle medesime esigenze, e se esse vengono soddisfatte con una certa gradualità è per motivi di natura assai più finanziaria che tecnica.

Può anzi affermarsi che dal punto di vista puramente tecnico e guardando anche a realizzabili provvedimenti del tutto innovatori, sono lontani i limiti per le velocità commerciali, il grado di sicurezza, le comodità e la razionale distribuzione degli orari, raggiungibili nei viaggi su rotaia, specie a medio e a lungo percorso.

Ampio cammino resta dunque ancora a disposizione della ferrovia nel miglioramento del trasporto delle persone ed infatti la maggior parte delle Aziende si sono mosse o stanno muovendosi in questo senso con tutta una serie di rinnovamenti e di sostituzioni che vanno dall'aumento del peso, della robustezza e della continuità dell'armamento, al graduale abbandono della trazione a vapore, sostituita da quella elettrica dei più recenti sistemi sulle linee a grande traffico e da quella Diesel di vari tipi sulle linee di medio traffico (è recente la notizia che l'Olanda ha completata que-

sta sostituzione su tutti i 3200 km della sua rete); dalla estensione dei così detti mezzi leggeri (elettromotrici ed elettrotreni, automotrici ed autotreni), all'adozione dei più perfezionati impianti di segnalamento e di sicurezza; dalla generalizzazione dei comandi e dei controlli centralizzati (che fa persino intraprendere l'esperimento di treni messi sotto il comando di posti a distanza, senza cioè alcun macchinista sulla locomotiva), alla abolizione dei passaggi a livello o almeno alla integrale protezione automatica di essi; dall'estensione delle possibilità di riposare con sufficiente comodità nelle ore notturne e di prendere in treno pasti di tipo normale, all'aumento della confortevolezza complessiva dei veicoli.

Anche in quella particolare categoria di viaggi brevi alla quale ho già accennato e cioè al trasporto quotidiano di grandi masse di operai, di impiegati e di studenti, da far giungere al mattino ai grandi centri nel breve spazio di meno di 2 ore, e da ricondurre nel pomeriggio alle località di dimora in un intervallo poco più ampio, è molto probabile che la preminenza resterà ai mezzi su rotaia, per un insieme di ragioni, non limitate al solo costo, che sarebbe troppo lungo enumerare.

L'allungamento infine della percorrenza media che, come abbiamo visto, si sta in questi ultimi anni delineando, nonostante il continuo accrescersi dei brevi viaggi di massa dei quali si è ora ora detto, denota una maggiore tendenza ad utilizzare la ferrovia per i viaggi a grande e a media distanza.

Mi sembra quindi non troppo azzardato prevedere che il traffico viaggiatori su rotaia è destinato nei prossimi anni, e forse per un periodo non breve, più ad incrementarsi che a regredire.

Questo pronostico presuppone, evidentemente, che le abitudini e i gusti del pubblico permangano quali si sono particolarmente manifestati in questo dopoguerra.

Alludo soprattutto al desiderio generale di muoversi e di evadere dal proprio ambiente, che caratterizza la vita sociale degli ultimi tempi.

L'umanità continuerà ad essere dominata da questo stato di irrequietudine o ad un certo punto subentrerà un maggior raccoglimento? Un evento del genere non sarebbe nuovo e non può quindi escludersi senz'altro, ma si svolgerebbe certamente in modo graduale e nel giro di molti anni: possiamo quindi trascurare di considerarlo in previsioni riferite ad un futuro non molto lontano.

Passando al traffico delle merci, le richieste della utenza riguardano essenzialmente, oltre che favorevoli e semplici tariffe, la diminuzione dei termini di resa, sia attraverso l'aumento della velocità commerciale dei convogli, sia, e soprattutto, attraverso lo snellimento e l'acceleramento delle operazioni iniziali, intermedie e finali dei trasporti; l'attuazione di pratici servizi così detti « da porta a porta »; la riduzione delle probabilità di avarie durante il viaggio, e durante le manovre e le manipolazioni.

Occorre riconoscere che per soddisfare queste esigenze i trasporti su strada non troveranno nel complesso, anche nel prossimo futuro, difficoltà maggiori di quelli ferroviari: è quindi prevedibile che la concorrenza fra i due sistemi perdurerà assai vivace e senza sostanziali variazioni negli andamenti dei quali i vari grafici che ho illustrato hanno fornito qualche idea.

Da parte di tutte le Aziende ferroviarie è in corso un intenso lavoro per giungere a soddisfare il più possibile, anche nel campo specifico delle merci, le richieste della utenza, ed in particolare quelle che ho dianzi accennato, sia rivedendo il congegno delle tariffe e delle modalità di spedizione e di ritiro, sia estendendo e perfezionando i vari dispositivi atti a trasportare e ritirare i carichi o i colli presso i clienti, sia ammodernando e meccanizzando le operazioni negli scali e nei magazzini, sia attuando largamente moderni sistemi di movimento dei carichi e di composizione dei treni nelle grandi stazioni di smistamento.

Tutti questi provvedimenti sono ovviamente destinati più a mantenere alla rotaia i traffici merci che per loro natura le sono

propri, che ad annientare la concorrenza stradale: infatti il problema non è oggi di eliminare altre forme di trasporto concorrenti, ma di cercare che ciascuna abbia la parte che le compete nel quadro generale dei traffici.

Desidero a questo punto chiarire che nelle varie considerazioni sul traffico ferroviario specie delle merci ho inteso riferirmi più ai valori relativi fra i due traffici su rotaia e su strada che ai rispettivi valori assoluti.

In altre parole il prevedere che la concorrenza dei trasporti delle merci su strada continuerà ad essere assai vivace, non significa pronosticare che il quantitativo assoluto di quelli su rotaia regredirà e neppure che segnerà il passo, e ciò anche per il fatto che il volume del traffico delle merci, come può vedersi nei grafici che ho illustrato, è assai più sensibile di quello del traffico dei viaggiatori alle oscillazioni della attività economica generale e alle vicende favorevoli o sfavorevoli delle industrie e dei commerci.

Se il periodo più o meno regressivo che stiamo attraversando lascerà il posto ad una serie di anni di espansione d'affari, anche nei traffici merci ferroviari si verificherà certamente, sia pure nei campi che sono più ad essi specifici, una dilatazione che sarà tanto più ampia quanto maggiormente nel frattempo le Aziende ferroviarie si saranno attrezzate a competere con la concorrenza stradale.

Non ho presi di proposito in considerazione i trasporti aerei di viaggiatori e di merci poichè mi sembra improbabile che essi, almeno per un certo numero di anni, possano esercitare verso quelli terrestri una consistente concorrenza.

Neppure ho voluto accennare alle ripercussioni che l'istituzione del Mercato Comune Europeo potrà avere sui trasporti, su strada e su rotaia e sul loro complesso, poichè previsioni su questo argomento sono oggi assai difficili, date le molte incertezze che ancora regnano sulle modalità pratiche di funzionamento e sugli effetti generali di detto Mercato.

Qualche cosa invece penso si possa intravedere circa l'influen-

za che i vari trafori Alpini, di già iniziata, di imminente o di prossima costruzione, avranno sui trasporti internazionali.

Per considerazioni di vario genere, è probabile che queste nuove gallerie in un primo tempo sottrarranno alle ferrovie, più che altro, un certo numero di viaggiatori, particolarmente nelle stagioni invernali ed intermedie, ma ritengo che non tarderanno ad essere utilizzate, se le condizioni tecniche di esercizio si confermeranno favorevoli soprattutto nei riguardi della ventilazione e della percorribilità invernale degli accessi, anche da numerosi autotreni con buon traffico di merci.

Vi è infatti da attendersi qualcosa di analogo a quanto accade sui valichi dell'Appennino, dove, ad esempio, quello della Collina, elevantesi a circa 900 metri sulla pianura e sovrastante la direttissima Bologna-Firenze, ha la sua strada, di tracciato tutt'altro che favorevole, percorsa giornalmente da centinaia di autotreni e di autocarri pesanti, che trasportano ogni anno circa un milione di tonnellate di merce.

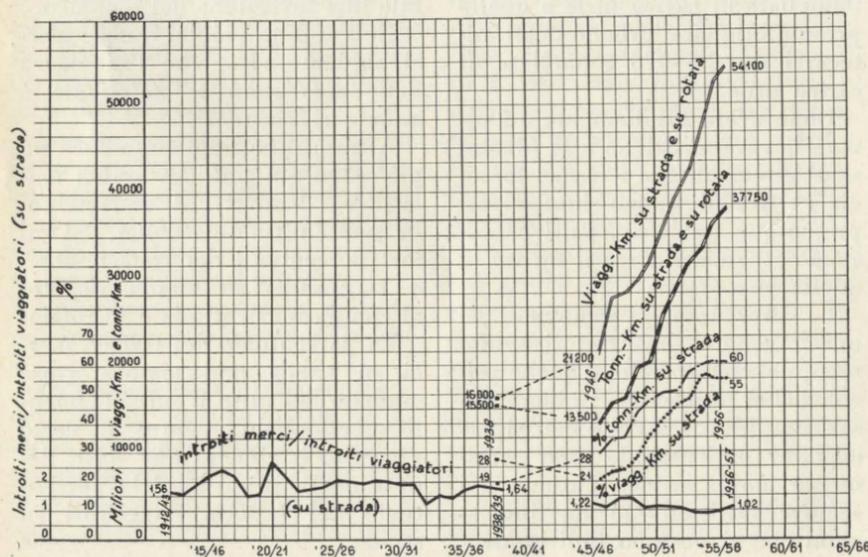
Previsioni non dissimili sono da farsi nei riguardi delle varie autostrade in costruzione e in progetto.

Quali conclusioni generali possiamo trarre da questa rapida e incompleta rassegna di dati e di fatti?

Ritengo di non peccare di avventatezza affermando che, almeno per molti anni, la ferrovia rappresenterà ancora un elemento essenziale ed indispensabile della attività umana e che essa pertanto ha tuttora vive ragioni di sussistere e anche di svilupparsi. E lo sviluppo sarà tanto più fiorente, quanto più le Aziende avranno cura di accertare con pronta e attenta vigilanza, le zone di attività che sono o potranno diventare attinenti alla rotaia e in tali direzioni insisteranno nei perfezionamenti tecnici ed organizzativi, nelle semplificazioni amministrative e procedurali, nelle comodità e in ogni altro miglioramento che una costante ricerca farà individuare fra quelli suscettibili di rendere più graditi alla clientela i servizi che le si offrono.

Luigi Mirone

Fig. 3



# Trafori alpini

VITTORIO ZIGNOLI esamina acutamente i problemi connessi con la costruzione e l'esercizio di gallerie alpine autostradali, e come questi problemi, fino a pochi anni or sono ritenuti a ragione o a torto pressochè insolubili, si possano brillantemente risolvere con le moderne tecniche.

È l'Ingegneria ferroviaria che or sono ormai molti anni ha indicato ai costruttori stradali l'unico metodo corretto per superare coi traffici di massa l'inesorabile barriera che l'arco alpino innalza fra la nostra Patria e l'Europa.

Se una cosa stupisce, più del meditato ardire dei precursori, dell'Intendente di Dogana Medail che nel 1841 spediva da Bardonecchia al piccolo Parlamento Subalpino la proposta ambiziosa di forare il Cenisio per collegare direttamente il Piemonte con la Savoia, allora piemontese, degli Ingegneri Sommeiller, Grandis e Grattoni che quella proposta tradussero in un progetto eseguibile e ne assunsero l'esecuzione, creando dal nulla una nuova tecnologia per la quale apprestarono metodi, apparecchiature, macchinario, introducendo per la prima volta nella tecnica la perforatrice ad aria compressa, inventata dal Sommeiller; più ancora del coraggio col quale il Piemonte, auspice ed animatore il genio di Cavour, si assunse l'onere di ben 70 milioni di lire di allora pari a circa 20 miliardi di lire attuali, per facilitare, durante l'inverno, la comunicazione fra due provincie del piccolo Stato, è il ritardo col quale quella lezione degli Ingegneri ferroviari venne messa a profitto dai tecnici e dagli economisti dei trasporti stradali.

Quando, appena dopo la guerra, io andai in Valle d'Aosta per studiare le possibilità di aprire, mediante una galleria alpina, un varco verso l'Europa in quella valle chiusa per tanti mesi dell'anno dalle nevi degli alti passi, non ancora si pensava ad una galleria stradale, ma piuttosto a prolungare la ferrovia di Pré S. Didier oltre il confine, passando sotto le Alpi.

Alcune difficoltà, sia tecniche che economiche, mi convinsero subito che non era possibile risolvere praticamente il problema che ripiegando su di una galleria autostra-

dale, e poichè allora di altre soluzioni analoghe ancora non si parlava, almeno da questo punto di vista posso considerarmi, molto modestamente, un precursore.

Da quell'epoca però molti altri progetti, più o meno completi, di trafori alpini autostradali sono stati proposti, non soltanto per la Valle d'Aosta ma per tutto l'arco delle nostre Alpi.

Nel Convegno di Stresa che, per il primo tema, si intitolava alle grandi strade europee per il traffico internazionale, si può dire che tutti gli interventi furono esclusivamente dedicati al problema dei trafori, a partire da quello del Colle Croce per finire, dopo quelli del Cenisio, del S. Bernardino, dello Spluga, del Gottardo, ecc., con quello del Brennero.

Non penso interessi ora dettagliare tutte queste proposte e i vantaggi che ogni proponente assegna alla sua; in linea di massima e per quello che può valere la mia modestissima opinione, io penso che tutti quelli capaci di spezzare l'isolamento della nostra Patria verso il grande mercato europeo, che malgrado remore e irrigidimenti dovrà per necessità di vita domani o dopo pur realizzarsi, converrà vengano eseguiti.

Siccome però questi trafori interessano tutta l'Europa, ché, come accennavo nella mia relazione a Stresa, nel progetto di una autostrada fra Hannover e Amburgo, la zona d'influenza di quell'arteria nordica si disegna prolungata fino a Reggio Calabria, e siccome ancora i progetti economici in atto per lo sviluppo della viabilità europea fra le nazioni che fanno parte del progettato mercato comune superano i 5000 miliardi di lire, sembra logico che ogni partecipante destini almeno l'uno per cento di quella cifra ad un contributo comune per sbloccare quelle vie senza uscita fra Nord e Sud e fra Est ed Ovest che saranno le

nostre e le altrui strade cozzanti contro la catena alpina.

Più interessante può essere forse soffermarci un poco sulle difficoltà tecniche che, malgrado la grande lezione di coraggio e di tecnica dataci dagli Ingegneri ferroviari italiani del Frejus e della grande galleria dell'Appennino, ci rendono pensosi nell'affrontare il progetto delle grandi gallerie alpine autostradali.

Prima di tutto, poichè la tecnica non va mai, purtroppo, disgiunta dall'economia, il costo.

In linea di grande massima una galleria autostradale appena sufficiente per due opposte correnti di traffico implica una spesa media di un miliardo di lire al km.

Questo naturalmente ammettendo che non sopravvengono imprevisti eccezionali che impongono avanzamenti lenti e gravosi.

Una soluzione molto allettante, che prima si presenta alla mente del progettista, è quella di ricorrere alla ferrovia anche per il traffico automobilistico.

Il primo progetto di una grande galleria alpina da me studiata, per eliminare la spesa d'impianto e d'esercizio della ventilazione e per ridurre la sezione di scavo al minimo sufficiente per il passaggio di una sola corrente di traffico guidata, prevedeva l'uso di due treni elettrici costituiti da tante piattine basse articolate ma continue, correnti a cento km all'ora in direzione opposta con scambio a metà percorso.

Questa soluzione, nel suo genere molto interessante, perché con treni lunghi 100 metri consentirebbe di portare nei due sensi, in gallerie di 12 km di lunghezza, da 60 a 80 autoveicoli all'ora, utilizzando sezioni di 30 mq al massimo, e riducendo al minimo il costo della ventilazione, disgraziatamente non risponde in pieno né alle necessità del traffico turistico, né al desiderio dei turisti, né ad even-

tuali necessità strategiche, per cui dovette essere scartata.

Taluni proposero dei trasportatori a nastro, il cui costo sarebbe però eccessivo, o anche delle semplici catene o funi trascinatrici alle quali agganciare automaticamente gli automezzi.

La soluzione funicolare di questo problema non è di per sé impossibile, sebbene certamente molto difficile data la lunghezza del percorso e il gran carico da trascinare. Però ritengo impossibile dare ad un trasportatore del genere una velocità superiore ai 3 metri al sec. e in tal caso per superare 12 km occorrerebbe, tenuto conto delle manovre, perdere almeno un'ora e mezza, il che costituisce una permanenza in galleria che risulterebbe certamente sgradita.

Del resto il risparmio in questo caso, si limiterebbe soltanto ad una parte della ventilazione, non alla riduzione della sezione, ma indubbiamente la spesa d'impianto e d'esercizio dei due trasportatori per versi opposti supererebbe notevolmente il maggior costo prevedibile per la ventilazione della galleria autostradale.

Non resta quindi altra via che ricorrere ai sistemi classici delle gallerie autostradali esistenti; prevedendo due piste di metri 3,50 per il caso di traffico non eccezionale senza sorpasso, due gallerie parallele unidirezionali con due piste caduna per il sorpasso nel caso di grande traffico.

Esaminerò rapidamente gli elementi fondamentali di progetto e di costruzione.

Per quanto riguarda il progetto i dati fondamentali sono:

## 1) L'ubicazione.

Essa va scelta tenendo presenti tre necessità più economiche che tecniche. Anzitutto occorre che il passo si possa percorrere agevolmente e con sicurezza anche d'inverno con autotreni. Ciò implica la costruzione delle strade d'accesso in valli aperte e soleggiate, lontane da pericoli di valanghe, slavine e frane, la scelta della quota di valico ad altezza non eccessiva per evitare ai transitanti i pericoli del blocco da parte di improvvise tormentate e della crosta di ghiaccio (verglas).

Ciò concorda del resto anche con la necessità di ridurre le lunghezze virtuali ché se gli autoveicoli da trasporto per passare debbono raggiungere quote prossime ai duecento metri, risulta molto più economico e sicuro utilizzare le ferrovie.

Per questo penso che le ferrovie, come fanno del resto quelle di un Paese nostro vicino, farebbero bene ad incoraggiare l'apertura di quelle gallerie autostradali di valico che salgono fin verso i 1900 metri, esse saranno percorse d'inverno soltanto da qualche solitario e spericolato automobilista e non potranno in alcun modo fare la concorrenza al trasporto ferroviario.

La seconda necessità è che la galleria congiunga due zone economicamente attive.

La terza che il traforo non presenti, a priori, difficoltà di esecuzione quasi insormontabili, provenienti o dall'instabilità del terreno attraversato, o dal pericolo di massicce infiltrazioni d'acqua a causa di laghi o fiumi sovrastanti.

Per questa ragione, ad esempio, e per la notevole lunghezza necessaria per restare ad una quota accettabile, cioè attorno ai 1300-1400 metri, ho scartato, nella mia lontana gita nella valle d'Aosta, la soluzione consistente in una galleria sotto il Piccolo S. Bernardino, che richiederebbe uno sviluppo di 20 km almeno in terreno in buona parte morenico e certamente soggetto a notevoli e potenti infiltrazioni da parte del bacino imbrifero sovrastante.

Per quanto mi riguarda io rimango dell'opinione che non convenga, per le gallerie autostradali destinate ad un traffico discreto, salire a quote superiori ai 1400 metri e sempre che le strade d'accesso si svolgano in valli aperte e soleggiate.

## 2) Profilo della galleria.

Generalmente nei trafori alpini non è possibile, data l'altezza della montagna sovrastante, poter contare su più dei due avanzamenti classici partenti dagli imbocchi.

Nei casi comuni perciò occorre predisporre il profilo della galleria, in modo che esso risponda egualmente bene alle necessità del

traffico e a quelle dell'avanzamento durante la costruzione.

Pur riconoscendo le grandi risorse che la tecnica moderna mette a disposizione dei costruttori, io ritengo sia ancora del tutto sconsigliabile un avanzamento in discesa o in piano. Malgrado ogni più rosea previsione la galleria può sempre essere improvvisamente invasa da un vero fiume d'acqua, si arrivò a 10.000 litri al sec. al Mont d'Or.

Vi è inoltre un'altra ragione che obbliga a tenere l'avanzamento in salita con la pendenza minima del 2,5 per mille circa. È molto raro che i due avanzamenti avvengano con la stessa velocità. Differenze negli imprevisti portano a differenze notevoli d'avanzamento per cui se veramente le due squadre partite dai due imbocchi dovessero incontrarsi a mezza via, come sempre si prevede in progetto, quella che arriva prima, magari molto prima, dovrebbe fermarsi ad attendere l'arrivo della seconda, perdendo un tempo prezioso e rendendo inutile una costosa attrezzatura di macchine e di uomini.

È quanto avvenne durante il traforo del Sempione. L'attacco nord partente da Briga raggiunse il punto d'incontro molto prima di quello sud e non volendo attendere inutilmente si dispose ad avanzare in contropendenza, ma le difficoltà risultarono così gravi che dopo pochi disgraziati tentativi fu giocoforza arrestarsi e attendere i ritardatari.

Per evitare questa iattura è necessario che la direzione dei lavori modifichi il profilo della galleria man mano essa avanza dai due lati, in modo da spostare, secondo gli avanzamenti rilevati, il punto d'incontro, e ciò può farsi mediante una spezzata di pendenze successivamente ridotte, ma per poter fare ciò occorre che la pendenza minima di progetto lo consenta. Ecco perché non si scende mai, di solito, sotto il 2,5 per mille in sede di progetto.

La pendenza massima, che si deve adottare quando i due imbocchi non sono alla stessa quota, deve restare possibilmente attorno al 2,5-2,6 per cento, per evitare eccessiva formazione di CO, riduzione di velocità, e mancanza di

aderenza sul suolo eventualmente viscido (non gelato, perché il calore delle gallerie alpine, evita assolutamente la formazione di ghiaccio, contrariamente a quanto avviene invece nelle gallerie artificiali, da questo lato pericolosissime).

Come risulta dalle mie pubblicazioni sulle lunghezze virtuali delle varie livellette per gli autoveicoli italiani, sulla pendenza del 2,6 % si può in massima considerare che, in salita, la velocità si riduca del 18 % circa per le autovetture, del 28 % per gli autocarri e del 50 % per gli autotreni, si rimane perciò largamente nei limiti di velocità massima consentita nelle gallerie che, in base a dati sperimentali, io calcolo di 40 km/h.

### 3) Forma della sezione.

Essa dipende anzitutto dal traffico previsto. La soluzione che consiste nell'adozione di periodi alternati unidirezionali, ancora usata in certe strade montane, ad esempio nel tratto più alto della strada del Gran S. Bernardo in territorio svizzero per il passaggio delle corriere, è oggi quasi generalmente respinta.

La cosa è giustificata non soltanto da ragioni di facile circolazione ma anche perché passando da sezioni di 30 a quelle di 40 mq l'aumento di spesa non è grande dato che gli slarghi costano molto meno, e d'altro lato, per la ventilazione, l'aver a disposizione una sezione più ampia semplifica molto il problema.

Ma la forma della sezione deve essere scelta anche in modo da contenere la spinta della montagna e da ridurre gli eventuali distacchi. Per questo il suo profilo è sempre costituito da una policonica, completata eventualmente, in basso, da un arco rovescio.

### 4) Determinazione delle temperature interne.

È a tutti noto che in terreno coerente e piano il grado geotermico, cioè la profondità alla qua-

le corrisponde l'aumento di un centigrado di temperatura, è compreso fra 30 e 32 metri. In modo discretamente diverso avviene l'aumento di temperatura in montagna; infatti per le zone sporgenti esso può salire a 55-70 metri, per quelle depresse, ad esempio nelle valli, può scendere a 20-25 metri.

La ragione sta nel fatto che, mentre per le parti sporgenti il calore sfugge anche lateralmente dalle superfici inclinate, l'opposto avviene nelle valli.

È possibile ricercare col calcolo, con discreta approssimazione, la temperatura prevedibile lungo l'asse della galleria, ma conviene sempre il controllo mediante i dati noti di casi simili. In linea di massima, per i trafori alpini, nelle zone che hanno la massima copertura, il grado geometrico è attorno ai 45 metri, con un massimo di 58,4 per il Frejus, di 47 metri per il Gottardo e un minimo di 37 m per il Sempione.

Le temperature massime rilevate furono quelle di 55 centigradi in un breve tratto della galleria del Sempione, mentre la massima rimase di 29 centigradi al Frejus e di 31 al San Gottardo.

Tali temperature massime scendono notevolmente a regime quando il traforo è in esercizio.

Comunque, in base alla massima temperatura prevista, e con una certa larghezza, vanno commisurati i mezzi di raffreddamento atti a consentire un lavoro proficuo e non eccessivamente disagiato.

L'unico metodo accettabile finora è quello della polverizzazione di acqua gelata proveniente dai ghiacciai.

### 5) Eduzione delle acque.

Quantunque oggi la geologia affiancata dalla geofisica consenta previsioni in buona parte attendibili anche sulle venute d'acqua sia calda che fredda, è sempre possibile che improvvisamente avvenga un'invasione imprevista.

È quindi consigliabile, tenendo presenti le sorprese poco piacevoli avvenute in precedenti escavazioni, prevedere i mezzi sufficienti per espellere un vero fiume d'acqua. In genere la venuta massima è attorno ai 200-300 litri al secondo ma al Sempione e al Colle di Tenda si arrivò fino a 1100-1200 litri al secondo, al Mont d'Or a 10.000 litri al sec.

### 6) Ventilazione durante l'avanzamento e dopo l'apertura, per la galleria in esercizio.

Entrambe le ventilazioni hanno influenza sul progetto, in quanto è necessario prevedere per esse i necessari apprestamenti.

La ventilazione durante il lavoro è da un certo punto di vista meno agevole perché deve funzionare al fondo di una galleria cieca, il che rende la circolazione difficile, e anche perché è necessario, se non si vuole perdere tempo, eseguire molto rapidamente lo sfumo, cioè l'allontanamento dei gas tossici dell'esplosione appena avvenuto il brillamento.

Per contro però, in funzione dell'organizzazione prevista, cioè del peso di esplosivo usato, del numero di addetti, dell'inquinamento dovuto a motori a combustione, si è in grado di calcolare esattamente i particolari dell'installazione.

Oggi sappiamo perfettamente che il tenore dell'ossido di carbonio nei pressi della fronte è attorno a

$$T = 1,25 \frac{C}{S} a$$

essendo C la carica in kg, S la sezione della galleria in mq, a il tenore di CO dell'esplosivo che è attorno a 0,16 per la dinamite gomma al 90 % di nitroglicerina e a 0,13 per quella al 60 %.

Sappiamo ancora che mediante lo sfumo dobbiamo ridurre quel tenore al 2 per 10.000.

Sappiamo che, se vogliamo fare una purga rapida e soddisfacente, non dobbiamo contare né sulla ventilazione in pressione né su

quella in aspirazione e neppure su quella, già preferibile, in pressione ed aspirazione alternate, ma che giova ricorrere alla ventilazione con aspirazione e compressione simultanee utilizzando un breve tronco mobile di 20 metri, indipendente, in pressione, che lancia l'aria contro la fronte e la fa ripiegare carica di gas verso la condotta principale, arretrata di quanto necessario per evitarle danni, e che funzionerà in aspirazione.

Nè, salvo il costo delle tubazioni e dei ventilatori, il problema potrà preoccuparsi posto che esso è stato risolto e con mezzi molto più modesti di quelli che oggi abbiamo a disposizione nella galleria del Gottardo lunga quasi 15 km e in quella del Sempione lunga quasi 20.

Oggi sappiamo che recentemente in America si è scavata senza eccezionali difficoltà e in soli 4 anni la galleria per adduzione di acqua del Divide nel Colorado lunga 21 km, del diametro di tre metri, senza pozzi né finestre, ma partendo esclusivamente dai due imbocchi estremi.

Ventilazione per la galleria in esercizio. Qui forse sorgono delle difficoltà maggiori. E, intendiamoci, non perché il problema sia in sé insolubile. È strano che molti abbiano trovato una grande difficoltà nella ventilazione di gallerie autostradali tanto da dichiararle inesorabili, forse non sapendo che ben più difficile, quantunque brillantemente risolto è il problema della ventilazione delle grandi miniere grisuose.

Nel solo Belgio vi sono almeno tre miniere di carbone nelle quali il tenore medio di grisou emesso per ogni t scavata supera i 100 litri. Per una produzione di 3.000 t nelle 24 ore, niente affatto eccezionale oggi, si tratta di una emissione di 300.000 litri di grisou al giorno che occorre diluire e per ragioni di respirazione e per evitare il pericolo delle deflagrazioni.

Se si pensa che in queste miniere lavorano, restandovi perma-

nentemente per parecchie ore, centinaia di minatori e che si tratta di ventilare gallerie cieche per le quali è estremamente difficile il riflusso, e che si trovano a livelli diversi a parecchie centinaia di metri sotto terra, si comprende agevolmente come il problema della ventilazione in quei casi sia estremamente più difficile e delicato di quello di un largo tunnel aperto alle due estremità.

Il che del resto apparirà subito evidente se si considera che un circuito di ventilazione si può caratterizzare mediante quella che i Tecnici chiamano apertura equivalente *a* concetto dovuto ad un illustre fisico francese il Rateau.

L'apertura equivalente, come è noto, corrisponde alla superficie di un orificio circolare posto alla estremità di un tubo convergente perfetto, per il quale il coefficiente di contrazione è perciò 1 e la cui resistenza equivale a quella del circuito da valutare.

È ancora noto che all'apertura si dà il valore

$$a = \frac{Q}{\sqrt{\frac{2gh}{\gamma}}} = \frac{1}{\sqrt{r}}$$

ove Q = portata in m<sup>3</sup> d'aria al secondo;

g = accelerazione di gravità in m/sec<sup>2</sup>;

h = altezza di colonna d'acqua in mm corrispondente alla perdita di pressione;

γ = peso di un m<sup>3</sup> d'aria che alla temperatura media interna può assumersi di 1 kg.

È evidente che tanto più l'apertura equivalente è larga, tanto più è facile la ventilazione e bassa l'energia necessaria per mantenerla.

Orbene, per una galleria di 12 km percorsa nei due sensi da oltre 100 vetture all'ora, con esperienze su modello, la quantità d'aria necessaria per mantenere in ogni caso il tenore di CO inferiore a 2,5 parti su 10.000 è stata trovata

di 300 m<sup>3</sup> al secondo con una depressione totale *h* di 370 mm.

Ne segue che l'apertura equivalente è in questo caso

$$a = \frac{300}{\sqrt{\frac{2 \times 9,81 \times 370}{1}}} = 3,55$$

Ora le seguenti miniere europee hanno notoriamente aperture equivalenti del seguente valore: Holland S5 *a*=1,63; Konsolidation 1/8 *a*=1,71; Zeche Samrock *a*=1,67; Bismark 1/4 *a*=2,12. È evidente la maggiore difficoltà di ventilare queste miniere nelle quali vivono per 6 e 8 ore degli uomini che lavorano intensamente e non degli autisti che trascorrono rapidamente un tunnel chiusi nella loro carrozzeria.

Importante è indubbiamente la scelta del sistema di ventilazione, cioè se longitudinale (adatto soltanto per gallerie brevi poco trafficate e ampiamente ventilate naturalmente come la galleria autostradale di Tenda che non ha altra ventilazione salvo quella naturale), semitrasversale e trasversale.

Sembra, a prima vista, preferibile la ventilazione trasversale perché più razionale. In realtà l'esperienza insegna che ciò non è vero. A parte il fatto che, a parità di efficacia, la ventilazione trasversale richiede una potenza quasi doppia di quella della semitrasversale, essa ha l'inconveniente di richiedere dei canali frangenti tra i quali si stabilisce facilmente un corto circuito di aria emessa e aspirata, lasciando delle sacche di aria immobile nelle quali il CO può accumularsi.

Le esperienze condotte al tunnel alla Sorbona lo hanno chiaramente indicato.

Del resto già un congresso di Ingegneri svizzeri specialisti aveva da tempo indicato il sistema semitrasversale come il più conveniente per la ventilazione delle grandi gallerie autostradali.

L'indecisione sorge quando si tratta di definire il numero degli autoveicoli transitanti all'ora in base ai quali calcolare l'impianto di ventilazione.

Una galleria autostradale a pedaggio ha caratteristiche molto diverse da una autostrada a pedaggio.

Per un'autostrada, anche se si raggiunge la saturazione, l'unico inconveniente è un rallentamento della circolazione e una noia per gli utenti, ma poichè questo avviene ben raramente non è il caso di preoccuparsene.

Da questo punto di vista, invece, una galleria autostradale si avvicina al comportamento di un impianto meccanico di trasporto, ad esempio una funivia.

Non è economicamente accettabile progettare una funivia in base alla punta eccezionale di un giorno annuo festivo, ad esempio il Capo d'Anno, ma bisogna commisurarne la potenzialità ad un ragionevole traffico medio, altrimenti l'esercizio si condanna inesorabilmente alla perdita.

Del pari non è possibile progettare una galleria a pedaggio, per la quale interviene in tutto o in parte il finanziamento privato, per il traffico dell'unica ora di punta annuale, perchè altrimenti si avrebbe un impianto di ventilazione talmente gravoso da rendere lo sfruttamento economico impossibile.

Il progettista deve perciò commisurare gli impianti, compreso quello di ventilazione, al traffico medio previsto e alla spesa ragionevole ammissibile per una operazione economicamente attiva.

Del resto anche nel progettare le strade non vi è l'Ingegnere che si basi sulla punta della prima ora, se mai si basa su quella della trentesima.

Conviene però apprestare gli imbocchi e i canali in modo che sia possibile, in caso di aumento del traffico medio, aumentare la ventilazione, che in tal caso verrà ampiamente ripagata dal maggior numero annuo di passaggi.

Ancora, per evitare di spendere inutilmente dell'energia, il quantitativo di aria immesso va proporzionato al numero di autoveicoli mediante una ventilazione

frazionata, automaticamente adeguata al tenore di CO e alla visibilità.

#### Esecuzione.

Per passare all'esecuzione è anzitutto necessario:

1) fissare esattamente i due punti d'imbocco e collegarli mediante rilevamenti di grande precisione. Io, di solito, prescrivo due triangolazioni completamente distinte, una partente da un imbocco, l'altra partente dall'altro, eseguite su basi diverse.

Il controllo è così automatico e assolutamente sicuro.

Però è sempre conveniente controllare la triangolazione con una livellazione.

Per molti trafori alpini che hanno imbocchi in nazioni diverse sorge la difficoltà del collegamento dei capisaldi che generalmente partono da livelli del mare diversi.

L'importanza di questa delicata operazione è evidente. Malgrado le difficoltà non piccole che una triangolazione in alta montagna presenta, si può dire che finora per le nostre gallerie alpine l'esattezza dei rilievi è sempre stata molto alta: si afferma che gli errori rilevati al momento dell'incontro delle squadre provenienti dai due imbocchi opposti fossero:

— per il Sempione su 19.756 m di 20,2 cm in direzione, di 8,7 cm in dislivello e di 79 cm nella lunghezza;

— per il Gottardo su 14.900 m di 30 cm soltanto in direzione;

2) eseguire dei sondaggi per trarre dei dati sulle qualità della roccia e sulla presenza di acque profonde;

3) organizzare un cantiere per imbocco, adatto ad un lavoro rapido e produttivo.

Il costo dei cantieri è notevole, esso è andato sempre aumentando a partire dal traforo del Frejus per il quale incise per il 6,57 % del costo totale, per arrivare a quello del Sempione che raggiun-

se il 12,80 %, mentre fu attorno all'11,80 % per la grande galleria dell'Appennino.

Oggi, con la meccanizzazione in atto, è probabile si arrivi al 15-16 per cento.

La perforazione, che si iniziò a mano, poi si trasformò ad aria compressa al Frejus, funzionò ad acqua ad alta pressione al Sempione e tornò ad aria compressa al Löetschberg, è ormai stabilmente ad aria compressa, e per poco che la roccia lo consenta converrà avanzare in piena sezione con giumbo su cingoli a martelli multipli. Il martello semipesante ha ormai quasi totalmente sostituito la perforatrice; esso funziona su servosostegno pure ad aria compressa con fioretti a taglienti riportati in carburi di tungsteno e cobalto. È così possibile eliminare le tonnellate di fioretti che un tempo si dovevano portare alla fronte di avanzamento per completare una volata.

Per il carico del marino vi sono ormai caricatrici continue di grande potenzialità e robustezza; per il trasporto ormai domina il dumper gommato che corre rapidamente su qualunque terreno, manovra facilmente, si carica e scarica in fretta.

Molti problemi si presentano per lo studio del cantiere ma non è questa la sede per approfondirli.

Ho cominciato con le gallerie ferroviarie, debbo proprio finire con quelle autostradali?

Non si faranno più gallerie ferroviarie?

Dobbiamo proprio credere che le ferrovie, queste gloriose nonne che hanno dato al mondo la possibilità della più grande rivoluzione industriale abbiano finito il loro ciclo vitale?

Io non lo credo. E non soltanto perchè sono convinto che se lasciassero fare agli Ingegneri ferroviari, come si lascia fare, « bon gré mal gré », agli Ingegneri nella politicissima Francia, e i nostri Politici non si opponessero alla potatura dei rami secchi del poderoso albero ferroviario e non

si affrettassero anzi ad appenderne dei nuovi ancor più secchi, molte delle delusioni che oggi danno le ferrovie sarebbero eliminate, ma anche perchè credo fermamente che all'attuale era della motorizzazione stradale potrà far seguito una nuova era di conquiste ferroviarie.

A mio avviso tre requisiti essenziali hanno le ferrovie che potranno portarle nuovamente alla testa dei trasporti terrestri:

1) *la sicurezza*. Secondo me la strada classica, con gli autoveicoli attuali, è giunta al limite massimo di velocità ammissibile.

Quando la vita umana è affidata esclusivamente alla rapidità dei riflessi del guidatore, dell'ordine di qualche decimo di secondo, che la stanchezza, il sonno, un accesso di tosse, il caldo, il freddo, un semplice moscerino in un occhio possono allungare inesorabilmente portando al disastro proprio e altrui, non è possibile andare oltre i limiti delle vetture attuali anche se i motori e le gomme lo permetterebbero.

Ma la tecnica ferroviaria può oggi garantire la sicurezza anche in caso di mancanza del manovratore;

2) *la bassa resistenza al moto*. Intendiamoci, parlo della resistenza per t lorda trascorrente, non per t utile, perchè tutto ciò non è più valido quando si utilizzano vetture da 50 t per trasportare una diecina di passeggeri, cioè tutt'al più una tonnellata di carico utile, come vedo fare frequentemente in alcuni disgraziati rapidi, per modo di dire, della Torino-Milano;

3) *la comodità*. Sempre che alcuni ferrovieri a diuturno contatto col pubblico si convincano che le ferrovie sono fatte anche per i passeggeri, il che vuol dire, anche, scendere a quattro-cinque agenti per km invece di dieci e più. È debbo riconoscere che molto si è fatto in questo senso negli ultimi tempi.

Ma oggi le ferrovie, diciamo pure, soffrono dello stesso male

che tormenta anche me: sono vecchie.

Soltanto, esse hanno, rispetto a me, questo grande vantaggio: possono rinnovarsi.

A me, le ferrovie attuali, fanno l'effetto di quel vecchio coltello che si rinnovava sempre cambiando il manico e affilando la lama.

Ricordiamoci che l'Imperatore Napoleone III nel 1855, cioè esattamente 103 anni fa, percorse la Marsiglia - Parigi alla velocità commerciale di 100 km/h.

Quante delle linee attuali consentirebbero oggi di trasportare sicuramente un imperatore a quella velocità commerciale?

Nè si dica che il magnifico, arditissimo esperimento tentato dalle ferrovie francesi nel marzo 1955, lanciando per un minuto uno specialissimo treno su di uno specialissimo rettilineo a 320 km orari, ha dimostrato l'alto grado di sicurezza delle velocità attuali.

Io direi, se mai, il contrario.

Malgrado gli specialissimi apprestamenti della linea, dei locomotori e delle vetture, in un minuto furono messi fuori servizio i trolley appositamente studiati, le linee aeree, e per poco succedeva qualcosa di simile alle boccole, alle ruote e agli ingranaggi. Per frenare si dovettero aprire i finestrini tanto poco ci si fidava di utilizzare i freni.

Sta di fatto che la ruota dotata di bordino e la sua rotaia coniugata nella forma ancor oggi in atto, andavano bene per i trasporti del carbone sulle liste di legno delle fangose strade inglesi, o anche su quel magnifico esemplare di archeologia ferroviaria che è la Canavesana di Torino.

Ma io mi chiedo se sia ammissibile che oggi, mentre il Baumann Brigadier può portare con un'autonomia di 1200 km alla velocità di 260 km/h dei passeggeri, col peso morto, compreso motore e carburante di 200 kg a persona, e il Boeing Stratoliner si appresta a portare oltre Atlantico 130 persone col peso morto di 700 kg a

persona alla velocità di 900 km all'ora e con un'autonomia di 7000 km, comprendendo in quel peso morto le cuccette, il bar, i motori, le ali, e tutto il carburante necessario per quella autonomia, le ferrovie, correndo a poco più di 100 km/h appoggiate al terreno, abbiano ancora dei pesi morti, esclusi i locomotori, di 1000 kg a persona?

A quale ragione dobbiamo ciò?

Alla instabilità innata del bordino. Soltanto miracoli d'ingegneria hanno permesso di utilizzare alle velocità attuali gli apprestamenti studiati per 40 km/h.

Chiediamoci: se oggi con le possibilità che offre la tecnica, un ingegnere progettista fosse chiamato a progettare le ferrovie, che per anco non fossero inventate, credete che le disegnerebbe così come sono?

Non credete che porrebbe la sospensione a livello del centro di gravità delle vetture, che affiderebbe la reazione ai moti trasversali, particolarmente alla forza centrifuga, ad organi rotanti all'altezza del baricentro, non credete che cercherebbe per altra via di assicurare ai veicoli quella elasticità che oggi cerchiamo irrigidendo da un lato la rotaia e rendendo mobile dall'altro il ballast?

E non farebbe egli dei confronti tra i pesi del suo materiale e quelli degli altri veicoli, automobili, vetture funiviarie, aeroplani?

Qui sta per me il segreto del radioso risorgimento futuro delle ferrovie per le quali è ancor vivo il motto: o rinnovarsi o morire. Di quelle ferrovie che io sogno correre sicure e leggere ad oltre duecento km all'ora per le nostre belle vallate.

Mi sia permesso di formulare un augurio: come è pura gloria dell'Ingegneria Ferroviaria Italiana l'apertura del primo grande traforo alpino, possa essere ancora una gloria italiana l'avvento di questa, che io sogno, ferrovia rinnovata.

Vittorio Zignoli

# La ventilazione delle gallerie

CESARE CODEGONE esamina il problema della ventilazione, che è uno dei più importanti, e forse il più difficile, da risolvere per un buon esercizio delle gallerie autostradali — non solo in ordine al ricambio di aria occorrente per il corretto funzionamento dei veicoli a combustione interna che le percorrono, ma anche e specialmente per la tempestiva e sicura dispersione dell'ossido di carbonio e dei fumi.

Fra gli argomenti da svolgere è stato scelto quello della ventilazione delle gallerie, perchè di esso ebbi ad occuparmi alcuni anni addietro, in relazione a progetti di grandi trafori alpini autostradali. Non sono poche le lunghe gallerie ferroviarie già costruite. Abbiamo in particolare celebrato l'anno scorso il primo centenario di quella del Frejus. E il problema allora presentava pure delle difficoltà, perchè quegli 11 km in sotterraneo erano percorsi da treni a vapore, i quali scaricavano direttamente nella galleria i prodotti gassosi della combustione. Ma il traffico era così poco intenso e lo stesso movimento del treno era tale da indurre un moto longitudinale dell'aria (fino ad alcuni metri al secondo) che poteva servire almeno grossolanamente a far sì che non stazionassero i suddetti gas nell'interno della galleria stessa.

La questione però andò aggravandosi col crescere del traffico e si immaginarono allora dei sistemi di ventilazione artificiale dei quali ben noto quello del nostro ingegnere Saccardo, col quale si iniettava anularmente all'ingresso della galleria dell'aria con velocità notevole, per esempio 15-20 metri al secondo, in modo da produrre per effetto di comunicazione laterale del moto un flusso longitudinale sufficiente. Poi venne l'elettrificazione della trazione nelle gallerie, per modo che il problema cessò dal dare preoccupazioni, e ciò anche per traffici molto intensi, come sono quelli che si verificano in taluni di questi tunnel transalpini.

Da alcuni anni si parla di lunghe gallerie da percorrere con mezzi automobilistici. Ecco allora che il problema della ventilazione risorge. Risorge perchè questi mezzi automobilistici sono azionati non più dalle macchine a vapore delle antiche locomotive, ma pur

sempre da macchine termiche, da macchine cioè che traggono la loro energia motrice dalla trasformazione parziale dell'energia termica di combustione. E qui dobbiamo fare una distinzione abbastanza netta tra le due principali categorie di motori a combustione interna. La prima è quella che noi chiamiamo dei motori a esplosione, o anche secondo taluni autori, dei motori a carburazione, vale a dire dei motori a carburazione preventiva dell'aria di alimentazione, cioè a mescolanza preventiva di quest'aria con vapori di idrocarburi leggeri. La seconda categoria è invece quella dei motori a iniezione, nei quali l'idrocarburo allo stato liquido è iniettato in una determinata fase e l'alimentazione, come pure la successiva compressione, sono effettuate soltanto con aria.

Si tratta dei motori Diesel o derivati.

Ora purtroppo i motori a carburazione sono alimentati d'ordinario con miscele ricche. Miscele ricche vuol dire miscele con eccesso di combustibile o in altre parole con difetto di aria; sicchè la combustione non è completa. Potrei dare a questo riguardo qualche indicazione numerica. Per esempio, se noi portiamo il fattore d'eccesso d'aria sulle ascisse di un diagramma cartesiano ad assi ortogonali, sulle ordinate i valori sperimentali della percentuale di ossido di carbonio che sono contenuti nei gas della combustione allo scarico, troveremmo che anche con eccesso d'aria nullo, cioè con un fattore di eccesso d'aria uguale a uno, (miscela stechiometrica di aria e vapori di idrocarburi), si trovano già segnate sul diagramma piccole percentuali di ossido di carbonio, probabilmente per evaporazione imperfetta delle goccioline di combustibile. Che se noi, come succede d'ordinario, operiamo con

difetto d'aria, troviamo dei punti grossolanamente rappresentabili con un andamento medio ricurvo con concavità rivolta verso l'asse delle ascisse, corrispondente a ben il 10 % di CO con difetto d'aria del 50 % circa. Se ora portassimo sulle ordinate la potenza sviluppata dal motore, troveremmo che essa è massima in corrispondenza di un fattore di eccesso d'aria compreso fra 0,8 ed 1.

Di qui la tendenza dei costruttori e degli stessi automobilisti a

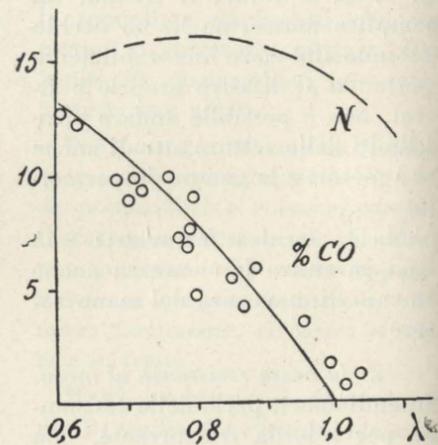


Fig. 1 - Percentuale di CO e potenza sviluppata in funzione del fattore di eccesso d'aria.

sfruttare il motore in corrispondenza della zona di massima potenza e quindi purtroppo a utilizzarlo proprio nella zona in cui si ha una produzione non indifferente di ossido di carbonio.

La curva anzidetta presenta in corrispondenza del massimo di potenza, per un certo numero di motori sperimentati, una produzione di ossido di carbonio intorno al 5 % in volume dei gas di scarico. Si tratta purtroppo di percentuali veramente notevoli. È vero che questi gas si diluiscono poi nell'aria atmosferica, e quindi in un ambiente aperto si riducono a frazioni estremamente piccole e non nocive per l'organismo umano. Ma tutto questo non

avviene in ambiente ristretto come quello di una galleria o in talune zone antiche di città, in strade per esempio molto strette, limitate da edifici di grande altezza. È già successo, ad esempio in certe zone di Genova, che si sono avuti degli inconvenienti a questo riguardo. Soprattutto in momenti di atmosfera tranquilla, quando manca la ventilazione naturale, l'aria si arricchisce di ossido di carbonio e può diventare nociva. L'ossido di carbonio è infatti un temibile veleno per l'organismo umano. I prodotti ed i dispositivi proposti per eliminare questo grave inconveniente non si sono finora diffusi.

Ecco dunque nel caso di lunghe gallerie da attraversarsi da autoveicoli con motori ad esplosione, sorgere il problema non indifferente di un ricambio sufficiente di aria allo scopo di evitare che la percentuale di ossido di carbonio non superi i valori che gli igienisti con le loro ricerche hanno indicato come massimi nei riguardi della tollerabilità dell'organismo umano e che sono dell'ordine di poche unità (da 3 a 5) su diecimila parti in peso di aria.

Nell'altro caso di cui ho parlato prima, cioè in quello dei motori a iniezione, le condizioni sotto questo riguardo sono migliori del caso precedente in quanto si può dosare meglio l'introduzione del combustibile. Questa introduzione avviene al termine della compressione, quando la pressione e la temperatura sono molto elevate, e quindi, almeno in via ordinaria, la combustione risulta completa, e non si ha formazione di ossido di carbonio. Tuttavia nei periodi di avviamento, e quando si forza il motore, si può avere, come a tutti è noto, uno scarico fumoso, alcune volte nerastro, il quale evidentemente disturba dando odore cattivo e fastidio alla visione. Questa deve essere molto nitida durante il percorso delle gallerie e richiede che si provveda in modo adeguato alla loro illuminazione. Sicchè o per un motivo o per un altro l'esigenza di un sufficiente ricambio di aria permane. Vi sarebbe un altro

motivo che potrebbe dar luogo a necessità di ventilazione, precisamente per le gallerie che sottopassano massicci montuosi molto elevati. È noto che il gradiente termico, con l'aumento dello spessore di questi strati può dar luogo a temperature piuttosto elevate. Nella perforazione delle grandi gallerie alpine si sono raggiunti anche i 40 e più gradi Celsius di temperatura quando non si aveva rinnovamento di aria. Il funzionamento della galleria portava poi a una riduzione considerevole di questa temperatura. Tuttavia anche per questo motivo, un certo ricambio d'aria può risultare necessario.

Vi sono casi particolarmente favorevoli, per lunghezze non molto grandi, dell'ordine di qualche chilometro, per i quali un ricambio spontaneo può avvenire per effetto di venti periodici oppure di differenze di temperatura esistenti fra l'imbocco e lo sbocco della galleria. Possono allora attivarsi delle correnti d'aria che per traffici non molto intensi possono risultare sufficienti. Un caso tipico è offerto al riguardo dalla galleria sotto il Colle di Tenda che è della lunghezza di ben 3 km e non ha alcun dispositivo artificiale di rinnovo dell'aria. Viene appunto sfruttato un ricambio spontaneo che si attiva tra i due versanti e che pare ancora sufficiente per il traffico attuale.

Se volessimo fare qualche conto riguardo al volume d'aria che occorre rinnovare nell'unità di tempo potremmo condurre il calcolo nel seguente modo: indichiamo con  $q$  la quantità di CO prodotta da ogni veicolo per ogni unità di lunghezza percorsa. La velocità in questi casi è sempre ridotta ed in genere non supera i 30-35 km/ora. Inoltre se  $n$  è il numero dei veicoli che percorrono la galleria nell'unità di tempo ed  $l$  è la lunghezza della galleria stessa, il prodotto  $q n l$  rappresenta la produzione di ossido di carbonio nella unità di tempo in tutta la galleria. Se ora indichiamo con  $p$  la percentuale massima tollerabile di ossido di carbonio il rapporto  $q n l / p$  rappresenterà proprio la quanti-

tà  $V$  in metri cubi che noi dobbiamo rinnovare nella unità di tempo. Possiamo dare al riguardo qualche elemento numerico. Si tratti ad esempio di automobili di tipo comune correnti a velocità bassa come già detto. Il coefficiente  $q$  può allora variare da 50 a 150 cm cubici per ogni metro.

Il valore massimo di  $p$  può ammettersi dell'ordine di 5 su 10.000. In un caso concreto siano 100 gli autoveicoli che si succedono all'ora alla velocità di 20 km/ora, di modo che si seguano ogni 36 sec. alla distanza di 200 metri l'uno dall'altro. Non si tratta evidentemente di un traffico molto intenso. Se applichiamo la formula citata esprimendo le varie grandezze in unità coerenti troviamo subito  $V = 33$  metri cubi al sec.

Questa portata corrisponde a 120.000 metri cubi all'ora e quindi richiede già per la sua distribuzione delle sezioni piuttosto rilevanti. La difficoltà di disporre di condotti di notevole sezione, si è incontrata da vari decenni nei sottopassaggi di tratti di mare o di ampi fiumi, per esempio a New York e ad Anversa. Non si trattava di lunghezze comparabili a quelle dei valichi alpini, ma in compenso si trattava di un traffico molto più intenso di quello che ho immaginato nel precedente esempio numerico.

Il problema costruttivo può essere risolto in vari modi: il primo potrebbe ricordare quello dei primi impianti di ventilazione tipo Saccardo, a cui si è fatto cenno prima, e cioè mediante luci anulari attraverso le quali si iniettano correnti d'aria a notevole velocità le quali inducono un moto longitudinale della corrente fluida. Si può allora far entrare l'aria da una bocca della galleria ed uscire dall'altra. Si potrebbe anche immaginare di farla entrare in un punto intermedio, disponendo due di queste luci in senso opposto e dando luogo a due correnti contrarie. Tutto questo però si può fare soltanto per lunghezze limitate e per traffici ridotti perchè l'aria lungo i vari tratti si va arricchendo di ossido di carbonio

ed avremo una zona in cui si ha l'introduzione di aria pura e per la quale la percentuale di CO è minima, poi questa percentuale, andrà crescendo verso le estremità dove possono raggiungersi percentuali pericolose. Invece di effettuare questi flussi longitudinali di rinnovamento dell'aria si è pensato a procedimenti più radicali e razionali, nei quali cioè il rinnovo e quindi la purificazione dell'aria avvenisse localmente, cioè proprio dove si verifica la produzione. Occorre allora che delle bocche di aria pura la introducano in tante zone successive e nelle stesse zone altre bocche aspirino l'aria viziata. In tal modo si realizza quello che si chiama sistema trasversale di distribuzione dell'aria; trasversale nel senso che il flusso di aria purificatrice avviene in direzione pressochè normale all'asse della galleria. Ma ciò evidentemente presuppone che si alimentino dall'esterno queste luci di introduzione e d'altra parte che si guidi all'aperto l'aria viziata

aspirata dalle luci di estrazione. Quindi occorrono sempre dei condotti longitudinali, ma si tratta qui di condotti distributori. Nel caso completo abbiamo dunque almeno un condotto di distribuzione di aria pura presa dall'esterno in località opportuna, e se occorre filtrata, la quale alimenta una serie di bocche distribuite uniformemente lungo la carreggiata della galleria, e poi almeno un altro condotto il quale è a sua volta alimentato dalle bocche di estrazione e che conduce quest'aria all'esterno in una zona possibilmente lontana da quella dalla quale avviene l'aspirazione.

Uno dei primi problemi da risolvere è pertanto quello di conferire alla sezione della galleria la possibilità di ricevere anche questi condotti. Per le gallerie che sottopassano corsi d'acqua è preferita la forma cilindrica a sezione circolare, perchè meglio resistente alle azioni della pressione idraulica. In tale sezione la carreggiata dev'essere necessariamente

te situata ad una certa altezza; rimane sotto la carreggiata stessa una zona circolare che può servire per il passaggio dell'aria pura. Quest'aria può essere introdotta nella zona percorsa dagli autoveicoli attraverso piccole bocche sistemate in corrispondenza dei gradini dei marciapiedi, (marciapiedi di passaggio o anche soltanto di servizio). E in corrispondenza del cielo noi potremo disporre di un'altra zona nella quale può trovar posto il condotto di scarico con le relative luci di aspirazione.

È venuta quasi spontanea una soluzione di questo genere, cioè con introduzione dal basso e estrazione dall'alto. Si potrebbe anche pensare alla soluzione opposta. Ma è facile rendersi conto che la prima è la soluzione migliore dal punto di vista funzionale perchè, come è avvenuto più volte in gallerie americane, si può verificare l'incendio di un autoveicolo, quindi una produzione notevole di fumo nero. Occorre allora eliminarlo nel più breve spazio possibile e si vede subito che la distribuzione puramente longitudinale presenta il grave inconveniente di lasciar riempire di fumo tutta o in parte notevole la galleria.

Importa invece evacuare il fumo localmente e sotto questo aspetto il sistema trasversale è certo il migliore. Ma confrontiamo i due sistemi trasversali di cui si è detto; quello con introduzione dall'alto e quello con introduzione dal basso. Nel primo caso il fumo che tende spontaneamente a sollevarsi verrebbe ricacciato verso il basso e quindi ridurrebbe la visibilità, tenderebbe a dare fastidio alle persone che si sforzano in qualche modo di porre rimedio alla situazione. Il flusso di aria fresca e pura diretto verso la parte superiore tende invece nel miglior modo a facilitare l'opera di spegnimento perchè tende a far elevare la colonna di fumo e a farla aspirare dai condotti superiori.

Un altro problema riguarda il calcolo delle cadute di pressione lungo i condotti di ventilazione. Si tratta di condotti lunghi parecchie centinaia di metri, e perfino

chilometri, i quali sono lateralmente muniti di aperture. Da queste aperture sfugge gradualmente la portata totale. Occorre calcolare questi condotti non soltanto in modo che complessivamente nella galleria venga introdotta la necessaria portata ma in modo altresì che questa portata sia distribuita lungo la galleria il più uniformemente possibile. Se si volesse effettuare questa distribuzione attraverso una fessura di altezza uniforme oppure una serie di aperture indentiche tutte egualmente intervallate non si otterrebbe lo scopo. Un calcolo abbastanza semplice mostra infatti che non si avrebbe una distribuzione uniforme di portata lungo la galleria, anzi si avrebbe lo svantaggio di portate decrescenti con l'allontanarsi dalla sezione iniziale, di modo che proprio nelle zone più profonde dove il bisogno di aria pura può essere più sentito si potrebbe verificare una deficienza.

Noi proporzioniamo infatti la portata al fabbisogno medio; quindi nelle zone più lontane si avrebbe una introduzione minore della media e quindi insufficiente. Se volessimo invece assicurare la portata sufficiente nelle località più distanti dovremmo tollerare un eccesso notevole nelle zone più vicine all'imbocco e quindi accettare un maggior costo di installazione ed un maggior onere di esercizio rispetto all'effettivo fabbisogno. Si può tentare una soluzione empirica; in genere si praticano aperture piuttosto lunghe e di piccola altezza e queste possono essere di luce regolabile, non dico una per una ma per gruppi, in modo da ridurre la sezione di passaggio per quelle più vicine ai gruppi ventilatori e da accrescere gradatamente le altre fino al massimo in corrispondenza della zona più lontana. Oppure si può sottoporre al calcolo il proporzionamento delle sezioni di passaggio in modo da garantire una distribuzione uniforme.

In lavori precedenti ho dimostrato, utilizzando una proprietà dei numeri Bernoulliani, che la caduta di pressione lungo un con-

dotto con distribuzione laterale uniforme della portata (cioè con bocche di erogazione ben regolate) e con regime turbolento di moto (vale a dire nel caso più comune) è esprimibile mediante la formula:

$$p_0 - p_n = \lambda \frac{l}{D} \frac{l}{2} \frac{1}{\Omega^2} \left[ n - \frac{n(n-1)}{N} + \frac{n(n-1)(2n-1)}{6N^2} \right] V_0^2$$

nella quale  $p_0$  è la pressione iniziale,  $p_n$  quella in corrispondenza della  $n$ . esima bocca,  $\lambda$  il coefficiente di attrito,  $l$  la distanza costante fra le mezzerie di due bocche consecutive,  $D$  il diametro medio del condotto (pari al quadruplo del rapporto fra l'area della sezione retta  $\Omega$  ed il perimetro),  $\rho$  la densità,  $N$  il numero totale delle bocche,  $V_0$ , la portata volumetrica iniziale (\*).

L'esperienza ha finora mostrato che il problema non è praticamente risolvibile in modo soddisfacente se si superano lunghezze dell'ordine di 700-800 metri. Quindi, almeno nello stato attuale della tecnica, e s'intende con traffico abbastanza intenso, il problema del rinnovo con il si-

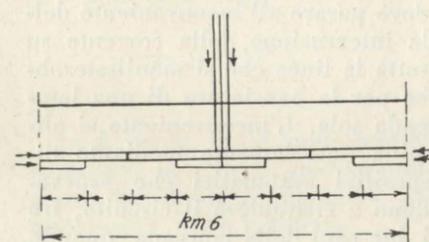


Fig. 3 - Distribuzione trasversale a più canali con pozzo intermedio.

stema del passaggio trasversale dell'aria, si può risolvere, per tronchi dell'ordine, poniamo, di

(\*) Per altri dettagli si confronti: C. CODEGONE, *Flow through uniformly tapped pipes*, « Appl. Scient. Research », vol. 4, jan. 1953; Id., *Sul calcolo di lunghi condotti con aperture laterali*, « Atti Acc. Scienze Torino », vol. 87, 1953; Id., *Problemi di ventilazione delle gallerie autostradali*, « Atti Soc. Ing. Arch. Torino », n. 2, 1923; « Ing. Ferroviaria », n. 11, 1952.

750 metri. Il che vuol dire che operando la introduzione dai due estremi si servono gallerie della lunghezza di un Km e mezzo. Siccome varie gallerie progettate sono di lunghezza molto più grande, bisogna ricorrere ad alcuni artifici. Uno di questi è abbastanza intuitivo; si fraziona cioè la galleria in più tratti suddividendo altresì in sezione trasversale le aree disponibili per il passaggio dell'aria sotto e sopra il piano viabile.

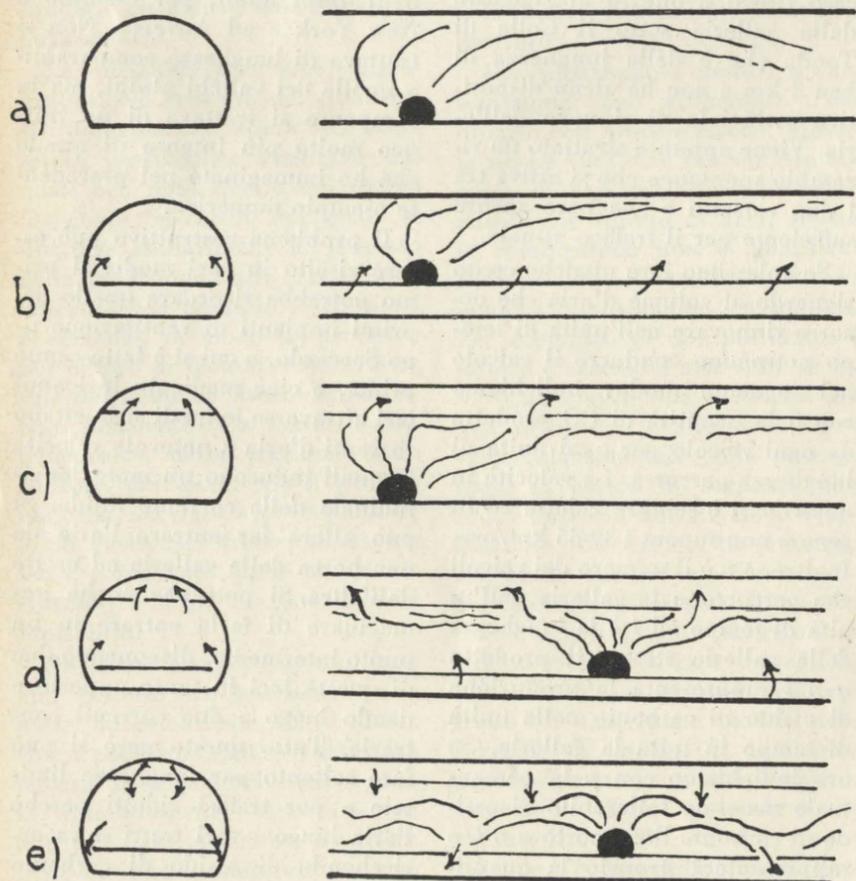
Per esempio facciamo due condotti paralleli alimentati indipendentemente fra di loro i quali abbiano la loro distribuzione laterale, il primo subito, il secondo solo dopo la fine del primo. Ecco che in questo modo possiamo servire una galleria di 3 km. Se poi possiamo disporre di pozzi intermedi di ventilazione ad ogni pozzo può corrispondere un tratto di 1,5 km per parte, e quindi con un pozzo di ventilazione la galleria può raggiungere la lunghezza totale di 6 km, con due quella di 12, ecc.

Ovviamente più è gravoso il carico dell'impianto e più devono essere studiati i dispositivi di sicurezza dell'impianto stesso, perchè se tutto funziona bene con un certo regime basterebbe la fermata di uno dei ventilatori per produrre degli inconvenienti piuttosto gravi. Anche il ritmo di passaggio degli autoveicoli deve essere regolato; non deve essere lasciato al capriccio degli automobilisti e ciò pure in relazione alla potenza degli autoveicoli stessi, studiando apposite tabelle di marcia. Per garantire la sicurezza di funzionamento si distribuiscono in punti opportuni degli indicatori di ossido di carbonio, i quali, al superare del limite prefisso danno segnali acustici od ottici di pericolo imminente. Il personale addetto deve in tali frangenti correre prontamente ai rimedi, fermando anzitutto l'accesso a nuovi veicoli, e intensificando l'estrazione dell'aria viziata.

Del problema della illuminazione sarà detto in una lezione successiva.

Cesare Codegone

Fig. 2 - Confronto fra sistemi di ventilazione di gallerie nel caso di incendio di un autoveicolo.



# illuminazione stradale

CESARE CODEGONE tratta il problema della illuminazione delle lunghe gallerie autostradali, prima come distribuzione dell'energia elettrica e scelta del tipo delle sorgenti luminose, e in seguito come distribuzione spaziale del flusso luminoso emesso dalle sorgenti.

Nella precedente memoria ho trattato problemi di ventilazione, che risultano abbastanza onerosi e piuttosto complessi anche sotto l'aspetto tecnico quando si tratta della ventilazione di lunghi tunnel stradali; tratterò in questa lezione un problema completamente diverso dal precedente: quello della illuminazione stradale. Esso presenta due aspetti, entrambi molto importanti sotto l'aspetto tecnico: il primo aspetto è quello, diciamo così, elettrico, e che riguarda la distribuzione dell'energia elettrica e la scelta del tipo delle sorgenti luminose. Il secondo aspetto della questione è quello che potremmo dire fotometrico, e riguarda la distribuzione spaziale del flusso luminoso emesso dalle sorgenti, e il calcolo di questa distribuzione per accertarci che esso sia soddisfacente nei riguardi della visione dei veicoli e in genere degli ostacoli che si possono incontrare sulle strade. Si collega questo all'altro problema della illuminazione prodotta dagli stessi autoveicoli mediante i fari.

Vi sono strade urbane, suburbane, e anche autostrade che sono permanentemente illuminate nelle ore notturne e d'altra parte vi sono strade non illuminate, o non sufficientemente illuminate, e che quindi richiedono da parte del veicolo un supplemento di illuminazione per la visione netta e distinta degli ostacoli e dei veicoli, allo scopo di evitare incidenti.

Del primo aspetto dirò brevemente: si è discusso molto sul problema della distribuzione elettrica, ma il sistema che effettivamente impianti che hanno ormai una importanza cospicua nel campo elettrotecnico perchè impegnano complessivamente milioni di kW, è il sistema di distribuzione in serie.

Nella illuminazione dei grandi corsi e delle autostrade la spesa prevalente non è quella delle sorgenti luminose, ma quella delle

linee elettriche. Ciò fa comprendere uno dei motivi principali per i quali si sceglie il sistema di distribuzione in serie. Esso consente l'alimentazione delle lampade con il minimo di corrente; noi possiamo per esempio alimentare 50 lampade con l'amperaggio occorrente per una sola, se esse sono disposte in serie. Ciò che in tal caso occorre moltiplicare è la tensione. Difatti la tensione occorrente per una distribuzione in serie è uguale alla somma delle tensioni occorrenti per i vari illuminanti. Si tratta dunque di una distribuzione a media tensione, dell'ordine di alcune migliaia di Volt, poniamo ad es. 3000 Volts.

In questo modo, in relazione alla tensione disponibile, il cavo di distribuzione ha la sezione minore possibile, e quindi la spesa di impianto risulta ridotta in conseguenza.

Nascono naturalmente altri inconvenienti: poichè la distribuzione è effettuata ad una tensione piuttosto elevata, vi è la necessità di un isolamento particolarmente curato; d'altronde si deve parare all'inconveniente della interruzione della corrente su tutta la linea che si manifesterebbe per la bruciatura di una lampada sola. L'inconveniente si elimina notoriamente mediante dispositivi automatici che provvedono a richiudere il circuito, fra i due capi della lampada, quando questa diviene inefficiente per qualunque motivo.

Quanto al tipo degli apparecchi illuminanti abbiamo ora due grandi categorie: quelle a incandescenza e quelle a luminescenza. Le lampade ad arco sono ormai abbandonate e quasi scomparse sono quelle a gas, in esercizio soltanto in qualche rione di Londra o in certe zone in cui il gas è prodotto a bassissimo prezzo. Ancora utilizzata su vasta scala è invece l'illuminazione con lampade a incandescenza, con unità produttrici un flusso dell'ordine di qualche

migliaio di lumen; mentre si vanno sempre più diffondendo le lampade luminescenti a scarica elettrica nei gas rarefatti. Queste sono da suddividere a loro volta in tre categorie. La prima è quella delle lampade a vapori di sodio, dalla caratteristica luce gialla, diffuse nel campo della illuminazione delle autostrade, perchè si tratta delle lampade più economiche; a parità di consumo producono fino a 60 lumen per watt, cioè il triplo delle migliori lampade a incandescenza.

Hanno però una luce che si può tollerare sulle autostrade, per le segnalazioni degli aeroporti, nei capannoni industriali, ma non si può accettare nella illuminazione ordinaria, perchè la luce gialla del sodio conferisce colori sgradevoli al volto delle persone.

Diffusa è anche la illuminazione con lampade a vapori di mercurio, che hanno una buona efficienza luminosa, fino a 40 lumen per watt ed emettono una luce azzurra intensa, con qualche sfumatura verde. Queste lampade, oltre che per la illuminazione stradale, sono pure molto usate nel campo industriale.

La terza categoria è quella delle lampade a fluorescenza. Si tratta di lampade, sempre a scarica elettrica nei gas rarefatti e generalmente a scarica in vapori di mercurio a bassa pressione, ma le righe luminose emesse dallo stesso vapore di mercurio sono corrette e modificate da uno straterello di sostanze fluorescenti depositate sulla parte interna del tubo o dell'ampolla e rese luminose dalla scarica. Una parte della emissione nell'ultravioletto è convertita in radiazioni visibili e pertanto l'efficienza luminosa della lampada sale fino a 50 lumen/watt.

Con una adatta mescolanza di sostanze fluorescenti, si può ottenere una emissione luminosa che si avvicina come composizione alla luce solare. Questa luce può essere resa un po' più fredda o

un po' più calda della luce anzidetta, cioè rispettivamente un po' più tendente all'azzurro, o un po' più tendente al rosa della luce bianca, a seconda della composizione delle sostanze fluorescenti impiegate, che sono il tungstato di magnesio, il borato di cadmio, e altre. Le lampade fluorescenti si vanno notevolmen-

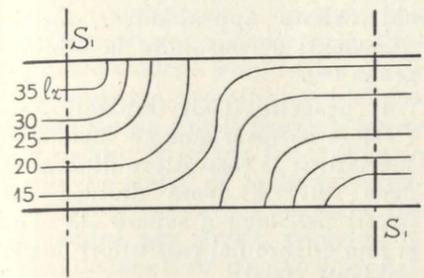


Fig. 1 - Esempio di piano quotato con curve di livello di illuminazione. S S sorgenti laterali allungate.

te diffondendo nella illuminazione pubblica. Ne offrono un notevole esempio vari grandi corsi di Torino, che possono essere citati come modello del sistema. I tubi fluorescenti sono disposti entro adatti ripari, posti di lato alla strada, in modo che la luce non colpisca direttamente l'occhio del guidatore dell'automobile. Il collocamento alternato ed una adatta inclinazione delle lampade danno luogo ad una distribuzione luminosa soddisfacente e intensa.

Il secondo problema che possiamo accennare brevemente è quello della distribuzione del flusso luminoso. Ogni sorgente ha una certa indicatrice di emissione, cioè una determinata caratteristica spaziale di distribuzione del flusso emesso nell'ambiente che la circonda. Questa indicatrice di emissione in casi semplici può essere quasi paragonabile ad una sfera. L'intensità cioè può essere pressochè costante nelle varie direzioni. In altri casi l'indicatrice può risultare analoga a quella di dischi opalini illuminati per trasparenza, e quindi seguire in prima approssimazione la legge di Lambert, vale a dire l'intensità luminosa varia in proporzione al coseno dell'angolo di emissione. Essa allora è massima nella direzione normale al disco, o alla lastra luminosa, e invece si annulla in corrispondenza delle direzioni

radenti. Si ottengono ancora altre indicatrici di forma più o meno complicata con le lampade a incandescenza, molto spesso modificate mediante gli apparecchi nei quali sono inserite le lampade stesse. Con tali apparecchi si può modificare la distribuzione propria del flusso della lampada in modo da ottenere delle intensità luminose crescenti con l'angolo di emissione e quindi da attenuare il difetto delle comuni indicatrici che consiste appunto nel dar luogo ad un illuminamento sulla superficie utile rapidamente decrescente con la distanza dalla lampada.

Per ridurre l'inconveniente ora accennato i costruttori sfruttano fenomeni di riflessione interna e fenomeni di rifrazione entro corone di cristallo opportunamente lavorate all'interno a risalti, come si opera nei fari.

Conviene ora ricordare qualche elemento di fotometria. L'illuminamento  $E$  cioè il flusso luminoso che giunge sull'unità di superficie si può esprimere in funzione dell'intensità, e precisamente si può porre uguale al prodotto della intensità luminosa  $I$ , espressa in candele internazionali, nella direzione prescelta, per il coseno dell'angolo  $\varphi$  di incidenza, diviso per il quadrato della distanza  $r$  (in metri) dalla lampada al punto illuminato.

Si può cioè scrivere:

$$E = \frac{I \cos \varphi}{r^2}$$

La  $E$  risulta in tal modo espressa in lux, ed è anche sperimentalmente verificabile mediante gli apparecchi detti luxmetri.

Mediante l'applicazione di questa formula molto semplice a vari punti della superficie utile ricevente (qual'è nel nostro caso la superficie del piano stradale), noi possiamo valutare la distribuzione del flusso su tale superficie.

Possiamo di conseguenza costruire dei diagrammi che portino sulle ordinate il numero dei lux; e sulle ascisse le distanze dalla verticale passante per la sorgente. Queste curve si chiamano curve di illuminazione e costituiscono un dato caratteristico molto importante per valutare la distri-

buzione del flusso luminoso utile, ma queste curve non sono a tale riguardo ancora sufficienti. Generalmente con l'aiuto di queste curve, utilizzate applicando il principio della sovrapposizione degli effetti quando, come spesso succede, sono presenti parecchie sorgenti, noi possiamo tracciare in pianta le curve di livello luminoso, in qualche modo analoghe alle curve di livello topografico, vale a dire le curve che, sul piano stradale collegano punti ugualmente illuminati. Dalla forma di queste curve, dalla maniera con la quale si succedono in modo più o meno fitto, si può desumere con sufficiente precisione il grado di efficacia dell'impianto di illuminazione che si vuole scegliere. A tale scopo si confrontano vari sistemi di illuminazione, vari tipi di sorgenti luminose, varie distanze fra di esse, varie altezze di sospensione, e così via. Il risultato finale di tali indagini corrisponde appunto a fornire dei piani quotati mediante curve isolux, cioè mediante curve di livello luminoso. Possiamo dire che risulterà più soddisfacente quel sistema che per una data potenza elettrica spesa consente di ottenere sulla superficie utile il livello medio luminoso più elevato con la ripartizione più uniforme di luce, vale a dire che distribuisce il flusso prevalentemente sulla superficie della strada e ne sciupa meno nel-

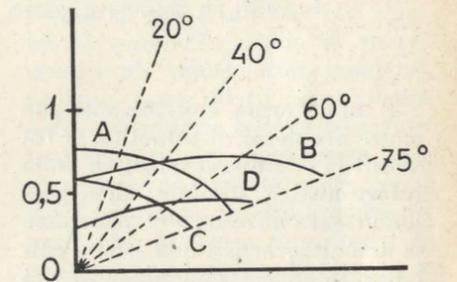


Fig. 2 - Fattori di brillantezza riflessa per vari angoli di riflessione con luce incidente a 60°. A mac adam - B asfalto compresso - C mac adam catramato - D bitulite.

le zone circostanti e in secondo luogo che lo distribuisce con maggiore uniformità, quindi lo distribuisce in modo che il rapporto tra l'illuminamento massimo e l'illuminamento minimo non sia troppo lontano all'unità. L'ideale sarebbe che il flusso luminoso andasse tutto sulla superficie utile e che su questa stessa superficie

il livello fosse uniforme. Non si vedrebbero allora zone scure e zone chiare, ma si noterebbe una chiarezza uniforme, la quale consentirebbe di scorgere ovunque con lo stesso contrasto gli ostacoli che si possono incontrare sulle strade. L'ideale non è mai di fatto raggiunto perchè noi dobbiamo necessariamente operare con sorgenti di cui non siamo in grado di modificare le indicatrici in mo-

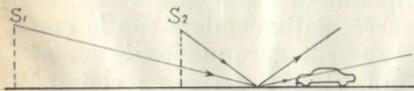


Fig. 3 -  $S_1$ ,  $S_2$  sorgenti luminose. Caso di una superficie stradale lucida.

do adeguato allo scopo, ma è proprio dalla prossimità più o meno grande a questo ideale che possiamo trarre norma per la nostra scelta. Attualmente ci si rivolge spesso all'impiego delle lampade

fluorescenti, non soltanto perchè esse posseggono una elevata efficienza luminosa, paragonabile a quella delle lampade a vapori di sodio, ma altresì perchè con disposizioni analoghe a quelle che voi vedete attuate già nella illuminazione pubblica di Torino, cioè con lampade laterali alternate, noi riusciamo a realizzare una discreta uniformità di illuminazione a carattere diffuso e ad evitare in ogni caso l'abbagliamento.

Il crescere della velocità dei veicoli ha imposto studi sempre più approfonditi sulla visione degli ostacoli e sul contrasto di luce al quale essi danno luogo sul fondo stradale. In genere si migliora la situazione elevando il livello di illuminazione con apparecchi a luce diffusa, evitando di adottare per la superficie stradale rivestimenti lucidi, atti a riflettere anche la luce radente proveniente da sorgenti lontane (v. figure 2 e 3) e quindi tali da disturbare la visione. Ciò permette a chi guida

l'autoveicolo di accorgersi in minor tempo della presenza dell'ostacolo e di scansarlo, oppure di frenare, evitando così incidenti pericolosi.

Potrei approfondire ulteriormente il problema presentando diagrammi e studi fatti in questo campo, anche in relazione alla costruzione di linee isobrillanti, ma mancandone il tempo consiglio chi volesse approfondire questi argomenti a consultare la bibliografia (\*).

Il progetto degli impianti dev'essere necessariamente affidato a specialisti; il costruttore di strade deve tuttavia avere un'idea di questi problemi e sapere ciò che si può esigere dai costruttori degli impianti stessi.

Cesare Codegone

(\*) Cfr. C. CODEGONE, *Problemi di illuminazione*, Ed. Giorgio, Torino, 1950; G. PERI, *Luminosità e poteri riflettenti delle strade illuminate artificialmente*, «Asfalti, bitumi, catrami», n. 1, 1949.

## Fisiologia e psicologia degli addetti al traffico, degli utenti: la prevenzione infortuni

PIETRO ZEGLIO tratta della « fisiopatologia » dell'utente della strada ed afferma che, nonostante la riconosciuta insufficienza della nostra rete stradale, è sempre sull'elemento uomo — sia esso pedone o guidatore di un qualunque mezzo, motorizzato o no — che grava la maggiore responsabilità dell'infortunio stradale.

È mia ferma convinzione che molti problemi di attualità, e fra questi la complessa tematica della infortunistica stradale, non possono essere affrontati con successo se non attraverso a una stretta collaborazione fra i competenti dei problemi tecnici e gli studiosi dei fattori umani.

Tratterò della « fisiologia », o meglio della « fisiopatologia » dell'utente della strada, in quanto è soprattutto sulle manchevolezze e sui difetti strutturali dell'uomo che intendo svolgere la mia trattazione. Molto è stato discusso su questo punto, ma possiamo dire con fondamento che non molto si è concretato, o, per essere più precisi, quanto è stato finora documentato da una ormai abbon-

dante letteratura non è stato convenientemente preso in considerazione dagli organi legislativi cui spetta la stesura e la imposizione delle norme rivolte a limitare quanto più possibile la gravità della infortunistica stradale. Non è il caso di soffermarci a lungo su quanto ormai è a tutti noto in merito all'aumento progressivo dei casi di infortunio stradale e della gravità degli infortuni stessi.

Ricorderò soltanto come nel 1957 gli incidenti della strada in Italia siano stati 188.658 contro i 167.974 dell'anno 1956, con un aumento del 10,6 %, e come il numero dei morti causati da tali incidenti sia stato di 6.940 contro 6.749 del 1956, quello dei feriti

di 148.259 contro 136.600 dell'anno precedente. Si ha l'impressione che di fronte a questo crescendo impressionante degli incidenti stradali ci si limiti in linea di massima a registrare il fenomeno senza reagire che debolmente sul piano politico e tecnico, e come i criteri di valutazione degli incidenti stessi sotto il profilo delle cause effettive che hanno concorso a determinarli lascino tuttora ampie ed incomprensibili lacune. Dovendo parlare dal punto di vista medico dell'utente della strada, noi dovremo naturalmente considerare tanto l'individuo che cammina a piedi, quanto la persona che procede con un mezzo qualunque, sia questo mosso dall'azione muscolare, sia mediante un

congegno a motore. Cominciamo dal pedone.

Nella collisione fra due masse semoventi, il pedone rappresenta quasi sempre quella meno protetta e ponderalmente meno importante, ed è perciò destinato quasi costantemente a riportarne il danno maggiore. È noto che non sempre la colpa dell'incidente nel quale il pedone riporta le maggiori conseguenze è da ascrivere all'investitore: sovente anzi l'incidente avviene proprio per colpa chiaramente dimostrabile del pedone stesso. Quali possono essere le ragioni di questo fatto? Alcune volte si tratta di malattia o minorazione fisica del soggetto che cammina per strada, come ad esempio una forte diminuzione della funzione visiva, la sordità, oppure il malessere improvviso che fa compiere all'individuo movimenti involontari, incongrui e per ovvie ragioni pericolosi. Queste condizioni, teoricamente possibili, rappresentano però sicuramente un evento eccezionale nella causale degli infortuni stradali; il più delle volte l'infortunio del pedone interessa individui che dobbiamo considerare normali dal punto di vista della struttura fisica e sensoriale: nella stragrande maggioranza dei casi l'infortunio stradale del pedone è conseguenza di un momento di « distrazione » o di un'azione improvvisa, a carattere impulsivo o riflesso e quindi impreveduta dalle altre persone.

Il concorso della distrazione nella statistica dell'infortunio stradale non può venire ovviamente valutato in cifre, ma è sufficiente un minimo di esperienza comune per darcene ragione. Ognuno di noi compie infatti la massima parte delle azioni quotidiane seguendo una catena di impulsi nervosi e di reazioni varie e molteplici che soltanto di tratto in tratto investono ed interessano il dominio cosciente della volontà. Ciascuno di noi è in grado, partendo da casa, di raggiungere il proprio posto di lavoro leggendo il giornale e interessandosi a fondo delle notizie del medesimo, guidato esclusivamente in mezzo al traffico stradale da una serie di riflessi visivo-motori ed uditivo-motori che sono venuti formandosi e perfezionandosi attraverso al mecca-

nismo della ripetizione e che entrano nel complesso delle manifestazioni regolate dalla abitudine. Innumerevoli sono gli esempi di questo genere, nei quali il nostro comportamento risente di un automatismo perfetto, tale da offrire una guida sicura nello svolgimento delle azioni di una intera giornata di attività. Praticamente la volontà di ciascuno di noi entra in azione solo di tanto in tanto, in momenti particolari, indispensabili per dare il là ad un complesso di azioni rivolte ad uno scopo ben definito e non abituale o a correggere, al pari di una sterzata di timone, il meccanismo dei vari riflessi, quando la risultante dei medesimi non corrisponde ad uno scopo razionalmente prefissato. Tutti i giorni l'uomo mette in funzione molteplici meccanismi di attività subcosciente, di cui non serba memoria se non per quel che riguarda tappe o momenti di arresto, ove l'influenza superiore della volontà è intervenuta per impostare le direttive o imporre comandi.

È ovvio che non sempre il complesso dei meccanismi ora prospettato funziona alla perfezione. Ciò può dipendere sia da condizioni individuali di anormalità connesse con alterazioni della struttura anatomica dei centri nervosi o con turbe funzionali nella complessità dei raccordi fra i numerosi punti chiave dei centri recettivo-motori; molto dipende sicuramente da quella che noi chiamiamo « educazione », la quale niente altro è se non un sovrapporsi di esperienze, molto infine dipende da momenti individuali, transitori o meno, di deficit organico, i quali si ripercuotono sull'equilibrio fisiologico dei centri nervosi.

Da quanto sopra esposto risulta palese come possano esistere individui abitualmente più distratti di altri, come persone non abituate al traffico cittadino vadano incontro più facilmente all'infortunio stradale che non quelle cresciute in mezzo al viavai delle strade urbane; si spiega ancora come malattie organiche possano portare a quella minorazione della attenzione e dell'attività cosciente che in determinate circostanze sono indispensabili per la difesa personale di fronte al pe-

ricolo. Esempi di imprudenza da parte del pedone sono di osservazione comune: l'attraversamento della strada in senso obliquo anziché lungo la perpendicolare, lo slancio di corsa per raggiungere il tram, con passaggio improvviso sulla carreggiata senza badare al possibile sopraggiungere di mezzi veloci, l'improvviso sbucare dietro un veicolo fermo senza porre mente al possibile sopraggiungere in senso contrario di altro veicolo.

Se dal pedone passiamo all'esame del comportamento del ciclista, noi vediamo che in linea di massima le stesse considerazioni valide per il pedone possono essere ivi confermate. Il maggior numero degli incidenti ove il ciclista si trova implicato come attore o come vittima dipende dalla « distrazione ». Il caso più comune è quello dell'individuo che, immerso nei propri pensieri, svolta improvvisamente a sinistra senza fare le necessarie segnalazioni oppure, provenendo da una strada secondaria, infila un'arteria di traffico veloce senza porre in atto la semplice norma prudenziale dell'arresto o del rallentamento. Nel gruppo degli incidenti provocati o subiti da persone in bicicletta cominciano però ad affiorare manifestazioni varie e talora patologiche della personalità umana più deteriore, che abitualmente non sono rilevabili nel pedone e che andranno rivelandosi in crescendo di mano in mano che l'uomo si pone alla guida di mezzi sempre più veloci. Molti incidenti ciclistici sono infatti conseguenza della spavalderia e della cosciente inosservanza dei regolamenti, in spregio e a dispetto delle leggi e del prossimo. Questo argomento però, che interessa soprattutto la psicopatologia dell'individuo verrà trattato in un'altra lezione.

Veniamo invece a svolgere con maggiore ampiezza il problema dell'infortunistica stradale in funzione della crescente motorizzazione e dell'impiego sempre più frequente da parte dell'uomo di mezzi a motore, in progressivo aumento di potenza e di velocità.

È diventato ormai una prassi comune l'innalzare, in sede di congressi ed in articoli di giornale, alti lai sulla insufficienza della rete stradale, addossando a

questa particolare situazione la responsabilità della massima parte degli infortuni. Si dice in poche parole: qualora avessimo a disposizione strade adeguate all'aumento numerico dei mezzi motorizzati e al progressivo incremento della loro velocità, gli infortuni sarebbero assai ridotti e come frequenza e come gravità.

Considerando la cosa dal punto di vista strettamente medico affermo essere queste affermazioni per lo meno semplicistiche, in quanto non esiste a priori un limite massimo di velocità al di là del quale sia precluso all'uomo ogni ulteriore progresso; di conseguenza la strada che oggi risulta inadeguata alle velocità attualmente raggiungibili dai mezzi motorizzati risulterebbe altrettanto inadeguata in un prossimo domani, pure ammettendo realizzata la auspicata miglora della rete, essendo assai probabile che la velocità dei veicoli motorizzati non si limiterà a quella di adesso. Se, per fare un esempio, noi consideriamo quali siano i punti di maggiore incidenza e di maggiore gravità degli infortuni automotociclistici nella cerchia torinese, possiamo agevolmente rilevare come gli incidenti stradali avvengano proprio nelle zone ove esistono vie di comunicazione particolarmente ampie (vedi corso Francia) e quindi tali da invogliare alla velocità, mentre non succedono incidenti degni di rilievo in vie strette, anche se particolarmente affollate, come ad esempio via Milano ed altre vie del centro cittadino.

La vera ragione della causale di infortunio non poggia sul fattore « strada » isolatamente considerato, ma sul rapporto uomo-strada; se nella via Milano sopracitata un pazzo corresse a 100 km. all'ora avverrebbero dei veri massacri; la constatazione che gli incidenti avvengono in prevalenza e con più gravi conseguenze nelle strade più ampie dimostra in effetti lo squilibrio esistente fra fattore umano ed elemento strada, dove è facile dimostrare che il punto debole risiede proprio dalla parte dell'uomo.

È quindi sempre sull'elemento uomo che grava la maggiore responsabilità dell'infortunio stradale; ed a questo proposito ri-

tengo di poter affermare con fondati motivi che, salvo l'avvento di profonde modificazioni nella struttura legislativa che regola il movimento automobilistico e motociclistico italiano, il dramma della infortunistica stradale non tenderà sicuramente a migliorare, ma correrà fatalmente verso un ulteriore, progressivo peggioramento. E a dimostrazione di quanto ho testè affermato prenderò in considerazione alcune delle disposizioni che regolano la concessione della patente automobilistica. Queste disposizioni sono contenute nel testo della legge 8 dicembre 1933, n. 1740, leggermente modificata dalla legge 18 febbraio 1953, n. 14. In base a quanto contenuto in tali leggi esistono tre qualità di patenti automobilistiche: per ottenere la patente di primo grado ad es., è necessario che l'individuo sappia condurre con sicurezza la propria macchina, non sia affetto da malattie fisiche e psichiche o deficienze organiche tali da impedire di condurre con sicurezza l'automobile, non presenti sintomi che lo rivelino dedito all'uso di bevande alcoliche o di sostanze stupefacenti, abbia campo visivo e senso cromatico normale e possieda un visus complessivo di 12/10 con non meno di cinque per l'occhio che vede di meno, raggiungibile con correzioni di lenti sferiche o cilindriche di  $-7D$  o  $+5D$ , essendo la differenza fra la rifrazione dei due occhi non superiore alle 3 diottrie, e infine percepisca la voce di conversazione a distanza di 8 metri per parte. Dal punto di vista della sicurezza dell'utente della strada questa legge è quanto di più infantile si possa immaginare e vediamo alcune ragioni.

Prendiamo in considerazione quanto riguarda la funzione visiva: la legge prescrive 12/10 complessivamente, che possono essere ripartiti secondo una latitudine di possibilità sicuramente eccessiva e non consona all'attuale pericolosità della circolazione. Ma la stessa legge dimentica completamente alcune prerogative della funzione visiva, le quali sono importantissime dal punto di vista della prevenzione degli infortuni stradali. Ricordiamo il fenomeno dell'« abbagliamento ». Esiste grandissima

differenza, da un soggetto all'altro, sull'effetto di una luce abbagliante: in alcune persone la capacità di vedere distintamente ritorna pochi decimi di secondo dopo l'azione della luce abbagliante, in altre persone invece la impossibilità di vedere persiste anche parecchi secondi. Questo fenomeno è ben conosciuto nel campo della fisiopatologia retinica e non può essere trascurato dal legislatore, in quanto è fuori dubbio che un individuo la cui capacità di recupero visivo dopo un abbagliamento risulta deficitaria non può essere giudicato idoneo a guidare l'automobile nelle ore notturne. Se potessimo esaminare tutti i guidatori che sono protagonisti di investimento in conseguenza di abbagliamento, potremmo mettere in chiaro la verità di quanto ho testè affermato.

Un altro elemento importante ignorato dalla legge è la indagine sulla funzione visiva durante le ore notturne, anche al di fuori di qualsiasi abbagliamento. Molte persone che hanno una capacità visiva perfettamente normale e anche eccezionalmente acuta durante le ore del giorno, si mostrano decisamente minorate quando giunge il crepuscolo, e di notte, alla luce in verità generalmente troppo fioca delle lampade stradali questi individui sono poco meno che ciechi. Si tratta di una manifestazione patologica conosciuta con il nome di « emeralopia », ossia cecità notturna; questa minorazione è in dipendenza di una malformazione quasi sempre congenita nella struttura microscopica della retina.

Un altro particolare, sempre inerente alla funzione visiva, assai importante per chi è alla guida di un mezzo veloce, è il campo visivo. Il campo visivo, anche se viene citato dalla legge, non viene mai o quasi mai indagato nelle visite che vengono effettuate per la concessione della patente, mentre la sua importanza dal punto di vista della prevenzione degli infortuni è senz'altro enorme. Il restringimento del campo visivo, che può arrivare fino ad una vera e propria visione a cannocchiale, interessa soprattutto persone di età non più giovane, ma è anche possibile in soggetti ancora giovani con malattie dei vasi san-

guigni oppure con turbe nervose funzionali. Bastano queste poche considerazioni per mettere in rilievo possibilità varie di ordine patologico interessanti l'organo della vista, tali da giustificare l'evento infortunistico, non prese finora in sufficiente considerazione dal nostro sistema legislativo.

Consideriamo ora la funzione uditiva. Dice la legge (art. 85) che per la patente di terzo grado è necessario che l'individuo percepisca la voce sussurrata a distanza di 8 metri per parte. Che cosa vuol dire voce sussurrata? C'è chi sussurra con maggior forza e chi meno forte, chi nel sussurro ha una prevalenza di toni bassi e chi una prevalenza di toni più alti. Noi conosciamo che la funzione uditiva ha un carattere eminentemente selettivo e che l'orecchio percepisce le vibrazioni sonore in maniera diversa a seconda delle frequenze. Appare dunque strano che in un'epoca nella quale si costruiscono perfezionatissimi audiometri, mediante i quali si è in grado di obbiettivare la funzione uditiva per tutte le gamme delle vibrazioni, un giudizio così importante per la patente di guida venga ancora espresso per mezzo di una metodica così antiquata e grossolana quale è quella della voce sussurrata. Ricordo a questo proposito come recentemente un soggetto con patente di 3° grado, ossia ufficialmente abilitato alla guida di autocarri pesanti, sia stato scartato ad una visita di assunzione presso una impresa privata perchè all'esame audiometrico era risultata una lacuna della sensibilità uditiva nelle gamme di frequenza al disopra dei 2000 Hz. Questo individuo, cui erano occorsi in precedenza due infortuni stradali, fortunatamente senza gravi conseguenze, pur sentendo alla perfezione la voce sussurrata, non era in grado di udire, nella cabina dell'automezzo, la sirena dei pompieri, della Croce Rossa e le richieste di sorpasso di claxon a tonalità acute.

La legge per la concessione della patente afferma ancora che il candidato deve essere esente da malattie fisiche o psichiche e da deficienze organiche le quali impediscano di condurre con sicurezza l'automobile. A questo pro-

posito voglio ricordare soltanto alcuni esempi di malattie per le quali non vengono mai condotte indagini, mentre la loro presenza può essere deleteria dal punto di vista dell'infortunio stradale. Quanti sono ad esempio i diabetici che guidano l'automobile? Sicuramente molte migliaia. Il diabetico alla guida rappresenta un pericolo per sé e per gli altri; un collasso circolatorio, una crisi iperglicemica o ipoglicemica può infatti, senza alcun preavviso togliere al guidatore il comando del volante e dei freni. Alla visita per la concessione di patente, così come viene abitualmente condotta, il diabetico, nove volte su dieci, non viene scoperto.

Ed ecco un secondo esempio: l'arteriosclerosi. La legge che regola la concessione della patente automobilistica fissa un limite minimo di età, che è di 18 anni, ma non pone alcun limite sull'età massima. Oggi l'individuo anche molto vecchio può essere fornito di patente, e di conseguenza sedere al volante di una velocissima automobile e lanciarla a 200 km. all'ora. È noto che l'età più favorevole per condurre un mezzo veloce è compresa fra i 22 ed i 35 anni. A partire da questa età cominciano a manifestarsi segni di progressiva senescenza dell'organismo, che si rendono particolarmente evidenti dopo il 50° anno e sono chiaramente palesi, sia pure con differenze individuali, verso il 60° anno. Abitualmente l'esperienza dell'anziano guidatore compensa fino ad un certo punto la minorazione fisica legata all'età. L'invecchiamento, che dal punto di vista della guida automobilistica si evidenzia essenzialmente con una progressiva lentezza nei riflessi è in funzione delle alterazioni strutturali progressive dei vasi sanguigni e in particolare delle arterie. L'arteriosclerosi è una manifestazione di senescenza assai più frequente di quanto comunemente si creda e il suo inizio è assai più precoce di quanto l'opinione pubblica ammetta.

Conseguenze dell'indurimento sclerotico delle arterie sono le lacune mentali, la diminuzione della memoria, specie per i fatti recenti, le turbe della circolazione

coronarica con episodi talora drammatici di arresto del cuore, spasmi vasali in zone diverse dell'organismo con sintomatologia polimorfa.

Noi non riusciremo quasi mai a sapere se l'automobile schiacciata giù da un ponte non abbia avuto quale momento causale un episodio di natura arteriosclerotica nel suo guidatore.

Accennerò appena di sfuggita a una delle manifestazioni assai frequenti fino a una diecina di anni fa e a poco a poco diventate più rare: la lue cerebrale. Molti disturbi vasali erano un tempo procurati da questa malattia; oggidi per fortuna tali manifestazioni sono di osservazione eccezionale e non più tali da creare un fondato motivo di allarme.

Molto più frequentemente di quanto abitualmente non si creda è invece la « epilessia ».

Ognuno di voi avrà sicuramente avuto modo di assistere ad una crisi di male epilettico: si tratta di spettacolo che non si può dimenticare. Voi capite che cosa rappresenta l'individuo epilettico per il problema della infortunistica stradale. L'epilessia è una malattia le cui conseguenze possono coinvolgere in forma drammatica ogni persona che fa uso della strada, dal pedone al conducente di mezzo veloce. Fortunatamente l'epilettico in condizioni normali è il più delle volte persona dotata di capacità di ragione e di senso di responsabilità, e, conscio della propria infermità e dei pericoli che ne conseguono, non si permette di guidare l'automobile o la motocicletta. Le indagini scientifiche più moderne, condotte essenzialmente con quella metodica di alta precisione diagnostica che è la elettroencefalografia, hanno però messo in evidenza circostanze patologiche nuove e straordinariamente importanti per la infortunistica della strada: mentre infatti la epilessia classica, con le manifestazioni comiziali note anche ai profani, è abbastanza rara, molto più numerosi sono i casi di epilessia frusta, o larvata, la quale non si manifesta con le crisi di caduta ma con episodi saltuari, talora anche frequenti e il più delle volte

ignorati dagli stessi pazienti, di lacune psichiche, di assenze di varia durata, durante le quali l'individuo è totalmente privato della propria personalità, della sensibilità, della capacità di pensare, di qualsiasi azione riflessa. È ovvia la pericolosità di questi individui al volante di una automobile quando nei pochi secondi di assenza psichica la macchina è in grado di percorrere centinaia di metri completamente priva di guida. Questi episodi di epilessia larvata molte volte non si verificano in condizioni di vita normale, ma possono presentarsi proprio in condizioni eccezionali connesse con la guida di un mezzo veloce. Una delle cause ad esempio dello scatenarsi di un episodio lacunare è il passaggio rapido e ripetuto da zone di luce a zone di ombra quando sulla strada si proiettano le figure di alberate che la fiancheggiano, oppure l'alternanza rapida di strisce bianche e nere come si osserva oggigiorno nelle strade maggiori quale separazione delle piste. Fra le condizioni di anomalie fisiche che più frequentemente intervengono nella genesi degli infortuni stradali emerge il « sonno ».

Molte sono le ragioni che possono influire sullo stato di veglia dell'individuo: è noto che la stanchezza rappresenta la causa che possiamo definire fisiologica del sonno, ed è altresì noto che particolari alterazioni dello stato generale, dell'apparato digerente, del benessere termico, possono influire nell'ottundere i sensi e nel facilitare il sorpassare di uno stato di sonnolenza che potremo definire patologica, o di vero e proprio sonno. Così ad esempio nell'estate la sonnolenza del conducente di automezzo è più frequente che non durante le stagioni temperate; l'abbondanza dei pasti ed in particolare il sovraccarico dello stomaco, certe anomalie della funzionalità epatica sono pure motivi di sonnolenza postprandiale.

Esiste poi una forma di sonnolenza che può essere paragonata all'ipnosi ed è sovrapponibile dal punto di vista patogenetico alle forme di epilessia larvata cui è stato accennato poco innanzi. Noi

non sappiamo quale sia la frequenza di individui che soffrono inconsciamente ed inavvertitamente di manifestazioni di auto-ipnosi: è possibile che queste anomalie della sfera nervosa siano assai più numerose di quanto comunemente si pensa o si crede. È ovvio che, sulla base di una predisposizione costituzionale qualsiasi elemento aggiunto (monotonia della strada, azione cullante del mezzo, turbe digestive, difetti di accomodazione, foschia o nebbia) può acquistare l'importanza di momento scatenante. Come è facile intuire da questa elencazione di situazioni patologiche stabili o semi-permanenti dell'individuo, al fattore umano spetta senz'altro la massima importanza nella creazione delle condizioni che portano all'incidente stradale, ed è da ammettere con certezza che le statistiche finora elaborate ben scarsa importanza hanno assegnato all'elemento umano.

Ma anche in soggetti che potremmo definire fisiologicamente sani possono delinearsi momenti e condizioni di natura patologica, organica o funzionale, tali da trasformare transitoriamente il soggetto normale e quindi idoneo alla guida in soggetto anormale e perciò temporaneamente non adatto a queste mansioni. Voglio alludere a stati morbosi a carattere acuto o subacuto quali ad esempio un improvviso accesso febbrile, un attacco di emicrania, una manifestazione dolorosa addominale, l'insorgenza di dolori articolari che ostacolano la libertà dei movimenti, e così via. Ma fra le cause aggiunte di maggior peso nel minare la facoltà del soggetto alla guida di mezzi veloci è da ricordare essenzialmente l'« alcoolismo ». Il fenomeno dell'alcoolismo è stato lungamente discusso in ogni parte del mondo.

In America è stato riconosciuto come uno degli elementi più gravi fra le causali di infortunio stradale, e per questa ragione sono stati anche adottati provvedimenti energici per punire le persone riconosciute intossicate acutamente da alcool mentre guidano l'automobile e sono stati concretati opportuni dispositivi per una diagnosi tempestiva, anche da parte

della polizia stradale, dell'alcoolismo acuto.

Da noi questo argomento non ha avuto finora il necessario sviluppo e il mancato aggiornamento e l'inadeguatezza delle disposizioni di legge sul capitolo alcool-idoneità alla guida, hanno condotto presso di noi a un inaridirsi degli studi sulla diagnosi dell'etillismo acuto, poiché non sono emerse questioni pratiche che fornissero lo spunto a ricerche in questo senso. Lasciando in disparte tutte le disquisizioni inerenti a questo argomento, ricorderò soltanto come noi dobbiamo intendere come intossicati dall'alcool, e quindi non idonei temporaneamente alla guida, non solamente i soggetti palesemente ubriachi, ma anche quelli che, pur presentando un tasso di alcool nel sangue inferiore a quanto viene riconosciuto come genericamente pericoloso (1,5 per mille), tuttavia risentono dell'azione dell'alcool perchè ipersensibili a questo tossico o intolleranti al medesimo per un complesso di ragioni di vario ordine e diversa importanza. Ci sono persone che già con un tasso alcoolemico di 0,2 per mille presentano manifestazioni subcliniche di intossicazione: in queste persone, anche in assenza completa di segni esteriori di ubriachezza, sono già palesi le alterazioni neurologiche, proprie dell'alcoolismo, come la diminuzione dei freni inibitori, la riduzione dell'autocontrollo, una certa incoordinazione muscolare, la attenuazione dell'attenzione, il prolungamento più o meno importante dei tempi di reazione.

Ho cercato in questa lezione di portare alla vostra conoscenza alcuni fatti che ritengo in gran parte ignorati da persone, bensì esperte in problemi tecnici, ma naturalmente non edotte a fondo in problemi di patologia. Queste nozioni varranno forse a correggere qualche preconcetto in tema di infortunio stradale e soprattutto penso che serviranno ad indirizzare l'attenzione di quanti si interessano sulla prevenzione degli infortuni sulla strada, verso la principale causa di responsabilità che è rappresentata dall'uomo.

Pietro Zeglio

# I freni degli autoveicoli

*GIUSEPPE POLLONE richiama l'attenzione sui freni rallentatori, il cui uso può essere interessante nel caso di lunghi percorsi in discesa degli autoveicoli, e ne indica il modo di funzionamento. Indica quindi i criteri di impostazione dei sistemi frenanti degli autoveicoli in base ad un coefficiente di aderenza tra ruote e terreno  $F=0,6$ , ed esamina tutte le cause che riducono l'aderenza media disponibile agli effetti della frenatura; e come si cerchi di evitare che le ruote frenate si blocchino tutte od in parte. Infine esamina la limitazione della capacità frenante del freno sulle ruote, comandato a pedale e la necessità di ricorrere nei veicoli pesanti ai servofreni. Enuncia infine i requisiti cui debbono soddisfare i servofreni, ed i principi secondo cui funzionano.*

Scopo dei freni dell'autoveicolo è quello di rallentarne la marcia ed arrestarla, dissipandone l'energia cinetica, che viene trasformata in calore.

I freni comuni degli autoveicoli sono del tipo ad attrito tra superfici solide, soggetti a deteriorarsi rapidamente quando debbano funzionare per lunghi periodi, perchè le guarnizioni delle superfici frenanti non tollerano eccessivi aumenti delle temperature di funzionamento.

Nel caso di veicoli destinati a lunghi percorsi in discesa il sistema frenante viene completato con freni rallentatori, capaci di coppie frenanti che sono funzioni crescenti della velocità del veicolo e quindi non sono atti ad arrestarne la marcia.

I freni rallentatori sono di due tipi:

— freni elettromagnetici, costituiti da un disco di rame rotante (con la trasmissione) tra le espansioni polari di un magnete fisso. Per effetto del moto di rotazione relativo si generano delle correnti di Foucault nel disco di rame, che ruotando può disperdere bene il calore corrispondente.

Le azioni elettromagnetiche tra le due parti costituenti le azioni frenanti diminuiscono al diminuire della velocità fino ad annullarsi a veicolo fermo, per cui questi freni non possono sostituire in tali condizioni i freni ad attrito.

— freni idrodinamici, costruiti come i giunti idraulici, nei quali si ha un'azione frenante dovuta al moto vorticoso che si genera nel liquido compreso tra la parte rotante (con la trasmissione dell'autoveicolo) e la parte fissa del freno.

Il lavoro frenante viene trasformato in calore nel liquido circolante nel freno, che può anche essere acqua, la quale può essere fatta circolare nel radiatore per raffreddarla.

Con i freni comuni il veicolo deve poter essere frenato in due modi; generalmente si prescrive che nel veicolo ci siano un freno graduabile a volontà durante la marcia, comandato a pedale, ed un freno comandato a mano, il quale serve per arrestare il veicolo, ma che deve poter essere anche adottato eccezionalmente per frenarlo, in caso che si guasti l'altro freno.

Possibilmente il freno a mano deve essere capace della stessa azione frenante del freno comandato a pedale. Dico possibilmente perchè non sempre la cosa è fattibile: quando i tamburi dei freni sono direttamente applicati alle ruote, si può utilizzare come azione frenante tutta l'azione di aderenza delle ruote col terreno; se invece il freno è applicato sulla trasmissione esso agisce soltanto sulle ruote motrici (comandate dalla trasmissione) e quindi si potrà avere soltanto, come azione frenante massima, l'azione di aderenza delle ruote che sono comandate dalla trasmissione, cioè delle ruote motrici.

Si vedrà in seguito che l'azione del freno sulle ruote comandate a pedale, limita la capacità frenante del freno per veicoli pesanti, cioè spesso con tale freno non si possono realizzare delle azioni frenanti, alla periferia delle ruote, uguali all'aderenza dei veicoli (cioè peso del veicolo moltiplicato per il coefficiente di aderenza).

Il veicolo deve avere quindi due possibilità di frenatura che possono essere due sistemi frenanti indipendenti: quello che deriva dal comando a pedale, e quell'altro che deriva dal comando a mano; e se si vuole che i due freni siano capaci della stessa azione frenante, i freni saranno sulle ruote. In tal caso se i due sistemi debbono essere indipendenti si dovranno mettere due serie di

ceppi nei tamburi; la cosa però non è economicamente conveniente perchè si deve fare la corona del freno molto più larga, con conseguente aumento del peso della parte rotolante del veicolo e loro sanno che principalmente nei veicoli veloci è bene che la parte rotolante sia una piccola porzione del peso totale del veicolo affinchè le ruote saltellino meno sulla strada, e si possa disporre di una aderenza migliore. Questa soluzione che sarebbe la più logica e la più interessante, non è conveniente anche se le due serie di ceppi possono essere di differente larghezza, perchè benché l'azione frenante massima dei due freni debba essere eguale, può essere diversa la larghezza dei due ceppi in quanto nel freno che adoperiamo continuamente, cioè quello comandato a pedale, il logoramento è molto più forte che non nell'altro che si utilizza soltanto occasionalmente.

Quando negli autoveicoli vi sono due sistemi frenanti indipendenti quello comandato a pedale agisce sulle ruote, e quello comandato a mano sulla trasmissione. Si ha però spesso un solo sistema di frenatura sulle ruote con doppia possibilità di comando a mano e comando a pedale.

L'azione frenante massima che è applicabile al veicolo è data dal peso del veicolo moltiplicata per il coefficiente di aderenza.

Se si indicano con  $F$  la forza frenante; con  $Q$  il peso del veicolo e con  $\mu$  il coefficiente di aderenza, la forza frenante massima che noi possiamo applicare al veicolo è  $F = \mu Q$  e quindi la decelerazione massima  $a$  che si può avere in frenatura, essendo  $\frac{Q}{g}$  la massa del veicolo, è  $a = \mu g$ .

Da questa relazione risulta che la decelerazione massima a parità di coefficiente di aderenza, è la

stessa per tutti i veicoli qualunque sia il peso. Questo porterebbe a concludere che se il sistema frenante è capace dell'azione  $\mu Q$ , qualunque sia il peso del veicolo, a partire da una data velocità di marcia, il percorso necessario per fermarla dovrebbe essere sempre lo stesso. Per altro si sa che il coefficiente di aderenza medio disponibile durante il percorso di frenatura varia da veicolo a veicolo, col tipo di sospensione, col suo peso, e con tutta la struttura.

L'aderenza media disponibile durante il percorso di frenatura varia con la struttura del veicolo, perchè durante la marcia possono essere in atto delle forze di aderenza trasversali, le quali riducono l'aderenza longitudinale disponibile per la frenatura. Ad es. la sterzata dei veicoli non è mai perfettamente corretta e quindi le ruote tendono a strisciare trasversalmente; in vari tipi di sospensioni indipendenti, durante il molleggiamento, dovuto alle asperità del terreno, varia la distanza tra i centri d'appoggio delle ruote di un assale, e i pneumatici deformandosi richiamano in atto delle forze d'attrito trasversali che riducono la forza longitudinale di aderenza disponibile.

Durante la marcia e quindi durante la frenatura il coefficiente di aderenza non è quello statico, in base al quale si proporziona il sistema frenante, ma risulta minore, per le cause suddette, e perchè nella marcia a forte velocità per il saltellamento delle ruote la pressione media tra ruote e terreno è minore di quella statica.

Il proporzionamento di un sistema di quattro freni che, agendo sulle ruote, permettano di disporre di una forza totale  $0,6 Q$ ; ( $\mu = 0,6$ ) alla periferia delle ruote non presenta difficoltà per il costruttore.

Tale azione frenante non potrà però sempre essere impiegata.

Basta che diminuisca un pochino l'aderenza perchè nel caso di una frenatura, a fondo, si blocchino le ruote ed i sistemi frenanti debbono possibilmente non bloccare le ruote. La cosa non è facilmente realizzabile perchè il conduttore non ha una sensibilità così grande dell'aderenza tra

ruota e terreno da poter moderare l'azione frenante. Il bloccaggio delle ruote si può solo evitare per veicoli pesanti con certi servofreni come si vedrà in seguito.

Se non si fa attenzione, col freno comandato semplicemente a pedale, non si può evitare di bloccare almeno una coppia di ruote. Quando si progetta un sistema frenante, per frenare le quattro ruote del veicolo, si stabilisce di ripartire l'azione frenante tra le ruote posteriori e anteriori, in modo di utilizzare l'aderenza totale tra il terreno e le ruote. Ma il peso che grava sulle ruote anteriori e posteriori varia per una quantità di azioni, che sollecitano il veicolo. Per esempio quando si applica un'azione frenante alla periferia delle ruote, si manifesta nel baricentro del veicolo una forza di inerzia eguale e in direzione opposta all'azione stessa, e siccome il baricentro si trova ad una certa altezza sul piano d'appoggio, ne nasce una coppia che tende a caricare le ruote anteriori e scaricare quelle posteriori.

Perchè un veicolo equipaggiato con un freno sia capace di una forza frenante alla periferia delle ruote  $F = 0,6 Q$ , nel caso in cui sia disponibile un coefficiente di aderenza  $\mu = 0,6$  tra ruote e terreno, occorrerà che la ripartizione dell'azione frenante corrisponda a quella del carico tra gli assali, quando nel veicolo che marcia su una strada di data pendenza oltre al peso proprio agisca nel baricentro la forza d'inerzia  $0,6 Q$ .

Quando però varino le condizioni di aderenza o la pendenza della strada, varia il carico sulle ruote e, con la ripartizione fatta dall'azione frenante, si avrà il bloccaggio delle ruote anteriori o posteriori. Non volendo bloccare nessuna delle ruote non si potrà applicare un'azione frenante eguale a tutta l'aderenza disponibile. Finora non c'è un sistema che permetta di variare la ripartizione dell'azione frenante delle ruote al variare dell'aderenza e della pendenza della strada.

Quindi c'è sempre la possibilità che, in caso di bassi coefficienti di aderenza, se non tutte almeno qualcuna delle ruote si blocchi.

Nello studiare la ripartizione

dell'azione frenante tra gli assali anteriori e posteriori, si preferisce fare in modo che si blocchino piuttosto le ruote anteriori che non quelle posteriori. Questa condizione si realizza per un veicolo in una data posizione, cioè ad es. che marci su un terreno orizzontale, ma quando il veicolo marcia su una pendenza in discesa o in salita le condizioni sono tutte variate, quindi la cosa non è facilmente realizzabile per ogni condizione di terreno e di marcia. Si potrà fare in modo che, in piano, nel veicolo si blocchino le ruote anteriori a preferenza di quelle posteriori, quindi un'azione frenante maggiore sulle prime che non sulle seconde. Questo perchè se si considera il veicolo in marcia, applicando un'azione frenante si manifesterà nel baricentro una forza diretta nel senso della marcia, e se le ruote posteriori non slittano essendo il baricentro davanti all'assale posteriore il veicolo tenderà a mantenere la sua direzione.

Se il veicolo sta imboccando una curva e mantiene la sua direzione di marcia rettilinea esce fuori dalla curva; siccome però si marcia di preferenza a forte velocità in rettilineo si preferisce che si blocchino piuttosto le ruote anteriori. Se invece le ruote anteriori non sono bloccate e quindi non slittano e le ruote posteriori slittano (poichè quando si ha slittamento in un senso non si ha più a disposizione nessuna forza di aderenza nel senso trasversale) basta che il baricentro del veicolo non si trovi nel suo asse, cioè che il carico non sia perfettamente simmetrico, perchè si abbiano delle azioni che tendono a far ruotare il veicolo attorno al centro dell'assale anteriore e quindi a far sbandare il veicolo fuori strada.

C'è un altro motivo per cui è bene che il freno non blocchi le ruote motrici. Si potrebbe pensare che la coppia frenante massima del freno si ha a freno bloccato, ma si deve tener conto che l'azione frenante agisce sul veicolo attraverso due accoppiamenti a frizione: uno è l'accoppiamento ceppo e tamburo; l'altro accoppiamento ruota e terreno. Quando non c'è strisciamento si ha la massima azione di aderenza tra ruota

e terreno, perchè se essa incomincia a slittare l'aderenza diminuisce notevolmente; si avrà invece una forza frenante un po' minore tra tamburo e ceppo per il fatto che strisciano questi due elementi, però concorda con quest'azione frenante tutta la resistenza al moto degli organi della trasmissione ed eventualmente del motore, resistenza che non avremmo se il tamburo fosse fermo; in definitiva si hanno delle azioni frenanti maggiori sulle ruote motrici quando esse non si bloccano e non slittano sul terreno.

Anche la rigidità delle sospensioni elastiche provoca delle alterazioni, nel coefficiente di aderenza medio disponibile.

Quando la ruota sorpassa un ostacolo a forte velocità riceve un impulso verso l'alto e quindi tende a sollevarsi. La accelerazione che ha verso l'alto dipende dalla forma dell'ostacolo e dalla velocità del veicolo. Sorpassato l'ostacolo la ruota che si è sollevata un pochino, si abbassa sotto l'azione della molla della sospensione che è stata deformata, quindi nel caso di sospensioni molto elastiche, cioè con piccola rigidità, ad una data deformazione della molla corrisponderà una piccola forza che la spinge verso il basso, quindi il saltellamento sarà più ampio se la molla è più soffice, che non se la molla è più rigida.

Nel saltellamento la ruota perde parte dell'aderenza.

Il valore massimo della forza che si rende disponibile alla periferia delle ruote, con un freno a ceppi interni sulle quattro ruote comandato a pedale è limitato dalla corsa del pedale e dalla massima forza che il conduttore può esercitare.

Il moto dei ceppi del freno si può suddividere in: corsa di accostamento al tamburo, che è dell'ordine di  $5/10$  di mm; corsa di reazione, dipendente dall'elasticità dei ceppi e del tamburo, dell'ordine di  $1/10 \div 2/10$  di mm; corsa di logoramento delle guarnizioni. Il moto dei ceppi è legato a quello del pedale dalla trasmissione che può essere del tipo meccanico o del tipo idraulico.

La corsa totale del pedale è

dell'ordine di  $100 \div 120$  mm, ma di essa, a freno nuovo si può solo utilizzare una parte, ad es.  $60 \div 80$  mm per frenare, dovendo rimanere una corsa che riserva di  $30 \div 40$  mm corrispondente al logoramento delle guarnizioni dei ceppi che si vuol tollerare prima che si renda necessaria una registrazione dei freni per portarli nelle condizioni iniziali.

Con la trasmissione meccanica si possono realizzare rapporti di trasmissione diversi nelle varie fasi della frenatura, sagomando opportunamente gli eccentrici che provocano l'accostamento dei ceppi.

Si può fare ad es. in modo che i primi 20 mm di corsa del pedale corrispondano alla corsa d'accostamento di  $5/10$  mm dei ceppi, e che i successivi 60 mm corrispondano alla corsa utile di reazione di  $2/10$  mm. In questa fase il rapporto tra le corse dei due organi è  $\frac{60}{0,2} = 300$  e si potrà quindi avere tra ceppi e tamburi una

pressione che è 300 volte quella esercitata sul pedale. Tale rapporto di trasmissione dovrà esservi durante la corsa di riserva se si vuole che l'azione frenante rimanga costante anche se si logorano le guarnizioni. Siccome la corsa di riserva del pedale si è supposta di 40 mm, col rapporto di trasmissione 300 la corsa di logoramento dei ceppi è di  $\frac{40}{300} = 0,13$

mm. Se si tiene presente che i freni si scaldano e si possono avere dilatazioni differenti tra ceppi e tamburi, può darsi che a freno caldo la corsa di riserva debba essere utilizzata per compensare tali differenze e quindi non si possa tollerare alcun logoramento, ma si debba procedere a frequentissime registrazioni dei freni.

Si deve perciò ricorrere a trasmissioni che realizzino un rapporto di trasmissione costante per tutte le tre fasi. Si avrà allora che alla corsa di 80 mm del pedale corrisponderà la corsa di  $0,5 + 0,2$  mm dei ceppi ed il rapporto di trasmissione dovrà essere  $\frac{80}{0,7} = 114$ ,

e pertanto alla ulteriore corsa di 40 mm del pedale corrisponderà una corsa di logoramento delle

guarnizioni di  $\frac{40}{114} = 0,35$  mm.

Come si vede anche con questo rapporto la corsa di logoramento, dopo la quale si deve procedere a registrare i freni, è sempre molto piccola. La pressione totale tra le superfici dei 4 freni è 114 volte quella esercitata dal conduttore sul pedale.

La forza massima che può essere esercitata sul pedale del freno è maggiore di quella che si può esercitare sul pedale della frizione, perchè nel caso in cui si faccia una frenatura d'urgenza, potendo disporre tra ruote e terreno di un coefficiente di aderenza  $\mu = 0,6$ , agisce sul conduttore una forza d'inerzia, diretta in avanti, eguale a 0,6 volte il suo peso. Per tale motivo si può ammettere una forza massima sul pedale di  $50 \div 60$  kg, alla quale corrisponderà quindi una pressione totale tra le superfici dei freni di  $60 \times 114 = 6840$  kg.

Se il coefficiente d'attrito tra guarnizioni e tamburi è  $\mu = 0,4$  si avrà disponibile alla periferia dei tamburi dei freni una forza frenante  $F_1 = 0,4 \cdot 6840 = 2700$  kg.

Considerando che il tamburo del freno deve avere un diametro minore di quello interno del cerchio sul quale è montato il pneumatico, per evitare che il calore danneggi quest'ultimo, si vede che con le sezioni di pneumatico normalmente adottate, il diametro del tamburo è circa metà di quello esterno della ruota, per cui la forza frenante massima alla periferia di essa sarà

$$F = \frac{2700}{2} = 1350 \text{ kg.}$$

Si conclude quindi che qualunque sia il peso del veicolo la forza frenante massima che, col freno a pedale sulle quattro ruote ben proporzionato, si può avere disponibile alla periferia di esse è  $F = 1350$  kg.

Se il coefficiente di aderenza tra ruote e terreno è  $\mu = 0,6$  la forza suddetta corrisponde all'aderenza totale di un veicolo del peso massimo

$$Q = \frac{1350}{0,6} = 2250 \text{ kg.}$$

Per i veicoli di peso maggiore non è più sufficiente il freno a pe-

dale sulle quattro ruote per sfruttare in frenata tutta l'aderenza del veicolo nel caso di  $\mu = 0,6$ .

Si possono realizzare trasmissioni meccaniche con rapporto costante, ma sono ad esse preferibili le attuali trasmissioni idrostatiche, che oltre ad avere rapporto costante hanno anche rendimento meccanico che si può ritenere eguale ad 1.

Quando il freno a pedale, in un veicolo con tutte le ruote motrici, anziché direttamente sulle ruote agisce su un albero della trasmissione, ruotante a velocità  $n$  volte maggiore, la coppia frenante disponibile sulle ruote risulta  $n$  volte quella del freno, e quindi può essere ancora possibile frenare veicoli di peso maggiore di quello suddetto, con forza frenante  $0,6 Q$ .

La cosa però è soltanto possibile quando si tratta di veicoli lenti in modo che l'albero su cui è montato il freno non ruoti a velocità troppo elevata.

Per quanto riguarda la sicurezza d'impiego del veicolo è sempre preferibile il freno applicato direttamente sulle ruote perchè esso funziona sempre, mentre il freno sulla trasmissione può venire inutilizzato dalla rottura di un organo qualunque prima delle ruote.

Per frenare con forze  $0,6 Q$  veicoli di peso maggiore di  $2000 \div 2500$  kg. si deve ricorrere a sorgenti di energia sussidiarie, che collaborino alla chiusura dei freni, cioè ricorrere a servofreni.

I servo freni debbono dare un'azione frenante proporzionale, secondo un dato rapporto di moltiplicazione, alla pressione esercitata dal conduttore sul pedale, e debbono essere costruiti in modo che mancando l'energia sussidiaria sia almeno disponibile, per frenare, l'azione del conduttore del veicolo.

Il servo freno può utilizzare come energia sussidiaria ad. es. la energia cinetica del veicolo. Fino a che le ruote del veicolo non sono bloccate, ruota tutta la trasmissione, e da essa si può derivare un'azione motrice per chiudere il freno, azione motrice che viene a mancare quando le ruote si bloccassero.

I primi servo freni di questo tipo utilizzavano una puleggia fat-

ta ruotare dalla trasmissione, abbracciata per una certa ampiezza da un nastro teso ad un capo del pedale e che con l'altro capo azionava il freno. Per effetto della rotazione e dell'attrito tra nastro e puleggia la tensione nel nastro cresce con legge esponenziale dal capo teso dal pedale all'altro e quindi l'azione frenante risulta un multiplo di quella esercitata col pedale. La puleggia era montata sul suo albero per mezzo di un innesto centrifugo, così che a trasmissione ferma la puleggia era libera di ruotare e il nastro trasmetteva al freno solo l'azione del pedale.

In altri sistemi il freno è azionato da un tirante attaccato ad un bilancino a braccia disuguali, ad es. nel rapporto  $1 : 3$ , sull'estremità del braccio lungo agisce la tensione esercitata col pedale, su quello corto la tensione esercitata da un servo motore ad aria compressa o pneumatico.

Tali sistemi sono progettati in modo che l'azione del servo motore sia sempre proporzionale a quella del pedale così che il bilancino sia sempre in equilibrio.

I servo freni meccanici utilizzando l'inerzia del veicolo sono interessanti perchè per veicoli pesanti permettono di evitare il bloccaggio delle ruote. Si supponga che le condizioni di aderenza siano tali che il solo freno a pedale non sia capace di bloccare le ruote, ma che l'azione frenante, quando agisce il servo freno, possa essere tale da bloccarle. Nel caso di una frenata energica se le ruote si bloccassero verrebbe a mancare l'azione sussidiaria del servo freno, e poichè il freno a pedale non è sufficiente a tenerle bloccate si metterebbero a ruotare nuovamente, il freno funziona a scatti ed il conduttore può facilmente graduare la pressione sul pedale in modo da eliminare l'inconveniente, evitando lo slittamento delle ruote.

I servo freni possono essere idraulici cioè l'azione frenante è esercitata su uno stantuffo da un fluido in pressione. Un tipo originale interessante per la sua semplicità è quello della Napier. In un cilindro costituito da due porzioni coassiali di diverso diametro sono disposti: nella sezione di

diametro minore uno stantuffo comandato dal pedale; in quella di diametro maggiore uno stantuffo che comanda il freno. Nello spazio compreso tra i due stantuffi, sulla parete della porzione di diametro minore, vi sono un'apertura d'arrivo dell'olio in pressione (da una pompa ad ingranaggi) ed un'apertura di scarico. Nella posizione di riposo del pedale, lo stantuffo da esso comandato lascia libera la luce di scarico, così che nel cilindro non v'è pressione; esercitando una certa pressione sul pedale lo stantuffo chiude parzialmente tale luce fino a che la pressione che si stabilisce nel cilindro equilibra la forza esercitata col pedale, siccome la stessa pressione agisce sullo stantuffo maggiore che comanda il freno, l'azione sul freno sarà proporzionale a quello sul pedale nel rapporto tra le aree degli stantuffi.

Lo stantuffo di diametro minore è munito di uno stelo centrale che, quando venga a mancare la pressione dell'olio, va a spingere lo stantuffo di diametro maggiore trasmettendo così al freno l'azione fatta dal pedale.

Giuseppe Pollone

#### BIBLIOGRAFIA

- Autorenkollektiv, *Kraftfahrzeug und Motorenkunde*, Band III. Fahrzeugbau, VEB Verlagstechnik, Berlin 1954.
- BUSSIEN R., *Automobiltechnisches Handbuch*, Band I, Technischer Verlag Herbert Cram, Berlin 1953.
- CHAGETTE J., *Technique Automobile*, Dunod, 1951.
- CROUSE W. H., *Automotive Chassis and Body*, Mc Graw Hill, 1955.
- DEAN-AVERNS R., *Automotive Chassis Design*, Iliffe and Sons Ltd., London, 1951.
- HELDT P. M., *The Automotive Chassis*, P. M. Heldt NYACK N. Y., 1948.
- LANGER P., *Kraftfahrtechnische Forschungsarbeiten*, 10, VDI Verlag Gmbh, Berlin 1937.
- PERROT H., *Le freinage des véhicules automobiles sue route*, Edition « Eyrolles », Paris 1956.
- PETER A., *Der Druckluft Bremsen Spezialist*, Richard Carl Schmidt und Co., Braunschweig, Berlin.
- PLEINES A., *Kraftfahrzeug, Bremsen*, Berliner Union, Stuttgart, 1951.
- POLLONE G., *Il veicolo*, Levrotto e Bella, Torino 1957.

# Lo studio del pneumatico

CARLO MAZZA, dopo aver descritto le parti fondamentali costitutive di un pneumatico, passa all'esame dei compiti e requisiti dei pneumatici, e al comportamento degli stessi in seguito al gonfiamento e sotto il peso del veicolo.

Il pneumatico rappresenta senza altro la più importante applicazione industriale della gomma, costituendo una parte vitale di tutti gli autoveicoli.

Si potrebbe adottare, per riassumerne le caratteristiche, la seguente definizione: « Cerchiatura elastica per ruote di veicoli, costituita da un involucro flessibile e resistente, contenente nel suo interno una membrana impermeabile all'aria, e collegato per mezzo di un cerchio metallico agli organi meccanici del veicolo ».

Come si vede, nella definizione stessa sono elencate le tre parti principali che costituiscono il pneumatico: la copertura, la camera d'aria e il cerchio.

La copertura, involucro flessibile e resistente, è una solida struttura, capace di resistere a una pressione interna di parecchie atmosfere, senza peraltro sacrificare alla solidità, le doti di flessibilità che le permettono di deformarsi, sotto l'azione del carico, e

di adattarsi agevolmente alle asperità stradali.

La camera d'aria, sottile membrana di gomma di forma torica, ha il compito di contenere nel suo interno l'aria compressa, e di assicurare la perfetta tenuta della pressione di gonfiamento del pneumatico.

Il cerchio è l'organo metallico di collegamento fra l'elemento deformabile — la copertura —, e il veicolo.

Le origini del pneumatico si possono fare risalire a un'invenzione dell'inglese Robert William Thomson, brevettata nel 1845, in cui il pneumatico veniva descritto come un « supporto elastico », che poteva considerarsi simile a una « cintura cava », destinata ad essere riempita o gonfiata con aria, per sostituirsi alla cerchiatura metallica delle ruote di legno allora in uso. Questa idea fu ripresa nel 1888 da John B. Dunlop, che applicò per primo il pneumatico alla bicicletta. Se, nei suoi elementi essenziali il pneumatico è rimasto analogo a quello usato alla fine del secolo scorso, enormi progressi sono stati fatti, per ognuno dei suoi elementi costituenti, fino ad arrivare alla forma attuale.

Dati i numerosi incidenti a cui i pneumatici andavano soggetti, si è cercato dapprima di rendere facilmente smontabile la copertura dal cerchio, passando in un primo tempo al tipo a talloni estensibili (fig. 1) in cui il cerchio abbracciava tutta la parte inferiore della copertura, rinforzata da strati longitudinali di tele gommate, e in un secondo tempo al tipo a talloni inestensibili, (fig. 2) in cui la parte destinata ad andare a contatto con il cerchio è resa indeformabile mediante l'introduzione di elementi metallici.

La parte destinata a subire il contatto con il terreno — il battistrada —, che in origine era costi-

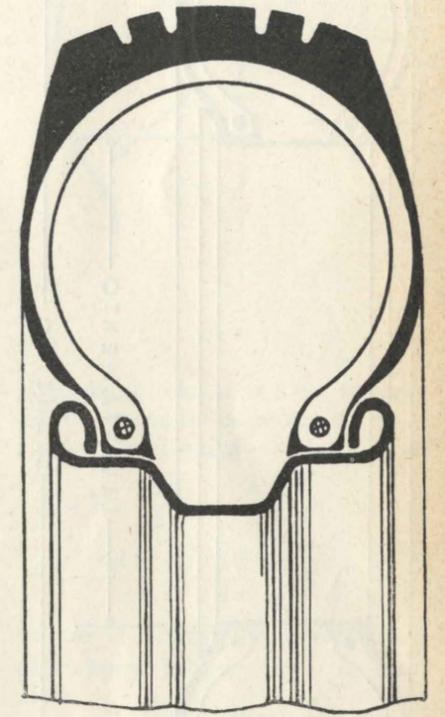


Fig. 2

tuito da liste di cuoio, talvolta rinforzato da chiodi per aumentare l'aderenza al terreno, è stata costruita con miscela di gomma rinforzata con forti quantità di nerofumo, di cui si è scoperta attorno al 1910 la caratteristica di aumentare notevolmente la resistenza all'abrasione.

La carcassa, in un primo tempo costituita da tele aventi, come tutti i normali tessuti, trama e ordito (tessuti quadri), dopo il 1920 venne costruita da strati di tessuto che offrivano resistenza solo nel senso dell'ordito, aventi trame sottilissime o essendone addirittura privi (tessuti cord). Le cause di riscaldamento e di rottura dovute alle sollecitazioni nei punti di intersezione e di contatto fra trama e ordito furono evitate e al pneumatico si aprì la strada all'applicazione sugli autoveicoli industriali di maggiore portata.

Gli autocarri impiegati nella prima guerra mondiale erano equipaggiati con anelli di gomma piena.

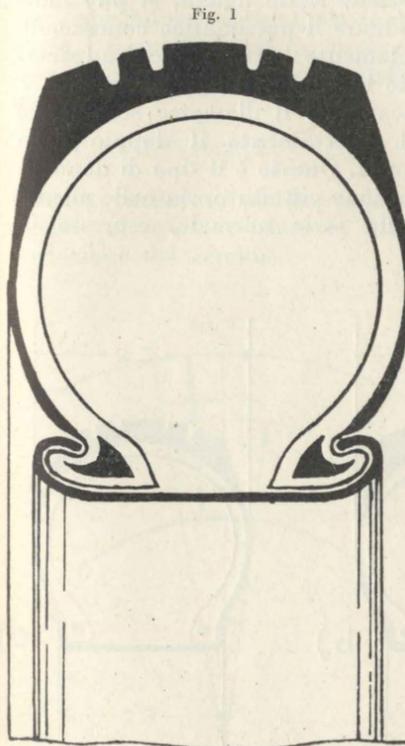


Fig. 1

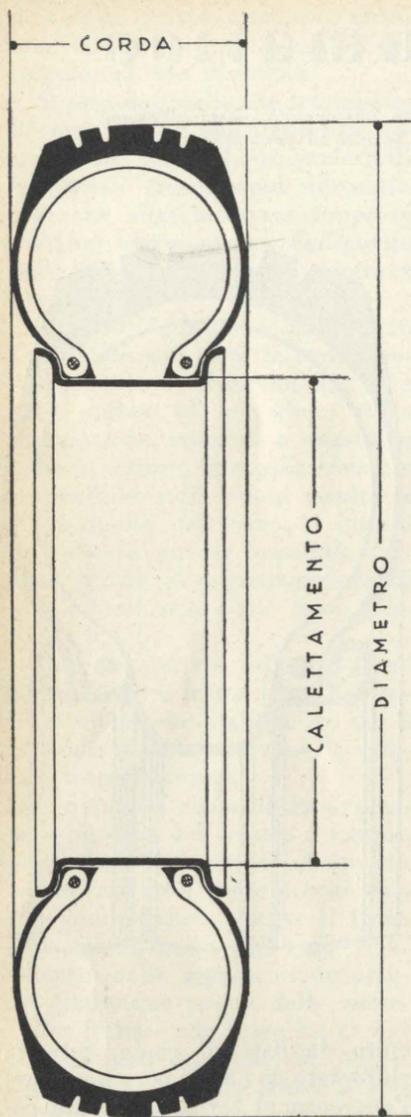


Fig. 3

Anche la camera d'aria ha subito delle trasformazioni: alla gomma naturale è stata sostituita una speciale gomma sintetica — il butile —, che presenta una permeabilità all'aria circa 10 volte minore. Ma la più radicale innovazione si sta vivendo in questi anni, in cui il progresso nella costruzione dei cerchi e delle coperture, e nella confezione di particolari mescole, ha permesso di eliminare completamente la camera d'aria dalle coperture per autovettura, e per autoveicoli industriali.

*Compiti e requisiti del pneumatico.*

Il pneumatico deve essere considerato alla pari di un organo di macchina: esso costituisce infatti un accoppiamento meccanico tra

veicolo e strada per la trasmissione del movimento; è dunque la parte finale del sistema di trasmissione.

Ma i suoi compiti non terminano qui: il veicolo si appoggia sui pneumatici, che hanno una funzione importante, data la loro flessibilità, in tutto il sistema di sospensione. Infine, accoppiato agli elementi dello sterzo, il pneumatico guida il veicolo sulla strada, entrando a far parte quindi del sistema di direzione.

Per soddisfare ai suoi compiti, il pneumatico deve possedere alcuni requisiti fondamentali che assicurino la sua completa funzionalità. Esso deve presentare quindi una perfetta aderenza al terreno, sia in senso longitudinale, per la trasmissione del moto, che in senso trasversale, per l'efficacia della guida. Esso deve poter deformarsi, e sopportare numerosissimi cicli di deformazione, senza affaticarsi o riscaldarsi eccessivamente; deve accoppiare alla propria caratteristica elastica, una certa perdita per isteresi, che smorzi, a contatto con il terreno, le oscillazioni di frequenza più elevata. Requisiti fondamentali, di cui è inutile sottolineare l'importanza sono infine la sicurezza di funzionamento e la durata.

*Tipi e denominazione, dei pneumatici.*

I pneumatici possono essere distinti in base a diversi elementi: in genere si dividono a seconda dell'impiego a cui sono destinati. Parleremo quindi di pneumatici per biciclette, moto, auto, auto-

veicoli industriali, trattori, aerei eccetera.

Naturalmente, i tipi vanno sempre più estendendosi, di mano in mano che il campo di applicazione dei pneumatici si allarga. Negli ultimi anni ad esempio si è notevolmente arricchita la gamma dei pneumatici per usi agricoli, e per l'impiego su terreno vario (macchine scavatrici ecc.); richiedendo la soluzione di problemi particolari, che si presentavano per la prima volta ai costruttori.

I pneumatici dei diversi tipi hanno denominazioni differenti: queste però si riferiscono sempre alle dimensioni principali, e i valori che ne contraddistinguono la misura, permettono di ricavare, con una certa approssimazione, i dati di massimo ingombro.

Le dimensioni principali di un pneumatico sono tre: la corda, uguale alla larghezza massima della sezione, il diametro, uguale al diametro esterno del pneumatico, e il calettamento, uguale al diametro del cerchio di montaggio.

Queste dimensioni sono schematicamente rappresentate nella figura 3. Un pneumatico è quindi individuato quando se ne conoscono le tre dimensioni principali. Se poi si ammette che il pneumatico abbia una forma torica, che cioè la larghezza e la altezza della sezione siano uguali, si può individuare il pneumatico conoscendo solamente due dimensioni, ad esempio la corda ed il calettamento, e ricavando il diametro sommando al calettamento il doppio della corda. Questo è il tipo di denominazione più usato, sia nelle misure della serie normale, espresse in

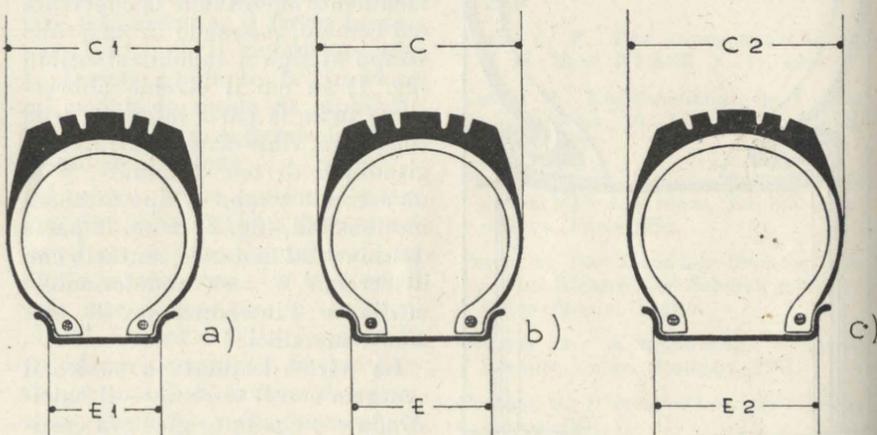


Fig. 4

pollici, che in quelle della serie metrica, espresse in millimetri. Naturalmente, i dati di ingombro ricavati dalle misure nominali del pneumatico non sono rigorosi: per tutte le misure esistono tabelle di unificazione, dove sono indicate le dimensioni esatte e le relative tolleranze. A queste tabelle, o a quelle fornite dai costruttori di pneumatici, deve riferirsi chi vuole conoscere i reali dati di ingombro.

Abbiamo detto che il pneumatico risulta dall'accoppiamento di tre elementi separati: la copertura, la camera e il cerchio. Le dimensioni di un pneumatico di una data misura si riferiscono a una data copertura, montata e gonfiata su un dato cerchio. Può accadere, talvolta, che una copertura venga montata su un cerchio più stretto o più largo di quello previsto (avente naturalmente lo stesso calettamento); le dimensioni di ingombro risultano di conseguenza variate.

La copertura di figura 4b, montata su un cerchio  $E_1$  più stretto del normale ha assunto una corda  $C_1$  (fig. 4a), mentre se montata su un cerchio  $E_2$  più largo del normale assume una corda  $C_2$  (fig. 4c).

La dimensione della corda indicata sulla tabella, (in cui è anche indicato il cerchio di montaggio), sono variate secondo una legge che, con buona approssimazione, entro i normali limiti di applicazione, può essere espressa dalla formula:

$$C_1 = C + 0,4 (E_1 - E)$$

cioè la variazione della corda è uguale ai quattro decimi della variazione del cerchio.

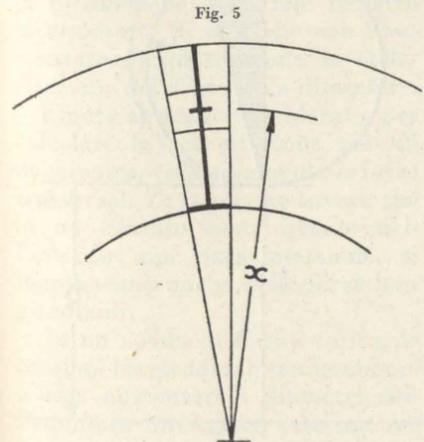


Fig. 5

*Il pneumatico gonfiato: profilo della carcassa e sollecitazioni principali.*

Montiamo copertura e camera sul cerchio e misuriamo le dimensioni di ingombro. Seguiamo la variazione di queste dimensioni durante il gonfiamento: osserveremo che in generale lo sviluppo equatoriale tende a diminuire, mentre la corda trasversale aumenta sensibilmente. Fra le dimensioni dello stampo in cui la copertura è stata vulcanizzata e quelle del pneumatico gonfiato esiste una differenza, stabilita in sede di progetto, che tende a creare uno stato di sollecitazione statica in alcune parti della copertura. Queste sollecitazioni miglioreranno le condizioni di lavoro durante l'impiego.

La variazione del profilo della carcassa, dovuta alla pressione di gonfiamento, è conseguenza dello stesso fenomeno che fa assumere la forma sferica alle bolle di sapone, o che fa gonfiare le vele sotto l'azione del vento. Essa può essere ricondotta, per alcuni casi, allo studio della superficie di area minima, che racchiuda il massimo volume.

Corrispondentemente nascono nei fili delle tele di carcassa delle sollecitazioni che equilibrano le forze esterne dovute alla pressione di gonfiamento.

Vediamo di esaminare tali sollecitazioni. Supponiamo di materializzare l'elemento di copertura compreso tra due sezioni meridiane molto vicine con un filo flessibile ed inestensibile (figg. 5 e 6). Dalla teoria dei fili sappiamo che se  $\bar{F}$  è la forza esterna,  $T$  la sollecitazione nel filo e  $ds$  l'arco, si ha:

$$\bar{F} = \frac{dT}{ds}$$

Se il filo è flessibile, la tensione nel filo è diretta secondo la tangente. Perciò possiamo scrivere, se  $\bar{t}$  è un versore diretto secondo la tangente in un punto generico alla curva di equilibrio del filo,

$$\bar{T} = T \bar{t}$$

e sostituendo nella precedente equazione

$$\frac{dT}{ds} = d \left( \frac{T \bar{t}}{ds} \right) = \frac{dT}{ds} \bar{t} + T \frac{d\bar{t}}{ds}$$

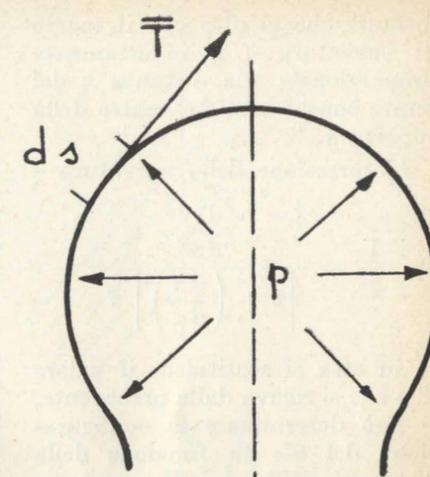


Fig. 6

Ricordando che se  $n$  è un versore diretto secondo la normale principale e  $\rho$  il raggio di curvatura

$$\text{si ha: } \frac{d\bar{t}}{ds} = \frac{\bar{n}}{\rho}, \text{ per cui}$$

$$\bar{F} = \frac{dT}{ds} = \frac{dT}{ds} \bar{t} + T \frac{\bar{n}}{\rho}$$

da cui si ricavano le componenti di  $\bar{F}$  lungo la tangente e la normale

$$F_t = \frac{dT}{ds}$$

$$F_n = \frac{T}{\rho}$$

Ma le forze esterne sono quelle dovute alla pressione, dirette normalmente al filo e perciò aventi componente tangenziale nulla: cioè

$$F_t = 0$$

e quindi

$$\frac{dT}{ds} = 0 \text{ cioè } T = \text{costante};$$

la tensione si trasmette inalterata lungo tutto il filo, da cerchietto a cerchietto.

La forza  $F_n$  è data dalla pressione di gonfiamento, per l'area che si considera, la quale essendo compresa tra due piani meridiani, è proporzionale alla sua distanza  $x$  dal centro di rotazione. Si ha dunque

$$F_n = kpx = \frac{T}{\rho}$$

Essendo  $p$  costante, e anche  $T$  costante lungo il filo, raggruppando le costanti possiamo scrivere

$$\rho x = \frac{T}{kp};$$

formula che ci dice che il raggio di curvatura  $\rho$  è inversamente proporzionale alla distanza  $x$  del punto considerato dal centro della copertura.

L'espressione della curvatura è

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\frac{d^2 y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}};$$

se in essa si sostituisce il valore di  $\rho$  che si ricava dalla precedente, si può determinare la configurazione del filo in funzione della distanza  $x$  dell'asse della copertura.

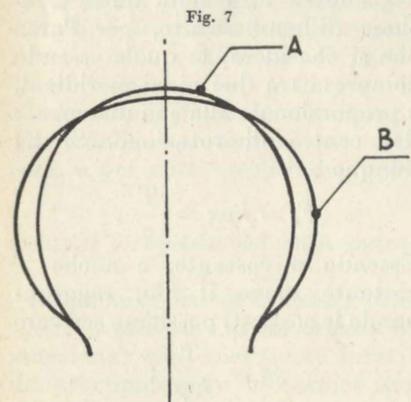
La risoluzione dell'equazione differenziale porta all'integrazione di un integrale ellittico, e quindi non esprimibile in termini finiti. Sono già state trovate soluzioni tabulari: più semplice è la soluzione grafica, per archi di cerchio, valendosi della relazione di proporzionalità inversa fra raggio di curvatura e distanza  $x$  dell'asse di rotazione.

Nella relazione figura naturalmente anche la sollecitazione  $T$  di tensione lungo il filo: la soluzione ci dà quindi, oltre alla equazione della curva che rappresenta il profilo della carcassa, anche il modo di conoscere le forze a cui sono sottoposte le tele.

L'ipotesi che ci è servita per ricavare l'equazione di equilibrio della carcassa e le sollecitazioni dei fili, non corrisponde esattamente alla realtà.

Le normali coperture non hanno i fili di carcassa disposti in piani meridiani, ma lungo eliche toriche che si incrociano.

Il vettore  $T$  non è contenuto quindi nel piano tangente, ma ha anche una componente diretta come la binormale alla linea percorsa da un filo. Il calcolo, in



questo caso, diventa pressoché impossibile.

La forma di equilibrio, ricavabile sperimentalmente, si scosta da quella calcolata precedentemente, riducendo l'altezza di sezione, e aumentando la corda.

In figura 7 sono segnate le curve di equilibrio di due carcasse che, a parità di sviluppo, hanno i fili disposti secondo piani meridiani (linea A) e secondo eliche toriche incrociantisì (linea B).

La posizione della linea B dipende dall'angolo secondo cui si incrociano le eliche in corrispondenza all'equatore esterno: quanto più quest'angolo è acuto, tanto più schiacciata è la linea di equilibrio.

Se il profilo di equilibrio può essere determinato sperimentalmente, è indispensabile conoscere invece, sia pure con una certa approssimazione, la sollecitazione della carcassa.

Possiamo, ad esempio, assimilare il pneumatico ad un toro e determinare la sollecitazione sull'equatore ricorrendo al principio dei lavori virtuali. In corrispondenza di uno spostamento virtuale  $\delta s$  (fig. 8), la forza  $F$  agente lungo l'equatore compie un lavoro  $F \cdot \delta s$  che deve essere uguale al lavoro compiuto dalla pressione,  $p \cdot \delta v$  cioè

$$F \delta s = p \delta v$$

Ammettendo che lo spostamento  $\delta s$  sull'equatore produca un aumento di sezione equivalente ad un triangolo di area  $\frac{1}{2} \delta s \cdot 2r$ , la variazione di volume  $\delta v$  risulta

$$\delta v = \delta s \cdot r \cdot 2\pi \left(R + \frac{4}{3} r\right).$$

e quindi

$$F \cdot \delta s = p \cdot \delta s \cdot r \cdot 2\pi \left(R + \frac{4}{3} r\right)$$

La sollecitazione per unità di lunghezza lungo la carcassa risulta:

$$T = \frac{F}{2\pi(R + 2r)} = \frac{R + \frac{4}{3} r}{R + 2r} p r$$

Analogamente si potrebbe ricavare la sollecitazione in un punto dell'intradosso:

$$F' \delta s = p \cdot 2r \frac{\delta s}{2} \cdot 2\pi \left(R + \frac{2}{3} r\right)$$

$$= p r \delta s \cdot 2\pi \left(R + \frac{2}{3} r\right):$$

$$T' = \frac{F'}{2\pi R} = p r \frac{R + \frac{2}{3} r}{R}$$

Da queste espressioni si vede che la sollecitazione per unità di lunghezza si può ricondurre alla formula di Mariotte valida per il cilindro indefinito ( $T = p \cdot r$ ) corretta da un termine dovuto alla toricità. Questo termine tende al valore 1 quanto più  $r$  è trascurabile rispetto a  $R$ .

La tensione all'intradosso non ha interesse per il calcolo delle tele; essa però può permetterci di calcolare lo sforzo che i talloni esercitano sulle balconate del cerchio.

Questo sforzo dipende dalla posizione dei talloni: poichè infatti le tensioni sono dirette tangenzialmente alla superficie torica, lo sforzo sulle balconate è minore di quello ricavato all'intradosso, dove le tensioni sono normali al piano equatoriale.

Una volta conosciuta la tensione per unità di lunghezza della carcassa, è necessario ricavare la sollecitazione su ogni tela e, meglio ancora, su ognuna delle tortiglie, di cui la tela è composta. La carcassa comprende un numero  $x$  di tele, disposte in strati aventi le direzioni dei fili alternativamente incrociantisì; l'unità composta da due tele vicine si chiama «doppione». Il numero dei doppioni  $N$  è quindi la metà del numero

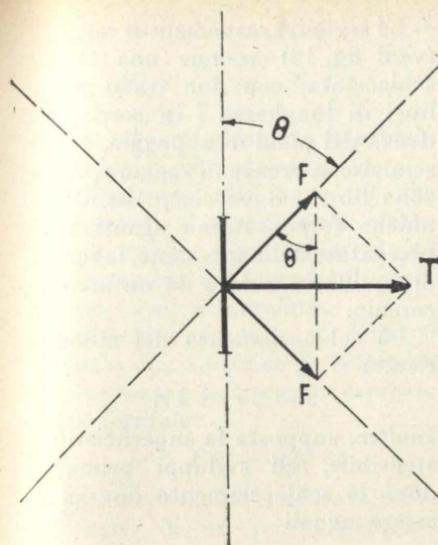
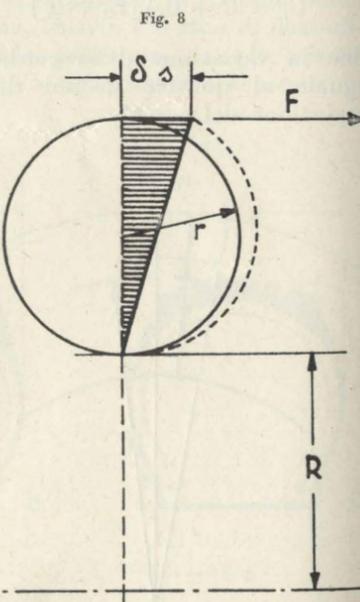


Fig. 9

delle tele, e la tensione su ogni doppione sarà  $\frac{T}{N}$ . Se scomponiamo la tensione su un doppione, secondo le direzioni delle due tele che lo compongono, otteniamo la sollecitazione su ogni tela (fig. 9).

$$\text{Essa risulta } F = \frac{T}{N} \frac{1}{2 \sin \theta}$$

La sollecitazione è sempre riferita all'unità di lunghezza misurata lungo l'equatore della carcassa: attraverso a questa unità di lunghezza passa un numero di fili dato da  $n \sin \theta$ , se  $n$  è il numero di fili misurato perpendicolarmente alla direzione dei fili stessi (fig. 10)

$$f = \frac{F}{n \sin \theta} = \frac{T}{2 N n \sin^2 \theta}$$

La sollecitazione sul filo dipende: dalla tensione totale della carcassa, dal numero delle tele, dal numero dei fili di ogni tela, e dall'angolo di inclinazione delle tele rispetto all'equatore. Si noti che con l'aumentare di quest'angolo la sollecitazione dei fili tende a diminuire.

Finora abbiamo considerato, per calcolare la sollecitazione dei fili di carcassa, esclusivamente le forze trasversali  $T$ ; sappiamo invece che in un cilindro cavo, avente nell'interno una data pressione, si manifestano anche delle forze longitudinali.

In un solido di forma torica, le tensioni longitudinali tenderebbero a fare aumentare i diametri dell'equatore interno ed esterno: nel

caso del pneumatico le dimensioni dell'equatore interno sono obbligate a un valore fisso, determinato dalla indeformabilità dei cerchietti. È appunto la grande differenza fra i moduli di elasticità dei cerchietti e delle tele gommate, che ci permette di trascurare, nel calcolo delle sollecitazioni di carcassa, le forze longitudinali, e di tenere conto di queste solamente per il calcolo dei cerchietti.

Per mettere in evidenza gli sforzi longitudinali, immaginiamo di tagliare il pneumatico con un piano meridiano, passante cioè per l'asse di rotazione (fig. 11).

La sezione può essere schematizzata in due segmenti circolari che rappresentano la copertura, più un rettangolo avente per lati il diametro di calettamento e la larghezza fra i due talloni.

La somma delle forze agenti sulla sezione è uguale alla pressione di gonfiamento per la somma delle aree considerate.

Per un primo calcolo approssimato, si possono assimilare le due sezioni rappresentanti la copertura a due cerchi, e pertanto la forza agente su tutta la sezione risulta:

$$F = p (2\pi r^2 + ED)$$

Questa forza si distribuisce uniformemente sui quattro cerchietti che compaiono nella sezione, e pertanto su ogni cerchietto agisce

		tipo auto	tipo giganti
N. tele	N	4	14
fili/cm	—	10	10
$r$	cm	7	14
$D$	cm	35	50
$p$	kg/cm <sup>2</sup>	1.5	6.—
$\theta$		40°	40°
$E$	cm	9	18
$d$	mm	0.9	0.9
N. fili cerchietto		16	136

Calcoliamo ora alcuni dati caratteristici

$T = p \cdot r$ (formula approssimata)	kg/cm	10.5	84
$F = \frac{T}{2 N n \sin^2 \theta}$	kg/filo	0.65	1.46
$F = p(2\pi r^2 + ED)$	kg	938	12.840
$\sigma = \frac{F}{\pi d^2 n}$	kg/mm <sup>2</sup>	23	37

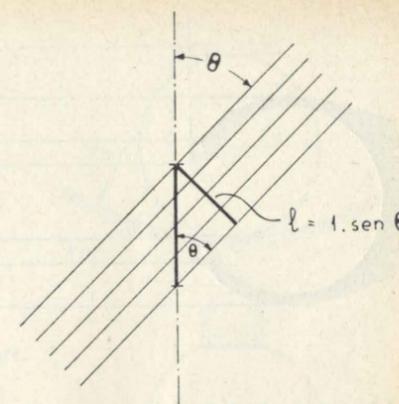


Fig. 10

una forza  $F/4$ . La sollecitazione specifica sull'acciaio, detto  $d$  il diametro dei fili che costituiscono il cerchietto e  $n$  il numero dei fili di un cerchietto, risulta:

$$\sigma = \frac{F}{4 \cdot \frac{\pi d^2}{4} n} = p \frac{2\pi r^2 + ED}{\pi d^2 n}$$

Esempio numerico.

Per applicare alcune delle formule ricavate in questo capitolo, e per avere un'idea dei valori delle sollecitazioni principali di un pneumatico, dovute alla sola pressione di gonfiamento, facciamone l'applicazione a due misure fondamentali, che possono essere prese ad esempio dei tipi «auto» e «giganti».

Diamo qui di seguito i valori dei parametri principali

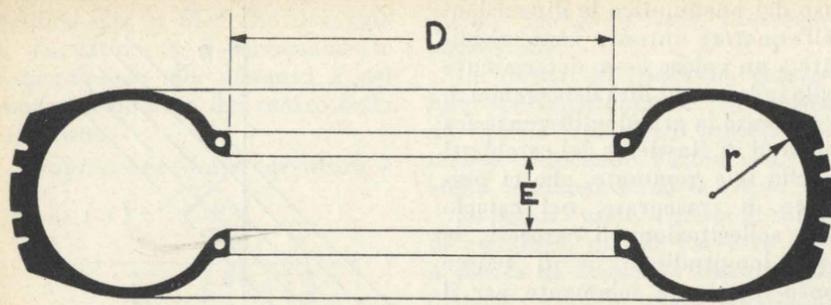


Fig. 11

L'esempio è stato fatto per mettere in evidenza l'ordine di grandezza delle sollecitazioni presenti nel pneumatico gonfiato. Si noti che esse raggiungono valori rilevanti, e spesso superiori a quanto non siamo abituati a considerarle nelle costruzioni meccaniche. Nel caso del pneumatico per autovettura abbiamo valori di sollecitazione inferiori a quanto si verifica invece nel caso di pneumatici per autoveicoli industriali.

I materiali che si devono impiegare, specialmente per quanto riguarda il tessuto di carcassa, sono evidentemente diversi.

In genere, però il coefficiente di sicurezza calcolato rispetto al carico di rottura, è sempre tenuto maggiore nel caso delle coperture per autovettura. Questo, oltre ad evidenti ragioni di sicurezza, anche per tenere conto della minore riserva di resistenza che hanno le carcasse a piccolo numero di tele, quando si verifici una lesione accidentale della copertura, che metta fuori uso le tele esterne della carcassa.

L'esempio che abbiamo esposto può servire naturalmente come uno schematico calcolo di verifica. In sede di progetto, conosciute le sollecitazioni principali, e fissato un certo coefficiente di sicurezza, si possono modificare, tenendo conto dell'influenza reciproca, oltre al tipo di materiale, anche la composizione della tortiglia, la fittezza del tessuto gommato, il numero delle tele, ed eventualmente anche l'angolo di inclinazione, quando questo non sia già imposto da particolari caratteristiche del pneumatico da progettare.

#### L'applicazione del carico.

Quando il pneumatico è gonfiato e montato sotto ad un auto-

veicolo, esso è chiamato a sopportare il peso del veicolo stesso. Il pneumatico subisce una deformazione (schiacciamento) e nel suo interno si genera la reazione al carico applicato.

Diciamo subito che questa reazione non è dovuta ad un aumento della pressione interna; non siamo qui in presenza di un fenomeno analogo a quello che si verifica quando si applica un carico ad uno stantuffo di un cilindro chiuso e pieno d'aria. Lo spostamento dello stantuffo provoca una diminuzione di volume e quindi un aumento della pressione: nel caso del pneumatico avviene un fenomeno del tutto diverso; infatti, se gonfiamo i pneumatici smontati, quando li montiamo sotto la vettura essi, pur schiacciandosi, non aumentano sensibilmente di pressione. La reazione del pneumatico al carico che gli viene imposto, è da attribuire invece alla tendenza che ha la carcassa a riprendere, una volta deformata, la sua forma di equilibrio, forma che le compete, data la pressione di gonfiamento.

In altri termini, quando il pneumatico viene caricato, una parte della carcassa si appiattisce contro il terreno.

L'azione della pressione di gonfiamento trova equilibrio non più nella curvatura della carcassa, ma nella reazione diretta del terreno contro il quale la carcassa è schiacciata. Una applicazione di questa ipotesi si ha nel calcolo approssimato del carico sopportato da un pneumatico, dato dalla pressione di gonfiamento moltiplicata per l'area della superficie di contatto col terreno (area di impronta).

Vediamo come reagisce un cilindro indefinito, gonfiato a una certa pressione  $p$ , quando venga schiacciato fra due piani paralleli all'asse.

La sezione trasversale di raggio  $r$  (vedi fig. 12) assume una forma schiacciata, con due tratti rettilinei di lunghezza  $l$  in corrispondenza dei piani di appoggio, e due semicirconferenze di raggio  $r_1$  nella zona libera, dove cioè, essendo le uniche forze esterne agenti rappresentate dalla pressione, la forma di equilibrio è data da un arco di cerchio.

Lo schiacciamento del cilindro risulta

$$s = 2r - 2r_1$$

Inoltre, supposta la superficie inestensibile, gli sviluppi prima e dopo lo schiacciamento dovranno essere uguali

$$2\pi r = 2\pi r_1 + 2l$$

$$\text{da cui } l = \pi(r - r_1) = \pi \frac{s}{2}$$

Il carico per una profondità unitaria, deve essere equilibrato dalla pressione  $p$  agente sul tratto schiacciato di lunghezza  $l$

$$Q = pl$$

e sostituendo il valore di  $l$  precedentemente ricavato

$$Q = \frac{\pi p s}{2}$$

Il carico sopportato è direttamente proporzionale alla pressione e alla deformazione del cilindro: esso è invece indipendente dalle dimensioni del cilindro stesso.

Un ulteriore passo avanti, verso lo studio delle caratteristiche di deformazione del pneumatico è dato dall'applicazione delle precedenti considerazioni al caso del toro. Potremo qui immaginare di sezionare il toro in elementi infinitesimi cilindrici di profondità  $R d\alpha$  e ad ognuno di questi appli-

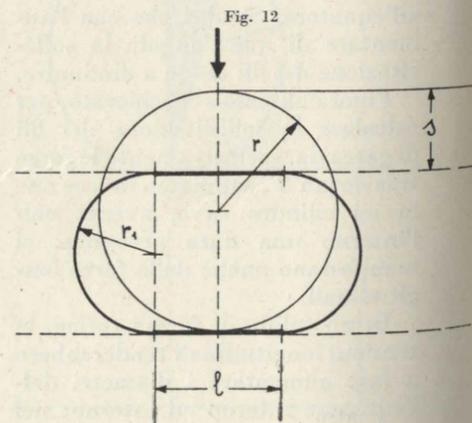


Fig. 12

care la formula precedente

$$dQ = \frac{\pi}{2} p s_\alpha \cdot R d\alpha$$

dando ad ogni elemento lo schiacciamento  $s_\alpha$  che gli compete.

Riferiamoci alla figura 3 che rappresenta il toro avente centro il  $O$  e raggio equatoriale  $R$ ;  $t-t$  sia la traccia del piano sul quale il toro viene schiacciato.

Lo schiacciamento  $s$ , detto  $\theta$  l'angolo che sottende la semiarea di impronta, può essere espresso dalla formula:

$$s = R(1 - \cos \theta)$$

Lo schiacciamento misurato sulla verticale, di un punto generico risulta

$$s_\alpha = R(\cos \alpha - \cos \theta)$$

la formula di carico diventa dunque

$$dQ = \frac{\pi}{2} p R^2 (\cos \alpha - \cos \theta) d\alpha$$

che, integrata fra  $-\theta$  e  $+\theta$  dà

$$Q = \pi p R^2 (\sin \theta - \theta \cos \theta)$$

Sviluppando in serie le funzioni trigonometriche e arrendandoci ai primi due termini, possiamo scrivere

$$Q = \pi p R^2 \cdot \frac{1}{3} \theta^3$$

Possiamo ricavare il valore di  $\theta$  in funzione dello schiacciamento, utilizzando ancora lo sviluppo in serie

$$s = R \frac{\theta^2}{2} \theta = \left(\frac{2s}{R}\right)^{\frac{1}{2}}$$

per cui

$$Q = \frac{\pi}{3} p R^2 \left(\frac{2s}{R}\right)^{\frac{3}{2}} = \frac{\sqrt{8}}{3} p R^{\frac{1}{2}} s^{\frac{3}{2}}$$

La formula a cui si arriva rappresenta un passo avanti, ma non la soluzione completa nel caso del pneumatico.

Altre considerazioni si possono fare, che portano a risultati più approssimati: in genere, si segue

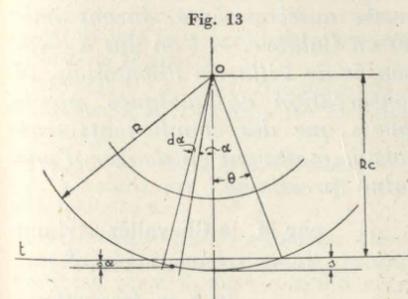


Fig. 13

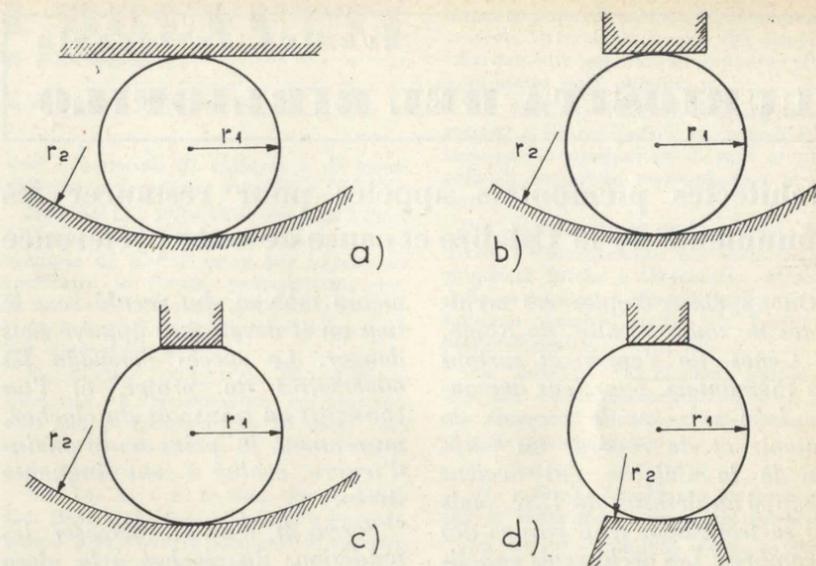


Fig. 14

sempre la strada indicata: si parte da considerazioni sul tubo indefinito, per poi passare alla superficie torica. Alcuni esempi, che servono ad avvicinare lo schema adottato per il calcolo possono essere raffigurati nella seguente figura 14.

In a) il cilindro è schiacciato fra un piano indefinito e una superficie concava. In b) il piano assume una larghezza definita, e quindi, per un certo valore di schiacciamento si ha una discontinuità nella reazione al carico applicato. In c) il piano è già direttamente vincolato al cilindro per tutta la sua lunghezza. In d) anche la superficie concava su cui il cilindro si appoggia ha una larghezza limitata. Quest'ultimo schema è quello che più si avvicina alla realtà: in esso vi sono raffigurati due punti fissi che rappresentano i talloni della copertura, e un piano di appoggio, avente una propria curvatura e una propria larghezza, che rappresenta il battistrada, la cui curvatura è in generale diversa da quella della carcassa (in modo che, quando il battistrada è completamente appiattito contro il terreno, la carcassa conserva parte della curvatura iniziale).

Naturalmente, sviluppando i calcoli analogamente a quanto fatto per il caso più semplice, si ottengono di volta in volta risultati più approssimati: non si riesce però a riprodurre in una formula il vero andamento dello schiacciamento di un pneumatico poiché

non si può prescindere dalla influenza che sullo schiacciamento hanno la struttura della carcassa, la rigidità propria dei materiali che la compongono, la larghezza del cerchio di montaggio, lo stesso disegno del battistrada.

Per conoscere il vero comportamento di un pneumatico si ricorre alla determinazione pratica della caratteristica di schiacciamento. Le formule ricavate teoricamente sono molto utili quando si debba prevedere il comportamento di un pneumatico che esista solo in progetto, e questo può essere ricavato con criteri di similitudine rispetto a pneumatici di diverso dimensionamento ma di identiche caratteristiche strutturali.

La determinazione pratica della caratteristica di schiacciamento è relativamente semplice.

Il pneumatico, gonfiato a una determinata pressione, viene fissato a una flangia e premuto sul piano di una bilancia. È facile leggere la variazione del raggio sotto carico, e quindi dello schiacciamento, in corrispondenza del carico, letto sulla bilancia. È così possibile vedere l'influenza sia dei parametri che intervengono nella formula di schiacciamento, sia degli altri fattori, che ne fanno variare le caratteristiche.

Riportando in diagramma gli schiacciamenti in funzione dei carichi, si ottiene la caratteristica elastica del pneumatico.

Carlo Mazza

## CURIOSITÀ DEL BIBLIOFILO

## Architectes piémontais appelés pour restaurer les monuments de la Calabre et cause de cette préférence

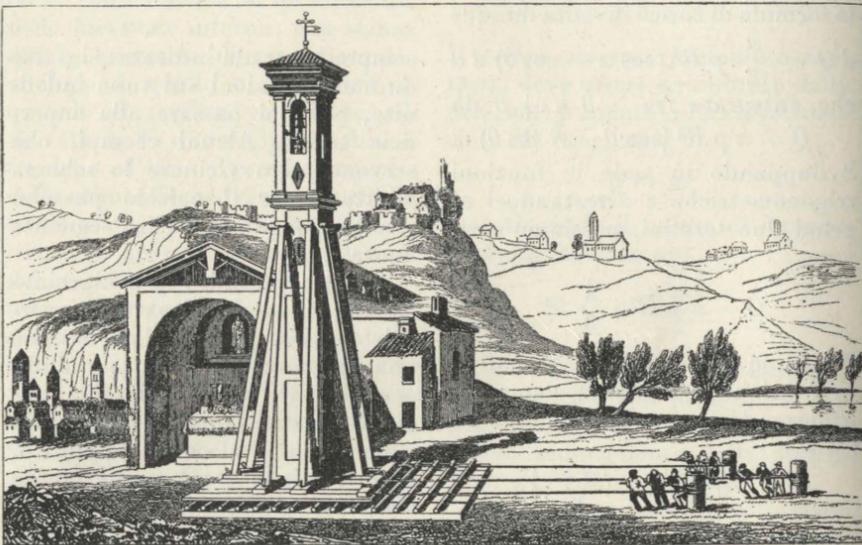
On appela à Naples des architectes de toute l'Italie, de Rome, de Gênes, de Venise, et surtout des Piémontais, pour leur demander leur avis sur le moyens de soutenir et de réparer les édifices de la Calabre qui avaient échappé au désastre du 1782, mais qui se trouvaient trop voisins des décombres. Les architectes napolitains montrèrent aussi un grand désintéressement, et des talents fort distingués. La raison pour laquelle des Piémontais furent comme de préférence appelés à Naples, fait trop d'honneur à cette partie de l'Italie pour que nous ne rapportions pas ici le fait qui, en 1776, avait rempli la Péninsule tout entière de surprise et d'admiration. Près de la ville de Crescentino, au confluent du Pô, on avait érigé anciennement une chapelle dite Notre-Dame du Palais, sur les ruines de l'ancien palais de la reine Placidie, fille de Théodose-le-Grand, et qui était venue s'établir dans les environs de Milan à la fin de l'année 394.

En 1774 l'administration locale conçut le projet de prolonger l'ancienne église au moyen d'une rotonde. Il en résultait l'inconvénient d'être forcé d'abattre un clocher qui se trouvait dans la périphérie du cercle, et les habitants tenaient beaucoup à ce clocher.

Serra Crescentino, simple maçon, mais homme de génie, quoique absolument illettré, conçut le projet de conserver le clocher, en le transportant, sans le démolir, quelques pas plus loin, limite nécessaire pour la nouvelle construction de la rotonde. Les savants qui avaient étudié dans les livres, les hommes de traditions repoussèrent cette idée comme extravagante mais Serra expliqua son plan, et il en fit l'année suivante l'application à un autel menacé de perdre toute solidité, à la suite d'un éboulement de terres: ce grand autel, surmonté d'un im-

mense tableau, fut reculé vers le lieu où il devait être appuyé sans danger. Le succès persuada les adversaires du projet, et l'on consentit au transport du clocher, moyennant le prix de la main-d'œuvre, évalué à cent cinquante livres.

Serra fit d'abord disposer les fondations du clocher à la place



Plance 83. Transport du Clocher Notre Dame du Palais près Crescentino. 1776.

qu'il devait occuper; ensuite, il construisit la charpente telle qu'on la voit dans la planche 83 (\*), ainsi que le plan incliné sur lequel des rouleaux devaient jouer.

(\*) Je tire ce fait si extraordinaire, de l'excellente histoire de Verceil, 3 vol. in-4°, Turin, 1819, fig. M. le président de Gregori, auteur de cette histoire de sa patrie, président d'une cour royale en France, s'est fixé parmi nous: on peut, avec raison, le regarder comme un des meilleurs criminalistes qui existent aujourd'hui, et ses travaux sur les différentes dispositions du code pénal de toutes les nations, offrent des recherches et des solutions très-savantes. M. de Gregori n'excella pas moins dans la connaissance des arts, des sciences, de l'histoire, et il est permis de dire que parmi nos académies, il y en a trois, sans doute, qui feraient une acquisition utile et juste en l'appelant dans leur sein.

Dans la journée du 25 mars 1776, des ouvriers maçons coupèrent les quatre angles du clocher, qui se trouva soutenu en équilibre sur les poutres, ainsi qu'on peut l'observer sur ladite planche. Le 26, en présence d'une foule de curieux attirés de toutes parts, et après avoir fait monter son fils dans le clocher pour qu'il tint les cloches en branle, Serra fit jouer les cabestans, et en moins d'une heure le clocher fut amené sur ses nouvelles fondations. Les quatre angles y furent reconstruits, et l'édifice reçut même une élévation de six mètres, qui lui a été donnée, afin qu'il surpassât de beaucoup en hauteur la fastueuse rotonde de la nouvelle église. Ce

fait si remarquable parce que le Pô coule rapidement à peu de distance, et que les alluvions rendaient le terrain peu solide, est prouvé par un procès-verbal des administrateurs de la ville. Le roi Amédée III fit appeler à Turin le maçon Serra, et lui accorda une pension. Les procédés employés par Serra, qui a le premier conçu et exécuté la translations d'une masse aussi pesante, furent imités en Calabre, et l'on dut à cette pensée de l'illustre Piémontais, la conservation de quelques monuments que des éboulements trop voisins mettaient en danger d'une ruine prochaine.

par M. le Chevalier Artaud

Membre de l'Institut de France - 1847

(a. c. m. transcrittore)

## RUBRICA DEI BREVETTI

a cura di FILIPPO JACOBACCI

Segnalazione di brevetti italiani di recente pubblicazione

No. 564342 - 28.12.1956, Akesson Ossian, « Dispositivo di pesatura automatica degli ingredienti introdotti nel recipiente di mescolanza di mescolatori, particolarmente di calcestruzzo ».

No. 563704 - 11.12.1956, Officine M.E.A.C. Macchine Edili Attrezzi Cantieri, « Chiusura rapida a cunei delle casafornate per costruzioni in cemento armato ».

No. 564304 - 7.8.1956, Ricci Ercole « Carrello adatto al trasporto di blocchi, particolarmente blocchi di marmo, pietra e simili ».

No. 564560 - 8.1.1957, S.C.I.R.C.M.A. Soc. Coop., « Complesso rotativo per la costruzione di tubi in cemento ».

No. 564234 - 6.6.1956, Sagretti Pietro e Zanconi Elio, « Macchina utensile costituita da un cavalletto trasportabile con carrello scorrevole e fornita di una sega circolare e di un disco abrasivo, particolarmente adatta per il taglio di materiali diversi da costruzione ».

No. 563528 - 31.10.1956, Stenuick André, « Dispositivo applicabile alle macchine usate per la perforazione delle rocce in vista dell'applicazione di una pressione costante sulle rocce stesse ».

No. 563527 - 24.10.1956, Stihl Andreas, « Catena per seghe del tipo a catena ed azionate a motore, impiegate per effettuare operazioni di taglio e incisione in pietra dura ».

7) Lavorazione (parte meccanica) delle materie plastiche, della gomma e materie simili al corno non prevista altrove.

No. 564013 - 5.7.1956, Agricola Reg. Trust, « Materiale plastico, espanso, rinforzato per aumentare la sua resistenza contro i danneggiamenti dell'usura, degli strappi e laceramenti, particolarmente ma non esclusivamente per imbottire rivestimenti e simili ».

No. 564765 - 10.11.1956, Hupstar Lavorazione Materie Plastiche Soc. a. r. l., « Macchina automatica a pressoiniezione di materiale plastico o metallico con stampi e matrici ruotanti ».

No. 564179 - 29.12.1956, Jehier André, « Macchina per effettuare delle linee di saldatura trasversali su dei fogli continui di materia plastica di grande lunghezza ».

No. 563519 - 1.8.1956, Kelderer Francesco, « Incastro ad U o ad L per giunti rapidi di tubi in genere particolarmente in materia plastica ».

No. 564370 - 4.1.1957, Maschinenfabrik Weigarten A. G., « Pressa per materiali sintetici ».

No. 563964 - 28.12.1956, Plastiflex Soc. an., « Stampo per l'iniezione di materiale plastico ».

No. 564002 - 22.2.1956, Quentin Alberto, « Sistema di produzione di elementi stratificati piani o curvi costituiti a re-

sine e materiali di rinforzo e di riempimento e mezzi per attuarlo ».

No. 564113 - 30.10.1956, Ambrus Tibor, « Materiale di rinforzo costituito ad esempio da filo di vetro per oggetti da realizzare in forme, procedimento per la sua fabbricazione e prodotti rinforzati così ottenuti, in particolare carrozzerie per autoveicoli ».

No. 563598 - 19.12.1956, Bristol-Myers Company, « Procedimento ed apparecchio per la fabbricazione di corpi cavi specialmente a partire da tubi di materiale plastico ».

No. 564756 - 27.10.1956, Farbenfabriken Bayer Aktiengesellschaft, « Procedimento per produrre elementi di macchine da materiali sintetici ».

No. 564019 - 22.8.1956, Filon International Establishment, « Procedimento e apparecchiatura per fabbricare dei fogli composti comprendenti resine sintetiche polimerizzate e fibre di rinforzo e foglio composto così ottenuto ».

No. 564656 - 30.11.1956, General Aniline & Film Corporation, « Procedimento per ottenere un prodotto simile alla carta da sostanze minerali e resine sintetiche ».

No. 564715 - 17.4.1956, Imperial Chemical Industries Ltd., « Procedimento per migliorare la proprietà di presa, particolarmente nei riguardi degli inchiostri da stampa, di articoli di tereftalato di polietilene ».

No. 563975 - 21.4.1956, Im. Plast. di Cipriani M. e C., Soc. in nome coll., « Procedimento ed apparecchiatura per la formazione di tubetti contenitori a pareti flessibili in materiale plastico, e tubetti in tal modo realizzati ».

No. 564231 - 21.4.1956, Kamp Alex & Co., « Recipiente in polietilene e con rivestimento in lacca destinata a costituire sostanze volatili ».

No. 564182 - 29.12.1956, Manifattura Ceramica Pozzi Soc. p. a., « Procedimento per la fabbricazione di contenitori in materia plastica soffiati ed attrezzatura per attuare detto procedimento ».

No. 564184 - 29.12.1956, Manifattura Ceramica Pozzi Soc. p. a., « Procedimento per la fabbricazione di contenitori in materia plastica soffiati con l'impiego in un maschio termo-regolato ».

No. 564435 - 29.12.1956, Manifattura Ceramica Pozzi Soc. p. a., « Procedimento per la fabbricazione di contenitori in materia plastica soffiati, particolarmente di contenitori di piccole dimensioni, e apparecchiatura per attuare detto procedimento ».

No. 563675 - 20.12.1956, Marguerat Georges, « Macchina per la fabbricazione di sacchetti in materiale termo-saldabile ».

No. 564454 - 5.1.1957, Uteimet Soc. p. a., « Procedimento per formare su supporti a base di resine sintetiche un rivestimento superficiale a base di resine elevate caratteristiche superficiali al-

meno in parte di natura chimica completamente diversa da quella del supporto internamente ancorato al supporto stesso e prodotto così ottenuto ».

No. 564286 - 5.1.1957, Visking Corporation, « Procedimento ed apparecchiatura per la produzione di tubi in pellicola di materiale termoplastico e prodotto ottenuto ».

No. 564636 - 12.10.1956, Agricola Reg. Trust, « Procedimento per migliorare le proprietà fisiche e meccaniche di materiali termoplastici espansi, mediante trattamento termico seguito da azione di compressione ».

No. 564671 - 22.12.1956, Farbwerke Hoechst Aktiengesellschaft vormals Meister Lucius & Brüning, « Saldatura di tubi di materia plastica ».

No. 564252 - 19.12.1956, G. M. Pfaff A. G., « Corpo riscaldante per macchine per la saldatura di materiale plastico ».

No. 564103 - 12.4.1956, Luzzatto Ettore Notabartolo Luigi e Penasa Corrado, « Perfezionamenti a procedimento per il rivestimento interno di tubi non termoplastici con materiali termoplastici ».

No. 564273 - 2.1.1957, Onderzoekingsinstituut Research N. V., « Processo per la preparazione di materiale per estrusione da prodotti di policondensazione lineare, il materiale per estrusione così ottenuto come pure gli oggetti formati con esso ».

No. 564119 - 13.11.1956, Quentin Alberto, « Sistema per fabbricare tubi profilati e sagomati mediante Fimpiego di resine rinforzate da filati e tessuti di vetro e attrezzature relativi ».

No. 564739 - 29.8.1956, Reifenhäuser Anton, Titolare H. Reifenhäuser, « Procedimento e dispositivo per la estrazione continua o per il trasporto di elementi profilati come tubi, cavi o simili, in particolare di materiale sintetico ».

No. 563897 - 31.12.1956, Riv Officine di Villar Perosa Soc. p. a., « Laminato plastico, specialmente per sedili e schienali, con strato di supporto in fibra ».

No. 564661 - 7.12.1956, Tru Scale Inc., « Impianto per la lavorazione superficiale, a mezzo di sostanze abrasive, di lamine costituite da materiale plastico ».

No. 564755 - 24.10.1956, Bristol Aeroplane Company Ltd., « Perfezionamento nei processi di formatura per iniezione e nelle apparecchiature relative, specialmente per materie termoindurenti ».

No. 564200 - 31.12.1956, Edilplast Soc. p. a., « Procedimento per laminare prodotti resinosi in genere e in particolare resine termoindurenti ».

No. 564711 - 14.3.1956, Montecatini Soc. Gen. per l'Industria Mineraria e Chimica, « Manufatti, costituiti da alti polimeri del propilene, aventi migliorate proprietà superficiali, e procedimento per la loro preparazione ».

No. 564553 - 8.1.1957, Società Super Rold Corporation of California, « Stampo a cavità a matrice, per il ripristino particolarmente del tipo a fascia ».

No. 563534 - 6.11.1956, Firestone Tire & Rubber Co., « Procedimento e dispositivo per la fabbricazione di fogli di schiuma di lattice ».

8) *Stampa; macchine per tracciare linee; macchine da scrivere, timbri.*

No. 564376 - 2.1.1957, *Conte Giovanni*, « Sistema tipografico a rullo, con caratteri incisi su nastri di gomma, inseriti nel rullo spostabili con asta di comando o a mano ».

No. 564404 - 4.4.1956, *Di Salvo Gaetano*, « Dispositivo per la fusione di righe tipografiche di tutti i corpi di caratteri particolarmente applicabile alle macchine linotype ».

No. 563572 - 7.12.1956, *General Aniline & Film Corporation*, « Apparecchio per l'erogazione di liquidi per macchine per lo sviluppo di stampe ».

No. 564059 - 17.12.1956, *Schnellpressenfabrik Frankenthal Albert & Cie Aktiengesellschaft*, « Comando per macchine stampanti rotative, specie a rotocalco ».

No. 563911 - 12.12.1956, *Uranio Soc. p. a.*, « Dispositivo leva foglio per la stampa simultanea in due formati disuguali realizzato per le platine automatiche nelle macchine tipografiche ».

No. 564796 - 10.12.1956, *Gunther Wagner*, « Procedimento per la fabbricazione di carta carbone e carta copiativa specialmente nera ».

No. 563932 - 21.12.1956, *Horman Harold e Edward Rondthaler*, « Apparecchio fototipografico, associato a mascherina per effettuare composizioni fototipografiche ».

No. 563763 - 22.12.1956, *Meopta narodni podnik*, « Apparecchio di ingrandimento e da stampa, particolarmente per la esecuzione di immagini a più colori ».

9) *Veicoli senza rotaie.*

No. 564074 - 18.12.1956, *Allgaier-Werke G.m.b.H.*, « Rimorchio ad un solo asse comandato ».

No. 563587 - 17.12.1956, *Anderson John*, « Perfezionamento nei tergiscristallo ».

No. 563719 - 17.12.1956, *Baier Wilhelm KG*, « Dispositivo di guida per tetti apribili ripidi di autoveicoli fissato al canale di gronda ».

No. 564248 - 10.12.1956, *Bazzoffi Romolo*, « Fanale elettrico a luce lampeggiante per autoveicoli, combinato con freccia direzionale fuoriuscente e rientrante con moto rettilineo alternato ».

No. 563777 - 7.12.1956, *Bernasconi Giuseppe*, « Dispositivo antiabbagliante, particolarmente per fari di autoveicoli ».

No. 564455 - 2.1.1957, *Bertolini Dario*, « Sistema di furgonatura e cassonatura nonchè per eseguire sponde di automezzi mediante l'impiego di elementi trafilati incastrabili fra di loro ».

No. 563672 - 20.12.1956, *Bosch Robert G.m.b.H.*, « Proiettore per autoveicoli, munito di uno specchio cavo e di un'assistente lastra di diffusione della luce, nonchè di due sorgenti luminose inseribili a piacere ».

No. 564323 - 22.12.1956, *Bosch Robert G.m.b.H.*, « Impianto di tergicristallo, specie per autoveicoli, munito di un motore elettrico eccitato mediante un magnete permanente, nonchè di due interruttori inseriti in parallelo nel circuito dell'indotto ».

No. 563998 - 31.12.1956, *Boge G.m.b.H.*, « Dispositivo per il comando di elementi pneumatici di molleggio per veicoli ».

No. 563746 - 17.12.1956, *Boveri Primo*, « Applicazione di un freno aerodinamico sui veicoli ».

No. 564579 - 14.9.1956, *Bozzano Francesco Andrea*, « Segnalatore luminoso per sorpassi tra autoveicoli ».

No. 564595 - 4.12.1956, *Buttazoni Noemi*, « Sospensione perfezionata per veicoli od altro ».

No. 564310 - 6.10.1956, *Calabrò Luciano, Fasce Ferruccio, Rivara Alessandro*, « Variatore meccanico di velocità per i veicoli in genere e per qualsiasi altra applicazione ».

No. 564630 - 18.9.1956, *Calvi Virginio*, « Freno di sicurezza per l'arresto immediato degli autoveicoli in corsa mediante ancoraggio sul terreno ».

No. 563895 - 31.12.1956, *Carello Fausto & C. Soc.*, « Proiettore fendinebbia con luce di segnalazione incorporata ».

No. 563898 - 31.12.1956, *Carello Fausto & C. Soc.*, « Fanale posteriore di posizione per la marcia oscurata di veicoli ».

No. 563924 - 22.12.1956, *Casati Antonio*, « Metodo per la sistemazione in poco spazio di un numero plurimo di autovetture, e simili, o relative attrezzature ».

No. 564360 - 2.1.1956, *Ceretti & Tanfani Soc. p. a.*, « Sospensione con barra di torsione agente fra una coppia di assi per veicoli industriali a più di due assi ».

No. 564361 - 2.1.1957, *Ceretti & Tanfani Soc. p. a.*, « Dispositivo idrodinamico ripetitore per il comando da due posti distinti di organi operativi, particolarmente per il comando del cambio di velocità nei veicoli industriali a due posti di guida ».

No. 564395 - 9.1.1957, *Codeluppi Aldino*, « Specchio parabolico a rifrazione luminosa in funzione antiabbagliante antinebbia applicabile nell'orbita dei fanali di tutti gli automezzi e motocicli ».

No. 563938 - 21.12.1956, *Ozettel Rudolf*, « Vettura automobile ».

No. 563780 - 22.12.1956, *Daimler Benz Aktiengesellschaft*, « Dispositivo per il rivestimento elettrostatico di grandi oggetti, specialmente carrozzeria di autoveicoli con colori, vernici e simili ».

No. 563928 - 12.12.1956, *Daimler Benz Aktiengesellschaft*, « Dispositivo di comando di asse per automobili con un meccanismo differenziale e cambio di velocità a due marce, in particolare un cambio supplementare ».

No. 564238 - 31.7.1956, *Daimler Benz Aktiengesellschaft*, « Dispositivo di molleggiamento a compensazione per veicoli, in particolare per autoveicoli con sospensione singola delle ruote ».

No. 564449 - 5.1.1957, *Daimler Benz Aktiengesellschaft*, « Dispositivo di trazione con un convertitore di coppia e con un giunto di sorpasso in derivazione al detto convertitore ».

No. 564647 - 16.11.1956, *Daimler Benz Aktiengesellschaft*, « Raccordo di prelevamento di carburante dai serbatoi di motori a combustione interna ad iniezione di combustibile, particolarmente per autoveicoli ».

No. 564476 - 11.1.1957, *De Changy Gilbert, François de Changy e Michel Bohan*, « Perfezionamento nei fari antiabbaglianti ».

No. 564685 - 29.11.1956, *English Racing Automobiles Ltd.*, « Sospensione per le ruote posteriori di autoveicoli ».

No. 564348 - 29.12.1956, *Fiat Soc. p. a.*, « Dispositivo di sospensione per motori a combustione interna di autoveicoli ».

No. 564596 - 18.12.1956, *Finocchi Guglielmo*, « Apparecchio a pressioni combinate per comandi idraulici a distanza di organi in genere particolarmente per freni di autoveicoli ».

No. 563899 - 31.12.1956, *FIST Fabbrica Italiana Serratura Torino di Villaggiovanni e Figlio*, « Dispositivo antifurto con chiave di controllo per una serratura a chiavistelli multipli operanti il blocco contemporaneo di alcuni organi di comando negli autoveicoli in genere ».

No. 563573 - 7.12.1956, *Fosi Alberto*, « Freno autofrenante, particolarmente per veicoli, ganascce adattabili automaticamente al tamburo ».

No. 563876 - 22.12.1956, *Gaudenzio Attilio*, « Dispositivo di comando del carburatore di automezzi (acceleratore) montato telescopicamente nel pedale di comando dei freni ».

No. 564335 - 27.12.1956, *General Motors Corporation*, « Perfezionamento nei meccanismi di cambio di velocità per veicoli a motore e nei relativi freni idrodinamici ».

No. 564315 - 16.11.1956, *Gesellschaft Ler Ludw Von Roll Schen Eisenwerke A. G.*, « Automatismo di manovra per trasmissioni idrostatiche per veicoli ».

No. 563863 - 19.11.1956, *Giannicci Armando*, « Faro anabbagliante con mascherina per autoveicoli ».

No. 563603 - 14.11.1956, *Glatz Roger*, « Dispositivo per sopprimere l'abbagliamento prodotto dai fari nell'incrocio di due o più autoveicoli ».

No. 564626 - 27.8.1956, *Laudini Pietro*, « Balestra ammortizzatrice per cavalletti di motocicli in genere ed in particolare di motocicli tipo Guzzi 250 e 500 cc. ».

No. 564624 - 18.8.1956, *Lazzaroni Giandomenico*, « Dispositivo atto a rendere antiabbagliante la luce dei fari degli autoveicoli in genere ».

Direttore responsabile: **AUGUSTO CAVALLARI-MURAT**

Autorizzazione Tribunale di Torino, n. 41 del 19 Giugno 1948

**STAMPERIA ARTISTICA NAZIONALE**