

Tavola Rotonda
LA PROGETTAZIONE AUTOMOBILISTICA
PRIMA E DOPO L'AVVENTO DEL COMPUTER
Milano, 10 giugno 1989
Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia

	<u>Partecipanti:</u>
Giulio Alfieri	già responsabile delle progettazioni Maserati Lamborghini
Domenico Chirico	già responsabile della progettazione Alfa Romeo ed ora consulente tecnico
Felice Cornacchia	Direzione progettazione Fiat
Ildo Renzetti	già responsabile della sperimentazione motori presso la Moto Guzzi e la Fiat, consulente Ferrari
Filippo Surace	già Direttore tecnico Alfa Romeo e Piaggio.
	<u>Coordinatore:</u>
Alessandro Colombo	presidente Aisa

COLOMBO

L'avvento dell'elettronica nell'auto, con le relative capacità di controllo estremamente dettagliato del comportamento di molte funzioni fondamentali del propulsore e del veicolo, ha, ovviamente, comportato un parallelo adeguamento delle tecniche di progettazione e di sperimentazione per una scelta altrettanto approfondita dei valori da impostare nelle memorie dei diversi sistemi introducendo possibilità di calcolo, di indagine e di simulazione sconosciute ed inimmaginabili fino alla fine degli anni Sessanta.

La progettazione automobilistica prima dell'avvento di questi mezzi:

- era fortemente dipendente dalla rapidità d'intuito e dalle capacità di rapide scelte decisionali del progettista,
- era spesso impostata attraverso confronti comparativi con precedenti modelli di successo,
- era condizionata dalla necessità di introduzione di un notevole numero di ipotesi semplificative per consentire di risolvere, in tempi ragionevolmente brevi, i problemi emergenti con le modeste capacità di calcolo dei mezzi a disposizione,
- richiedeva tempi lunghi per operazioni grafiche, come ad esempio i tracciati degli esterni delle carrozzerie o dei movimenti di organi meccanici cinematicamente complessi.

Parallelamente, la sperimentazione

- era fortemente dipendente per il comportamento su strada dalla soggettività delle impressioni dei collaudatori,
- era limitata nelle prove su banchi dalla ripetizione di cicli non sempre corrispondenti alle reali condizioni di impiego della vettura,
- costituiva l'unico mezzo di verifica della bontà delle scelte di progetto.

Oggi, nella progettazione, l'informatica, oltre a fornire mezzi di calcolo di potenzialità praticamente illimitata:

- consente attraverso la grafica elettronica (Computer Aided Design) di effettuare contemporaneamente al disegno una verifica immediata di tracciati complessi con il movimento delle parti interessate e la visione tridimensionale degli oggetti sotto i più disparati angoli di visuale,
- consente il rilevamento automatico di superfici complesse o viceversa, attraverso i sistemi di CAM (Computer Aided Manufacturing), di riprodurre con macchine superfici complesse generate con il calcolo o diversamente impostate,
- consente la simulazione visiva del comportamento di una vettura cambiando di volta in volta i parametri desiderati, come le caratteristiche di un sistema di sospensione in diverse condizioni di esercizio o la rigidità di una scocca nelle diverse condizioni di urto,
- consente la valutazione delle caratteristiche aerodinamiche di una forma determinata.

Nella sperimentazione:

- consente di rilevare strumentalmente il comportamento di una vettura,
- consente di rilevare in movimento le sollecitazioni reali a cui sono sottoposte particolari parti del veicolo durante un determinato tipo di percorso,
- consente di analizzare tutte queste rilevazioni in tempi rapidi evidenziando i parametri interessati sia da un punto di vista semplicemente quantitativo che da un punto di vista statico,
- consente di usare le rilevazioni registrate per pilotare sistemi di prova al banco di determinati particolari.

Sono evidenti, da queste considerazioni sommarie che hanno fotografato solo una parte delle differenze nella progettazione e nella sperimentazione prima e dopo l'avvento del computer, le profonde diversità di metodo fra le due epoche.

Da un lato, abbiamo la figura del progettista con la matita in mano che traccia direttamente l'impostazione fondamentale delle diverse componenti del veicolo, che possiede personalmente il know how necessario per le scelte fondamentali, che coordina le prove sperimentali concentrando le indagini sui punti che ritiene necessari di maggiore approfondimento.

Abbiamo disegnatori specializzati, anche se spesso intercambiabili, che si avvalgono di quel "colpo d'occhio" che deriva, oltre che da una particolare sensibilità, da un "mestiere" che è frutto di anni di tecnigrafo. Abbiamo sperimentatori con un'esperienza affinata dalla abitudine quotidiana a prendere decisioni sulla base di semplici indizi che per mancanza di tempo o di mezzi non possono essere approfonditi oltre certi limiti.

Dall'altra, abbiamo direttori della progettazione che sono soprattutto degli abili coordinatori del lavoro di gruppi di specialisti che devono esaminare contemporaneamente con i mezzi più aggiornati le diverse parti del veicolo avvalendosi a loro volta di tecnologi specializzati sia per le scelte più opportune di materiali e di lavorazione che per i condizionamenti imposti dai sistemi automatici di montaggio.

Abbiamo disegnatori esperti delle nuove tecniche di CAD con continua possibilità di controllo delle impostazioni e di intervento immediato sui particolari memorizzati.

Abbiamo sperimentatori specialisti nei nuovi sistemi di strumentazione pronti ad interpretare il responso della macchina con il parere finale del collaudatore che diventa una integrazione, sempre preziosa ed indispensabile, del parere degli strumenti.

Sono, come è facile vedere, non solo due modi ma due mondi completamente diversi.

Scopo di questa Tavola Rotonda è quello di approfondire e di illustrare la portata di questi cambiamenti.

Per non frazionare eccessivamente la discussione proporrei di concentrarci su qualche esempio di cambiamento particolarmente indicativo come:

- la verifica della resistenza della struttura di una scocca,
- la definizione delle caratteristiche di un sistema di sospensioni e delle sue influenze sull'handling della vettura,
- la definizione delle caratteristiche dei sistemi di alimentazione ed accensione.

Non vorrei però solo parlare dei mutamenti nelle tecnologie ma soprattutto dei loro riflessi sulla qualità e sui tempi del lavoro e sulla formazione del personale.

Tutto questo senza dimenticare di lasciare spazio agli interventi del pubblico dove non mancano esperti qualificati sull'argomento.

Comincerei a parlare della carrozzeria, che è un settore nel quale ci sono stati grossi cambiamenti. Della parte stilistica abbiamo parlato in modo molto approfondito durante la tavola rotonda al Museo dell'Automobile di Torino. Qui ci occuperemo maggiormente dei problemi di carattere strutturale.

CHIRICO

La scocca, fino a non molti anni fa, era un oggetto quasi del tutto definito in via sperimentale dopo una impostazione di massima basata sulla conoscenza dei progettisti. Ricordo che avevamo speso qualche anno fa molto tempo per stabilire anzitutto la correlazione tra una durata di prova simulata ed il comportamento reale della scocca durante la vita della vettura.

Tutta la nostra ricerca fu fatta per simulare al banco oppure su pista, su certe piste speciali, quello che capitava mediamente in 150mila chilometri. L'affidabilità dell'insieme veniva giudicata solo alla fine di queste prove.

Prima di esse venivano fatte le solite prove statiche di rigidità flessionale e torsionale.

Però, già dagli anni 1977-78, si cominciò ad analizzare il modo di lavorare della struttura con il calcolo, rivolgendoci al sistema TEM. Si cominciò prima con la flessione

Questa che vedete è la modellazione della 164 che poi è stata sottoposta ai calcoli di cui parlavo in precedenza. Lo studio del montante centrale, che è quello più critico di tutta la scocca, quello che soffre di più nei riguardi delle sollecitazioni massime, è stato studiato prima con l'individuazione della zona e poi con una elaborazione che permette di evidenziare, con colorazioni diverse, lo stato di sollecitazione.

Il colore rosso indica le zone dove ci sono le maggiori sollecitazioni. Di questo ci parlerà ancora l'ing. Pagliarulo. È una rappresentazione grafica molto espressiva perché individua quasi le linee di forza che ben conosciamo dalla scienza delle costruzioni.

Il risultato di tutta questa indagine lo vediamo in queste altre slides. Inizialmente, quando si incominciò ad impostare la scocca, si aveva una distribuzione di sollecitazioni non equilibrata. In una scocca non ottimizzata c'erano delle zone che lavoravano abbondantemente al di sopra dei limiti ammessi, però la maggior parte degli elementi lavorava troppo poco. Quindi c'era una distribuzione molto disuniforme dello stato di sollecitazione dell'insieme.

Dopo l'indagine col sistema TEM, dopo aver distribuito meglio il materiale nei punti dove occorreva e tolto dove non occorreva, siamo arrivati ad una distribuzione un po' più seria.

La distribuzione gaussiana ci dice che abbiamo raggiunto una buona ottimizzazione. Sono scomparse le punte massime di sollecitazioni e qui abbiamo una distribuzione un poco più equa rispetto a quella di prima. Anche le sollecitazioni dei montanti, in partenza, erano più elevate e poi sono state tutte ridotte.

La storia di tanti anni di lavoro è riassunta nelle rigidità torsionali delle vetture Alfa Romeo. Non sono individuate singolarmente, ma che si tratta di vetture già in serie all'epoca in cui fu fatta la 164.

Quelle al centro erano tre vetture della concorrenza che presentavano rigidità torsionali leggermente più elevate. Le ultime sono due soluzioni della 164.

Perché due? Perché inizialmente, prima di costruire la scocca che tutti conosciamo, ne fu fatta un'altra in quanto gli studi di stile erano stati due. Uno fatto all'interno del Centro Stile dell'Alfa Romeo e uno fatto all'esterno dalla Pinin Farina. Quello del Centro Stile era pronto prima e quindi con questo venne avviato il progetto della scocca che ci ha permesso di arrivare in tempo più breve ad avere i "muletti", cioè i prototipi primari. Ne abbiamo fatti una ventina. Questa scocca è stata sottoposta ad analisi ed aveva dato questo valore di rigidità torsionale. L'altra invece, che è venuta un po' dopo, ha potuto essere ottimizzata ed il risultato finale è quello che vedete. La rigidità torsionale dell'insieme è risultata più elevata delle altre. Questo grazie al TEM.

CORNACCHIA

Lo schema di calcolo della scocca adottato anni fa in Fiat, prima dell'avvento dei nuovi mezzi di calcolo, è un modello che immaginava l'automobile come una scatola che aveva delle travi sui bordi e delle lamiere che collegavano queste travi e che lavoravano essenzialmente al taglio, cioè che impedivano la deformazione di questi angoli.

Mantenevano a 90° gli angoli che prima lo erano e quindi davano una certa consistenza .

Questo sistema che risale al Prof. Fiala, lontano dalla realtà perché non considerava l'apertura delle porte, ci ha solo permesso di capire che la mancanza di una di queste pareti faceva crollare la rigidità praticamente a zero. È come una vettura in cui mancasse il parabrezza o la sezione trasversale posteriore.

La rigidità torsionale non è più la somma delle rigidità di tutti i correnti, ma è molto di meno perché i correnti non torcono come noi facciamo torcere la base. Fanno delle flessioni laterali, contribuiscono molto meno. Fino a quando è esploso lo studio ad elementi finiti i nostri mezzi erano a questo livello, non avevamo niente di più nelle mani.

Avevamo tanta pratica, nel senso che le macchine non erano molto diverse una dall'altra, quindi quando si aveva già fatto una macchina leggera, e in quel campo l'ing. Giacosa era un campione, si seguiva lo stesso indirizzo.

Tutte le volte che mettevamo una ossatura, durante le prove senza dircelo ce la toglieva e faceva le prove senza, per vedere se era necessaria o no. Quindi quando uno aveva dell'intuito, era un progettista

con la P maiuscola che sapeva fare delle cose belle anche senza che il calcolo seguisse profondamente l'evolversi della vettura.

Io ricordo che il primo lavoro che ho fatto è stato quello di mettere il motore nel vano della 600 che era dietro lo schienale posteriore. Il motore era un 4 cilindri con il ventilatore, e il radiatore, messo di fianco.

Appena abbiamo cercato dove appendere questo motore, ci siamo accorti che non c'era la struttura, c'era solo la pelle portante e un fondo che era una lamiera. Come modello l'ing. Giacosa aveva preso la Saab, la prima Saab che era fatta come un uovo, era a struttura esterna portante e non aveva una struttura interna di rilievo.

Noi abbiamo cercato di mettere qualche longherone e l'ing. Giacosa ce li ha sempre eliminati. Alla fine siamo riusciti, per attaccare il supporto del motore posteriore, a convincerlo a scolare la traversa posteriore che era una semplice lamiera.

Lo scolare la traversa ha avviato la prima lunga discussione che ho avuto con l'ing. Giacosa, che avrebbe voluto mantenere una lamiera e basta. Egli diceva che una sagoma opportunamente studiata e stampata bene la lamiera era un gran materiale e non bisognava assolutamente costringerla a diventare una trave da ingegneri civili.

Con questa esperienza accumulata negli anni, (la macchina si è sviluppata in questo secolo, ma oramai ha cent'anni) si potevano fare delle cose egregie, leggere, robuste, senza tanti calcoli.

Indubbiamente, quello che ha detto l'ingegner Chirico, è stato un balzo in avanti, non è stato un saltino, è stato tutto un altro modo di ragionare.

Ci troviamo però ancora con due grosse difficoltà. Quando facciamo questi calcoli ad elementi finiti, normalmente partiamo assieme al disegnatore che fa il disegno della scocca. Ci vuole qualcuno che sul foglio bianco creativo, dica cosa vuol fare della scocca. Ha la forma della pelle perché gliela dà lo stilista, ma dentro deve mettere quello che lui ritiene necessario come struttura. Ha un bel foglio bianco davanti e deve riempirlo.

Quando questo signore comincia a riempire il suo foglio arriva il calcolatore che viene a rilevare quello che questo signore ha disegnato. Così inizia il calcolo della struttura che poi procede parallelamente col disegno. Così inizia il calcolo della struttura che poi procede parallelamente col disegno.

Fino adesso abbiamo spesso avuto il calcolo che arriva in ritardo, tranne rari casi come quello dell'Alfa, dove sono stati molto rapidi. Devo dire che in effetti l'ultimo calcolo fatto con Pagliarulo e con Carruba è arrivato in tempo e ci ha dato delle indicazioni per uno spider.

Però, spesso, finiamo i calcoli quando abbiamo già costruito i prototipi e li stiamo provando. In questo modo il calcolo serve per vedere perché il

prototipo si rompe ed a correggerlo, ma non per fare il prototipo secondo il calcolo. La simultaneità dell'iter progettuale con quello creativo non è stata ancora raggiunta.

Il secondo problema è che se noi infiliamo tutti i dati dei vari punti della scocca in un programma di calcolo, questi dati spariscono in un sistema che gestisce il calcolatore, un algoritmo di calcolo che non ci permette più di vedere l'impostazione fisica del problema.

A noi piace vedere se una trave è tirata, è spinta, è torta. Ed invece, con il programma di calcolo, si infila tutto in una macchina e alla fine viene fuori un tabulato di cinquantamila pagine con cinquantamila dati e la interpretazione dei risultati è spesso difficile.

Quindi, tutte le volte che noi vogliamo fare gli ingegneri dobbiamo esaminare il problema fisico, capirlo, portarlo in equazione, mettere i numeri giusti nell'equazione, fare una elaborazione a calcolo di questa equazione e poi usare i risultati per modificare il progetto iniziale. Questo è l'iter di massima per riuscire a migliorare il progetto col calcolo. L'interpretazione fisica iniziale e l'interpretazione dei risultati, è lasciata all'intelligenza di chi gestisce queste macchine.

Perché è vero che facciamo mille equazioni con mille incognite e teniamo sotto controllo diecimila punti, ma se uno all'inizio ha preso un'ipotesi sbagliata, o se alla fine interpreta il risultato in modo sbagliato, il calcolo che ha fatto è inservibile.

Sono convinto che fra due, tre, quattro anni, noi avremo effettivamente un calcolo progettuale simultaneo al disegno. E sarà sempre più importante avere un calcolo funzionante perché quello che stiamo cercando in questo momento è di avere delle strutture eccezionalmente rigide. Ha già fatto vedere l'ingegnere Chirico quanto sia rigida la 164. Quando abbiamo confrontato la 164 alla Thema e alla Croma, che in fondo hanno tutte e tre lo stesso pianale, abbiamo riscontrato che la prima aveva una rigidità doppia.

È stata una sorpresa! Prima di convincerci abbiamo fatto tante prove perché eravamo diffidenti di fronte ad un risultato così buono.

La sorpresa è stata che a contribuire tantissimo a questa rigidità era il parabrezza. Uno dice: ma come, si progetta una vettura per farla reggere sul vetro? Il vetro messo per trasverso, agli effetti torsione, è una gran bella cosa. Di più, intelligentemente avevano disposto (e non so se sia stato suggerito dal calcolo) una gran bella parete dietro lo schienale posteriore, che teneva ferma la sezione posteriore, la teneva compatta per cui avevano ricomposto quel cubo iniziale, ideale che serviva per la rigidità della vettura.

E così sulla 164 abbiamo trovato una rigidità torsionale di 100.000 Kgm/rad contro i 60.000 della Thema e i 55.000 della Croma. È stato un buon risultato del calcolo usato in Alfa.

Adesso qualche risultato molto buono l'abbiamo non solo nei calcoli di cui diceva Chirico di rigidità, ma, soprattutto, nella previsione delle deformazioni della vettura, anche durante un urto.

Il problema qui è completamente diverso da quello della rigidità. Perché nello studio della rigidità ci si occupa di piccole deformazioni. Durante l'urto invece la macchina si accorcia di mezzo metro, quindi per poter mettere in calcolo il comportamento della vettura bisogna fare degli steps successivi: prima deformazione, si ricaricano i dati della prima deformazione nel calcolatore; si fa una seconda deformazione e così via. Ci sono dei sistemi di calcolo che fanno questo automaticamente. Se noi avessimo delle fotografie fatte di quella zona lì prima e dopo l'impatto contro barriera troveremmo esattamente le stesse deformazioni che il calcolatore ci ha dato.

La struttura anteriore della Thema e anche della 164 e della Croma presentano differenze molto piccole. Questa vettura è stata studiata da tutte e due le ingegnerie, Fiat e Alfa. In simulazione, abbiamo "filmato" la parte anteriore della Thema durante l'urto a 25 km/h attraverso una serie di immagini ogni 10 millisecondi. Se proiettassimo il film reale dell'urto della vettura, avremmo una serie di immagini simili con un errore del 5-10%.

Ma l'importante è visualizzare dove questa vettura ha ceduto: nell'incastro superiore che si è comportato come una cerniera. Il primo posto che flette è lì ed è lì che bisogna rinforzare se vogliamo avere una macchina che assorba più energia. Vedendo questi movimenti ci viene subito un'ispirazione di come fare meglio la prossima vettura. Non andiamo più a cambiare la Thema che è più che soddisfacente ma certamente abbiamo delle indicazioni per il futuro, quelle che con il vecchio regolo non avremmo mai potuto ottenere.

PAGLIARULO

Sotto l'aspetto dell'urto sono stati tentati vari approcci nel passato. Uno è molto semplice. Consente di avere delle informazioni molto in anticipo. Sfruttando modelli con molle e masse non lineari, è possibile arrivare fino a prevedere l'onda di decelerazione della vettura e quindi a dare un'idea del livello di offesa che può essere arrecato a un eventuale occupante.

Questi sistemi sono molto rapidi, molto agili. Hanno però un grosso problema: è molto difficile schematizzare con molle e masse una struttura di questo tipo. Poi, nella fase di studio simulato, si cambia ad esempio la rigidità di una molla ma è molto difficile trasferire questa modifica nella realtà della scocca, ottenendo lo stesso risultato.

Quindi, con l'avvento degli elementi finiti, si sono tentati approcci di tipo diverso e un primo esempio lo facemmo già al tempo dell'Alfasud. Verso

la fine degli anni '70, lo schema dell'Alfasud era stato costruito come base per lo studio della 33. Ovviamente l'Alfasud era nata a suo tempo senza gli aiuti di questi sistemi di calcolo che all'epoca stavano nascendo.

Quando progettavamo la 33, abbiamo fatto prima uno schema dell'Alfasud per poter avere dei termini di confronto e già allora si era tentato di fare delle simulazioni dell'impatto, simulazioni usando però soltanto schemi e programmi di analisi di tipo lineare.

Quello che si poteva valutare in questa situazione era soltanto il meccanismo di primo collasso della struttura, cioè di determinare dove si sarebbero formate le prime pieghe, dove la struttura avrebbe avuto bisogno di essere curata particolarmente.

In questa fase in sostanza si potevano avere soltanto delle indicazioni del modo di deformarsi della struttura. Lo sviluppo dei calcolatori ha consentito negli studi più recenti di fare calcoli molto lunghi, molto complicati e si è arrivati a esempi tipo quello che l'ing. Cornacchia ha mostrato sulla Thema.

CHIRICO

La cosa fondamentale di cui abbiamo bisogno è la determinazione delle accelerazioni nell'abitacolo. Conoscendo la decelerazione e poi facendo la stessa iterazione sui manichini, si comincia a vedere come il manichino si comporta, cioè contro quale parte urta questo manichino. Questo però è appena l'inizio che ci permette di capire quanto è aggressiva la scocca all'interno e quanto è più o meno alto il livello di decelerazione che determina i movimenti del manichino.

Poi inizia un altro discorso molto più complicato, dove c'è di mezzo il sedile, dove ci sono di mezzo le cinture di sicurezza, dove c'è di mezzo l'air bag e dove c'è di mezzo tutto quello che potrebbe determinare i moti del manichino o passeggero.

Comunque, per accennare in breve penso che dopo la riunione di Göteborg si sia concordi sulla soluzione: cinture attive coadiuvate da air bag. Questo sarà il futuro. Fra dieci anni le vetture saranno così. Cinture attive, coadiuvate da air bag, non air bag con cinture attive e non più cinture passive.

SURACE

Volevo commentare un momento tutte queste cose perchè ne ho discusso insieme per tanto tempo con gli altri interlocutori, e poi le ho abbandonate a metà strada e mi fa piacere vedere che non sono state abbandonate ma sono andate per la giusta strada.

Volevo fare una serie di commenti: forse è difficile ricordarli tutti. Prima di tutto volevo commentare il fatto che l'ing. Pagliarulo mi guardava con

aria torva quando parlava di mezzi elementari e primordiali, che adesso sono stati superati da mezzi molto più evoluti.

D'accordo, lui si riferiva a me perché il discorso delle masse e delle molle che avevamo impostato l'avevamo impostato appunto per cercare di capire con i mezzi di cui allora si disponeva quali potevano essere in realtà le possibilità limite di una vettura quando il fenomeno della sicurezza era portato dappertutto e all'altare della sicurezza si spendevano cifre incredibili.

Io ricordo la Fiat che fece tre vetture di sicurezza, (è vero, ingegner Cornacchia?), denunciando a quel tempo in Giappone, nel '73, se non vado errato, la spesa di dieci miliardi a cui nessuno credette e che invece saranno stati anche molti di più. In quel tempo, quando gli americani si erano intestarditi con le 50 miglia, (un progetto legislativo USA chiedeva la sopravvivenza dei passeggeri dopo un urto contro barriera a 50 miglia/ora), il nostro proposito era di mostrare l'assurdità della pretesa.

Con quei mezzi, sebbene primitivi (condivido), siamo andati insieme per la strada del miglioramento, siamo stati però in grado di dimostrare già nel '72-'73 che quello che gli americani pretendevano era impossibile. Sarebbe stato necessario avere (ricordo ancora a mente certi risultati) una decelerazione assolutamente costante, (cosa che certamente non troverete né col calcolo né con le sperimentazioni), per arrivare al limite di sopravvivenza con le cinture attive e con gli air bag e la bellezza di un metro - un metro e venti di deformazione della vettura. Follie! Quindi a qualche cosa anche quello è servito.

Poi, andando avanti in questi discorsi, volevo segnalare un discorso eminentemente tecnico. Il discorso sforzi-deformazioni.

Nelle scocche noi abbiamo sempre questo problema generale. Si ha una maggiore possibilità di trovare le soluzioni favorevoli attraverso le deformazioni che non attraverso gli sforzi. Questo perché ovviamente la deformazione è un'integrale di una funzione di stress locale, per cui il valore integrale viene più mediato, per cui a pari sforzo i risultati sono molto più attendibili per quanto riguarda le deformazioni che non per quanto riguarda gli sforzi, il che ci va benissimo perché il problema della scocca di una vettura, è più di deformazione che non di sforzo.

È più di deformazione perché il problema di sforzo si risolve sempre all'antica, con qualche pezza messa da qualche parte (adesso sono molto grossolano, ma insomma grosso modo il discorso è questo). Ma quando l'impostazione è sbagliata per problemi di deformazione, sono dolori gravi.

Un altro elemento di cui volevo parlare, che è importante e che qui non è stato detto, e la terza possibilità che si ha attraverso il calcolatore. È quella della misura delle frequenze proprie dei pannelli, per risolvere o

contribuire alla soluzione del problema delle risonanze (specie cavità) delle vetture che sono un tristissimo retaggio del quale non riusciamo mai a liberarci. Non ci siamo ancora riusciti.

Un'altra cosa volevo segnalare perchè mi dicono che ci sono anche degli ascoltatori che non sono degli esperti è che questi problemi richiedono mezzi di calcolo di altissima potenza, che solo le grandi organizzazioni si possono permettere. Quando si parla di deformazione non in campo elastico ma in campo plastico, il discorso diventa veramente complesso perchè si arriva ad utilizzare il massimo delle possibilità di cui oggi si dispone.

Questo è molto importante perchè quando si parla di avvento del calcolatore non si tratta di calcolatori medi, non si tratta di calcolatori che costano 5 milioni che abbiamo in casa nostra o che costano 50 milioni e servono per l'acquisizione di certi dati, ma si tratta di valori di alcuni miliardi.

Volevo poi fare una domanda per mia curiosità. Il problema del buckling a quel tempo era un problema molto, molto dibattuto. Volevo sapere se queste prove le avete fatte tenendo conto delle inerzie locali, non delle inerzie esterne, delle inerzie locali elemento per elemento, oppure no.

Un'altra cosa volevo aggiungere circa la preoccupazione dell'ingegner Cornacchia. È il problema che noi abbiamo sempre avuto del pre- e del post-processor.

L'ing. Cornacchia ha ragione.

È veramente demotivante, prima di tutto dover introdurre tutti i dati che sono necessari per fare il calcolo di una carrozzeria, è un dramma, è pesantissimo, perchè sono migliaia e migliaia di gradi di libertà.

Secondo: è molto difficile controllare che non vi siano degli errori.

Terzo, dover andare a capire qual è il significato profondo del risultato, perchè anche lì, se io dovessi fare tutta un'analisi di tutti gli stati di stress o di deformazione di una vettura, non riuscirei.

Quindi il problema del pre- e del post-processor è fondamentale. Sono stati fatti molti passi avanti in questo campo ma specie nel campo dell'automobile, che a mio avviso è uno dei più difficili. Questo problema non è stato a mio avviso ancora abbastanza sviluppato.

Oggi pretendiamo di avere l'approccio "friendly" dal calcolatore, ma tanto friendly qui non siamo ancora. Non so se Pagliarulo mi può dare ancora ragione, come in molte occasioni è capitato nel passato.

PAGLIARULO

Le do certamente ragione. Sia sulle difficoltà del problema, perchè nella 164 con 3.900 nodi e 4.250 elementi bisogna aver inserito 15.600 numeri per i nodi e 21.260 per gli elementi. Quindi si capisce la mole di

lavoro. La prima volta l'ho fatto io personalmente, a mano per l'Alfasud e ci misi sei mesi.

Un passo avanti può essere fatto dall'integrazione fra il calcolo ad elementi finiti ed il modello matematico CAD di una stessa vettura. Basti considerare che tutte quelle informazioni di cui abbiamo parlato prima, che bisogna inserire nel calcolatore, sono essenzialmente informazioni di geometria della struttura, quindi se c'è già definita, attraverso il CAD, una geometria, il trasferimento di tutta una serie di informazioni può essere facilmente automatizzato.

In questo momento, in Alfa e anche a Torino, siamo abbastanza integrati in questa direzione, però questo risolve il problema solo parzialmente perché si rischia di cadere in quello che diceva l'ingegner Cornacchia, cioè di fare il modello di calcolo dopo che esiste già il disegno o il modello CAD, quindi dopo che in qualche modo è già stato progettato.

Nei casi in cui questo è possibile farlo perché si sta facendo un calcolo di verifica su qualche pezzo esistente che ha dato dei problemi, la tecnica funziona molto opportunamente.

Nei casi invece in cui bisogna creare "ex novo" un modello matematico, il supporto della informazione geometrica non c'è e bisogna costruirlo al momento con gli strumenti che sono a disposizione e che in questo momento hanno fatto una serie di passi avanti sia come velocità di risposta sia come possibilità di modellazione, sia come possibilità di generazione automatica.

Certo è sempre un lavoro improbo, poco gratificante, ed io ho sempre detto che lo deve fare la stessa persona che poi vede i frutti perché altrimenti neanche uno schiavo lo farebbe. È per questo che sono d'accordo con l'ing. Surace.

COLOMBO

Io ringrazio l'ingegner Pagliarulo, e per poter vedere anche altri aspetti dei cambiamenti introdotti dal computer, pensavo di passare un attimo all'argomento delle sospensioni che una volta venivano definite di massima a disegno e poi provate e giudicate dall'amico Guidotti, qui presente.

Adesso invece se ne può simulare in anticipo il comportamento. Ho avuto modo di vedere una dimostrazione fatta per la stampa dalla Daimler Benz con un calcolatore Cray nella quale, introducendo e cambiando le caratteristiche delle sospensioni, si poteva vedere il comportamento fisico della vettura: rollio, beccheggio, comportamento su un determinato raggio di curvatura e velocità limite su una data traiettoria. Pur essendo una dimostrazione fatta per la stampa, dava la

sensazione di tutto quello che è possibile fare in questo settore con i moderni mezzi di calcolo.

Ho accennato alle sospensioni per scegliere uno degli elementi caratteristici della meccanica della scocca. Poi parleremo invece del motore. Su questo argomento, su quanto riguarda il modo in cui qualche tempo fa si definivano le sospensioni, vorrei che cominciasse l'ing. Cornacchia.

CORNACCHIA

Io sono più un carrozziere che un meccanico.

Sulle sospensioni noi non abbiamo modelli simulativi. Io sono stato alla Mercedes, ho provato anche il loro simulatore di strada. È una finta cabina di autovettura in cui vengono riprodotte le accelerazioni laterali. Con la cabrata della vettura si ha l'impressione di essere in accelerata, con la picchiata della vettura si ha l'impressione di essere in frenata si ripercuotono sul guidatore le stesse impressioni che questo guidatore dovrebbe ricevere sulla strada.

Dato che tutta questa cabina è mossa dagli attuatori idraulici, comandati da un elaboratore elettronico, basta dire: voglio la sospensione anteriore rigida due volte, si inserisce 2 al posto di 1 e immediatamente si vede come si comporta sullo stesso percorso la vettura con sospensione rigida il doppio di quella che era prima.

Sono stato molto deluso, credo che tutti quelli che provano le vetture su strada, provando quell'oggetto hanno capito che le sensazioni che si davano al guidatore non erano affatto quelle della strada.

Specialmente i carichi laterali erano troppo brevi, perché una accelerazione laterale nel simulatore non può durare tutto il percorso di una curva. Quindi anche loro hanno detto di non essere ancora a posto. Quello che è importante, è che almeno hanno fatto un modello simulatore delle sospensioni leggermente più vicino alla realtà di quelli che vengono usati normalmente nei nostri uffici calcoli.

Noi abbiamo delle masse, abbiamo delle molle, degli ammortizzatori ed il pneumatico che è una cosa molto strana. Mettendo tutto in un calcolatore riusciamo ad avvicinarci molto poco alla realtà. Perché? Perché la realtà ha ancora moltissime altre cose, l'inerzia locale, i comportamenti e le piccole flessibilità di cui non si tiene conto, tutti gli snodi elastici delle articolazioni, le masse aggiunte, l'effetto giroscopico delle ruote. Insomma un modello matematico valido di quello che avviene sulla strada non l'abbiamo ancora trovato, non abbiamo ancora trasferito il problema fisico in equazioni.

Sono talvolta particolari ritenuti di scarsa importanza a invalidare una simulazione.

Per esempio l'effetto raddrizzante della trazione sulle ruote anteriori è una cosa che non ho ancora visto comparire bene in calcolo. Quindi siamo ancora distanti. È uno dei campi più aperti, questo della ricerca di capire il problema fisico delle sospensioni e di portarlo in equazione.

Siamo ancora distanti. Qualcosa si è fatto, indubbiamente. Non andiamo più a occhio. Proviamo la vettura prima poi cambiamo un pochettino, però tutte le volte che facciamo una vettura nuova adottiamo sospensioni completamente diverse. Abbiamo la sfrontatezza di dimenticare tutti i vantaggi della sospensione vecchia per farne una tutta diversa.

Quando parliamo con i giapponesi loro dicono: noi abbiamo una gran qualità, perché non cambiamo mai niente. In effetti, tranne la pelle, quando imbroccano una sospensione buona la tengono vent'anni.

Noi non so perché (perché siamo italiani, perché siamo inventori, perché vogliamo fare diverso dal vecchio capo che è andato via), tutte le volte che si fa una macchina nuova si fa tutto nuovo, quindi rimane qualche bullone esagonale perché nessuno ha ancora avuto il coraggio di farli pentagonali, ma a un certo punto ci arriveremo.

Un sistema di calcolo servirebbe molto di più a noi che inventiamo il nuovo che non ai giapponesi che in effetti si concentrano su delle soluzioni buone ma già stabilizzate. Però come dicevo prima, non abbiamo ancora trovato una simulazione della sospensione che sia veramente corrispondente alla realtà.

SURACE

Io volevo dire che concordo con l'ing. Cornacchia. Naturalmente, siamo ben lontani dall'averne delle definizioni che possono essere considerate largamente soddisfacenti o definitive.

Lo stato dell'arte, più o meno al momento in cui io ho lasciato le 4 ruote per andare a finire nelle 2 ruote e per accorgermi che il 2 ruote è molto più difficile del 4, era tale che noi, vedendo la grossa difficoltà del problema, lo avevamo diviso in tre parti. Sono divisioni grossolane, naturalmente.

La prima riguardava il comportamento del veicolo, della ruota del veicolo, su terreno accidentato. Lo studio su terreno accidentato senza tener conto della dinamica globale del veicolo stesso, cioè senza tener conto dei fenomeni di tenuta di strada. Solo il problema dell'aderenza e del comfort.

Noi allora avevamo individuato come parametro lo scarto quadratico medio del carico rispetto ai dati rilevanti per valutare l'aderenza, e per quanto riguardava invece il comfort si consideravano le forze che venivano trasmesse sia sul piano del movimento legittimo della sospensione che dovrebbe essere uno solo, sia su quello degli illegittimi

che poi sono quelli che danno luogo ai fenomeni di rumorosità che noi sappiamo.

Noi in questo campo avevamo fatto una serie di studi e di indagini, basate anche su quello che avevano fatto gli altri, naturalmente, ed eravamo arrivati ad una conclusione che ci sembrava abbastanza interessante che è questa: la distribuzione media statistica degli ostacoli che incontra una ruota sulla strada è retta da una legge (non voglio dire universale perché questo non è il luogo e il momento, ma insomma abbastanza generale) secondo la quale l'altezza dell'ostacolo era direttamente proporzionale alla radice quadrata della lunghezza d'onda. Questo fatto noi l'avevamo trovato nelle autostrade americane. Ma anche in Germania, passando dalle autostrade normali alle strade provinciali tedesche, avevo potuto constatare che in tutto il mondo c'era questo valore medio.

Noi ci siamo basati su questo. Naturalmente, considerando i coefficienti di valutazione si passava dalla buona alla cattiva strada e così via di seguito. E questo aveva dato luogo a primi risultati che ci avevano portato alla conclusione che certi tipi di pretese non si potevano avere, che certi risultati per esempio in termini di buona aderenza erano inevitabilmente in contrasto con quelli del buon comfort, e a tante altre considerazioni, specie sui problemi dei gradi di libertà non dovuti, e quindi della compliance così detta, che dava o non dava sollecitazione e rumorosità all'interno del veicolo.

Questo è stato il primo contributo che per mezzo del calcolatore abbiamo avuto, con risultati che erano discreti, non perfetti assolutamente perché il numero di gradi di libertà da introdurre sarebbe stato eccessivo. Siccome si trattava sempre di integrare sistemi non lineari il discorso diventava complicato e anche oneroso in termini di tempo e quindi di costi.

L'altro problema, che noi abbiamo affrontato è stato quello della strada cosiddetta liscia. Cioè del comportamento dinamico della vettura senza tener conto delle asperità. Mi rendo conto che è un assurdo, perché c'è l'uno e l'altro insieme, però appunto per cercare di capire, abbiamo fatto il taglio.

Abbiamo fatto un sistema di simulazione: pilota-vettura, con un certo numero di gradi di libertà, pochi perché non era necessario averne molti (cioè 5-7-8 gradi di libertà, ma non di più), per cercare di capire, attraverso dati sperimentali, quale era la reazione del pilota, capire quali dovevano essere le caratteristiche dinamiche della vettura per soddisfare appieno le condizioni di sicurezza necessarie a una guida anche veloce.

E con l'amico Moroni abbiamo fatto parecchio lavoro e in questo campo siamo arrivati ad alcuni risultati, ad individuare certe differenze fra

trazione anteriore, trazione posteriore e trazione integrale, ad individuare con chiarezza i problemi dei microspostamenti, quelli che i francesi chiamano "microbraquages" e individuarli in maniera concreta abbastanza valida. Io ricordo che abbiamo portato dei contributi.

Alla Targa Florio, mi ricordo che una volta la vettura del "Presidente volante" non andava perché aveva un problema di piccolo sterzaggio della ruota posteriore, era la vecchia 33. Mi ricordo che analizzandola sul calcolatore avevamo appunto trovato un piccolo problema nella geometria della sospensione.

Certo che però andando sul rettilineo del Bonfornello a 260 all'ora in mezzo agli asini il problema era diventato più serio. Lo abbiamo risolto facendo una serie di elaborazioni su calcolatore.

Qualcosa di più per esempio ha fatto Mercedes, anche se ha aggiunto una componente spettacolare. In quel campo il problema non può essere risolto. È un poco come per i simulatori di volo. Nei simulatori di volo si può simulare l'aereo civile, non si può simulare l'aereo militare. Nel caso dell'automobile è la stessa cosa, purtroppo abbiamo accelerazioni trasversali che durano molto tempo, impossibili da simulare.

CORNACCHIA

Il simulatore Mercedes lo giustifico in questo senso.

Loro vogliono fare entrare nel comportamento di guida della vettura l'elemento più importante che è anche il più difficile da mettere a calcolo, cioè l'uomo, le reazioni dell'uomo. Mettono nel simulatore delle persone, danno a loro degli interessi, degli input e vedono come reagiscono. In altre parole vorrebbero oggettivare l'uomo, cercherebbero il guidatore medio ideale per poi poterlo mettere anche lui nel calcolo.

SURACE

Quando abbiamo fatto i lavori cui ho accennato e poi li abbiamo presentati anche a Washington e mi pare anche a Kyoto, avevamo individuato una serie di parametri che ritenevamo il comportamento del pilota, e sperimentalmente mediante regressione su un gran numero di prove, insieme all'amico Moroni, ricavavamo i nostri dati.

Io ero entusiasta di questo sistema di analisi, solo che alla fine, analizzando il sottoscritto venne fuori che io ero appena appena un pilota medio, appena passabile. E beh, pazienza, capita.

COLOMBO

Per chiudere questo argomento sulle sospensioni, diciamo che in vista dei nuovi sistemi attivi sempre più approfonditi e sempre più spinti, si

dovranno sicuramente sviluppare maggiori conoscenze per dare ai sistemi delle impostazioni sempre più aderenti alle necessità del veicolo. Direi che potremmo adesso parlare, per chiudere un po' questa panoramica, del problema "motore".

Il problema motore, come accennavo nella breve digressione, di apertura, ha tratto un giovamento enorme dall'ingresso dell'elettronica in termini di conoscenza fisica dei fenomeni. Molte cose che venivano date per scontate non si sono rivelate tali. Il fatto di poter controllare sistemi di iniezione o sistemi di accensione attraverso delle mappature in funzione dei diversi parametri ha portato alla necessità di conoscere le reali condizioni ottimali di funzionamento del motore in tutti quei punti che poi devono essere inseriti nelle memorie di controllo.

Vorrei però cominciare questo argomento facendo parlare qualcuno che sul motore ha avuto modo di cimentarsi anche in tempi in cui si operava diversamente, contando soprattutto sulla abilità dei singoli e quindi su questo argomento vorrei sentire inizialmente l'ing. Alfieri e l'ing. Renzetti, il secondo per la sperimentazione.

ALFIERI

Prima di cominciare a parlare del motore, siccome nella mia vita mi sono interessato anche del veicolo in generale, voglio ricordare un certo periodo, nel 1972, che ho passato in America dove, divertendomi a seguire i lavori che venivano fatti in America dalla Budd e dalla Chrysler nonché dalla dai Cornell Laboratories, sul calcolo dei movimenti e delle reazioni del corpo umano durante il fenomeno d'urto e della rispondenza che questi lavori avevano sugli spostamenti del manichino.

Il problema era allora generato da una specie di difesa che l'industria automobilistica intendeva avere nei confronti della legislazione la quale voleva imporre valori più bassi possibili di decelerazione sul manichino.

A quei tempi mi sembrava di essere stato catapultato in una realtà che per noi qui in Italia non esisteva assolutamente, quindi ho visto le prime simulazioni di sollecitazioni nel campo dei telai e della struttura della scocca in telai e scocche eseguite in plastica, ed il controllo della rispondenza con le sollecitazioni esistenti nella struttura vera in acciaio. Ho risentito oggi lo stato dell'arte attuale in quel campo e mi ha fatto molto piacere poter ritornare indietro e siccome il tema oggi è il passato e il presente, mi sono permesso di fare questo ricordo a voce alta. In quel momento c'era già anche la ricerca della rispondenza al calcolo e sotto l'aspetto sperimentale sono state fatte delle cose enormi, grandissime, che hanno portato ad una conoscenza, ad un approccio diverso con il problema della safety del quale noi tutti in quel momento avevamo estrema paura.

Viceversa quel grosso problema si è umanizzato, si è reso via via più vicino, e oggi, con i mezzi che ci sono e con i vantaggi del calcolo, con le previsioni, con la larghezza dei dati statistici di cui siamo entrati in possesso, il problema è senz'altro più controllabile.

A proposito del motore, Colombo parla come una persona che abbia vissuto esternamente il problema del motore, viceversa anche lui l'ha vissuto nella realtà, e quindi quello che sto per dire l'avrebbe potuto benissimo dire lui.

Io mi occupo di motori dal 1948, anzi dal '46. La prima mia macchina corse nel circuito di San Remo in mano a Torelli. Quindi siamo andati indietro molto tempo. Era un 1100, e le prime fatiche sono state dirette ad ottenere dei cavalli dal 1100 Fiat. E poi ho sempre lavorato, ho sempre cercato di partecipare (e questo è il termine esatto) alla vita del motore, di cercare di capire. Perché allora era questa la nostra fatica: di riuscire a capire che cosa effettivamente capitasse dentro a questo motore per riuscire a prevederne gli effetti, le conseguenze e, sotto un certo punto di vista, per dominarlo.

Ho tentato tante volte di dominarlo però tante volte sono dovuto rientrare in me stesso e rivolgermi all'esperienza che però in questo caso è un'esperienza molto facile. Mi spiego: avendo io progettato grosse turbine a vapore, all'inizio della mia carriera, dove non c'era la facoltà di sbagliare perché sbagliare voleva dire buttar via dei capitali enormi ed essere cacciati via dal datore di lavoro, quando mi sono trovato nel campo del motore ho avuto la sensazione di una maggiore facilità, dove il rischio era inferiore perché il tutto avveniva nel silenzio estremamente rumoroso di una sala-prova.

E quindi sotto un certo punto di vista ci si poteva permettere di seguire l'intuito, di seguire la fantasia, di fare anche cose che forse non avevano una base estremamente logica per raggiungere quelli che sembravano dei risultati impossibili.

E in questo campo, che io considero un campo estremamente vivo, vitale, perché tale l'ho sempre visto, perché tutti specialmente a quei tempi (oggi no), avevano la possibilità di fare, dove la logica diventava qualche cosa di dominante, molti risultati sono stati acquisiti. Verso il 1970-71 si cominciava già a parlare di emissioni, però si gestivano con dei mezzucci, si gestivano con delle cose estremamente semplici, con una curva di anticipo piuttosto che con un'altra, o con una pompa d'aria per fare una post-combustione.

Fino al 1970-71 quale era l'elemento importante del motore? La potenza per litro. Era quello lo scopo per il quale noi tutti lavoravamo. Cercare di avere qualche cavallo più di un altro, le tecnologie esistevano già perché la testa a quattro valvole era di dominio normale, il Maserati era a 4 valvole nel 1500 con compressore, tanto quanto aveva già un motore a

4 valvole nel 2 litri a 4 cilindri del 1949-50. Quindi era una tecnologia già nota, apprezzata, però non largamente utilizzata.

Si andava ancora con il 2 valvole, forse per inerzia, forse...non lo so perché. Sono stati fatti questi motori ma poi non sono stati in realtà utilizzati. Comunque lo scopo era quello di ottenere più cavalli che fosse possibile.

Consumi: anche quelli. Sono sempre stato molto sensibile di fronte al dato del consumo perché vedevo in esso tutto quanto stava dietro e cioè se il motore era ben fatto o se era mal fatto, se gli elementi basilari della scienza delle costruzioni o del Faggiani (Fisica Tecnica) erano stati opportunamente applicati o no.

I primi approcci con i calcoli, col computer, con una visione tecnica più vicina alla realtà, li ho avuti durante il periodo trascorso alla Citroën come ingegnere al Conseil del Bureau d'Etude dal 1968 al 1975. E il primo lavoro di una certa importanza è nato attraverso una discussione che esisteva fra me ed i tecnici della Citroën, sul dimensionamento corretto dei condotti di aspirazione per ottenere da una parte la massima coppia, e dall'altra potenze abbastanza alte.

Io, attraverso la mia opera, la mia fatica sperimentale, ero riuscito ad ottenere qualche cosa e loro indirizzati verso un dimensionamento completamente diverso, anzi antitetico, erano molto scettici. Dopo sette o otto mesi saltò fuori che loro, o meglio la loro "Informatique" era riuscita a dare giustificazione a quello che la mia esperienza e la mia fatica, quella mia fatica in quel silenzio rumoroso della sala-prove, mi aveva permesso di raggiungere.

COLOMBO

Ringrazio l'amico Alfieri. Vorrei solo aggiungere una piccola cosa, sempre a proposito dei 4 valvole che – come sappiamo – erano presenti sui motori fin dai primi anni del 1900. Il punto fondamentale per cui probabilmente non hanno avuto subito l'apprezzamento che hanno oggi è dovuto probabilmente a questo: che nella ricerca della potenza si tendeva a privilegiare soprattutto il rendimento volumetrico, i passaggi sotto valvola, le dimensioni delle valvole e non (come in tempi più recenti) anche il rendimento termodinamico delle camere di combustione.

RENZETTI

Io mi atterrò più al tema dell'applicazione del computer al motore sia nel campo della progettazione, sia nel campo della sperimentazione.

Nel campo della progettazione, fino a qualche anno fa l'avvento del CAD negli uffici tecnici motoristici era considerato un po' una complicazione

delle cose semplici perché i disegnatori allora di fronte a questo strumento nuovo recalcitravano un po'.

Direi però che questa prima epoca è stata superata e brillantemente, perché adesso gli uffici tecnici motoristici lavorano benissimo con il CAD, e addirittura il progetto nuovo del motore nasce con il CAD. Questo ve lo dico per esempio per l'ufficio tecnico Ferrari di Formula 1, dove praticamente esistono i tavoli da disegno esclusivamente per appoggiarci i fogli ma non per disegnare.

È un sistema che offre enormi vantaggi. In dodici cilindri, quando ne è stato disegnato uno, tutti gli altri vengono con una sparata fantastica e veloce dal punto di vista del disegno. Anche i giovani si adattano facilmente a questo nuovo strumento e in pochissimi mesi gente che non lo conosceva vi lavora correttamente.

Per quanto concerne la sperimentazione, che è quella che mi riguarda un po' più da vicino, lì direi che l'uso del calcolatore non solo è stato enorme, ma non se ne vede la fine.

Tutti noi conosciamo ormai quello che è stato fatto nel campo dei microprocessori per la mappatura del motore in fase di benzina e di anticipo. Diceva giustamente Colombo, ai tempi quando le possibilità erano quelle di cambiare il getto del massimo e del minimo, del freno d'aria, uno metteva a posto un punto e ne lasciava scoperti molti altri.

Questo non succede più con l'elettronica, perché con l'iniezione si riesce veramente a star dietro alle leggi un po' strane del motore che ogni tanto ne ha delle leggi strane. Certamente, dove ha un buco, non è l'elettronica che lo ripara, il buco rimane. Però per lo meno come carburazione e anticipo posso seguirlo con una facilità che prima non avevo.

Nel campo sperimentale direi che l'uso è per ora limitato solo dallo sviluppo dei sensori e dallo sviluppo dei software.

Un esempio pratico da portare è quello dell'uso dei modelli di calcolo per il rendimento volumetrico del motore, tipo Benson o simili. Io della vecchia scuola, rimango un po' perplesso per tutti gli elementi inseriti in questo modello matematico che considera il motore un po' un tubo dove l'aria entra ed esce. Devo dire invece che questi modelli ci consentono di sperimentare tubi di scarico, lunghezza dei cornetti di aspirazione, diametri dei condotti, assi a camme con alzate diverse, con leggi diverse, con approssimazione notevole attorno al 90%. Questo ci consente uno studio di fluidodinamica del motore sul calcolatore prima di arrivare al banco con certe soluzioni.

Un'altra applicazione che si sta facendo è l'uso dell'Indiscope, che è un apparecchio per cui, messo un sensore di pressione in camera di scoppio e un recorder sull'albero motore, si ottiene diagrammato il ciclo di pressione, grado per grado, e il rilascio di calore calcolato poi a sua volta

grado per grado. Anche se un tecnico sa vedere subito se una camera di combustione è buona dal valore dell'anticipo che richiede, lo studio della camera di combustione con questo sistema offre un campo notevolmente più vasto di prima.

Un'altra cosa a cui volevo accennare è l'influenza che questo uso del computer che si va via via estendendo esercita sul lavoro di oggi. Io credo che per la progettazione non cambi molto ma nella sperimentazione invece quello che io noto che sta cambiando è lo specialista. Ormai l'uso di quelle macchine di cui parlavo prima non è più del capo progetto, quello che segue il progetto in generale.

Il sistemista ecco, non lo fa più, lo fa lo specialista. Occorre lo specialista addirittura per la mappatura del motore. Ormai non c'è più il carburatorista che cambia il getto, ci vuole la persona che sappia usare bene il computer, entrare nelle memorie, cambiare certi programmi. Questa specializzazione non porta ad una perdita di visione dell'insieme ma consente al progettista, allo sperimentatore, a tutti quelli che lavorano sopra, di spaziare ancora di più con la fantasia di quanto non si è fatto fino ad oggi.

CHIRICO

L'ing. Lanati ci potrà mostrare quanto viene realizzato per quanto riguarda la messa a punto dell'iniezione, volevo solo aggiungere che per quanto riguarda i programmi di calcolo almeno presso l'Alfa Romeo è molto affinato il programma che riguarda la messa a punto dei sistemi di aspirazione.

Alle volte si urta contro la possibilità di installare veramente in vettura il sistema ideale perché gli spazi sono quelli che sono, quindi ci si deve accontentare; comunque è possibile prevedere con molta buona approssimazione, con molta precisione, tutta la fase dell'operato di riempimento di un motore con i sistemi di calcolo di cui oggi disponiamo. Non parliamo poi della possibilità che il FEM (metodo ad elementi finiti) ci offre per quanto riguarda lo studio della deformazione dei singoli organi. Noi abbiamo risolto un'infinità di problemi, dove il solo buon senso non sarebbe bastato.

Parliamo di deformazione di basamenti, parliamo di deformazione di bielle e parliamo anche di sollecitazioni di alberi a gomito, che sono molto complicate. Non avremmo mai potuto ottenere quei risultati così precisi che abbiamo avuto per gli alberi dei 6 cilindri e dei 4 cilindri senza queste tecniche ormai affinatissime.

Abbiamo fatto anche degli interessanti studi sul modo del deformarsi delle teste sotto l'effetto della combustione e del tipo di raffreddamento. Ci ha permesso di risolvere un certo problema addirittura di rottura di valvole di aspirazione che venivano sollecitate per il fatto che la testa

nella parte aspirazione veniva a deformarsi e il seggio si poneva non ortogonale rispetto alla valvola. Tutto questo ci è stato possibile con il FEM.

LANATI

Penso di non aver più tanto da aggiungere a quanto riportato dall'ingegner Alfieri, dall'ingegner Renzetti e dall'ingegner Chirico, volevo soltanto fare un piccolo flash su alcuni aspetti che non sono stati trattati sull'argomento del computer nel motore.

Secondo me, uno degli aspetti fondamentali che ha determinato un grandissimo cambiamento nelle tecniche di sperimentazione ed anche di progettazione nei sistemi di alimentazione è dovuto al fatto che il computer è entrato nel motore come prodotto.

In altre parole, i sistemi di controllo dell'alimentazione e dell'accensione di oggi utilizzano in modo sempre più pesante (per le ragioni che sono a tutti note di inquinamento, di riduzione dei consumi), dei sistemi intelligenti.

Sono sistemi elettronici con un microprocessore che costituisce praticamente il cuore di tutto il sistema. Questo microprocessore è in grado di ricevere una serie di segnali che individuano le condizioni di esercizio del motore in ogni situazione ambientale e in ogni situazione stazionaria o di transito, vengono elaborate a seconda dei software che sono sempre più complicati, (complicati proprio per cercare di ottimizzare il più possibile il potenziale dei motori) e da queste elaborazioni nascono degli input ai parametri operativi del motore che, principalmente, sono l'anticipo di accensione e la quantità di carburante iniettata.

Oggi, però, con l'utilizzo della elettronica, si riescono a controllare anche molti altri parametri come ad esempio la pressione di sovralimentazione. Nel motore Alfa Twin Spark l'elettronica è anche in grado di controllare la fasatura, cioè apporta il suo contributo a quegli elementi meccanici che determinano la fasatura del motore.

Ci sono oggi poi anche delle funzioni di controllo della detonazione molto importanti perché consentono di tener sotto controllo in esercizio quello che è uno dei parametri più critici di un motore. Fino a pochissimo tempo fa nelle ottimizzazioni degli anticipi dell'accensione dei motori si era costretti a tenere adeguati margini per garantire affidabilità al motore.

Oggi questi margini, come quelli nelle pressioni di sovralimentazione, possono essere senz'altro notevolmente ridotti proprio perché è l'elettronica stessa che interviene a correggere le condizioni maggiormente critiche di funzionamento del motore.

Anche sui motori Diesel c'è un notevole impulso ad introdurre l'elettronica: un'elettronica per gestire la pompa d'iniezione, per gestire gli anticipi di iniezione.

Gli obiettivi sono sempre gli stessi: consumi, inquinamento e anche prestazioni, perché non dimentichiamo che il poter ottimizzare le grandezze operative del motore vuol dire anche ottenere le prestazioni migliori che esso può dare.

Molto brevemente vorrei accennare anche ad un altro aspetto che implica l'averne sul prodotto questo tipo di tecnologia, questo tipo di elettronica intelligente. È la necessità di interfacciare a un prodotto di questo tipo, un'attrezzatura di sviluppo che è anch'essa gestita dal computer che consenta di operare in tempi che necessariamente debbono essere sempre più brevi.

Io penso di avere sottolineato soltanto quegli aspetti che forse erano risultati evidenti nelle argomentazioni precedenti. Forse vale però la pena accennare ad un altro elemento abbastanza interessante.

L'elettronica ha consentito anche ai sistemi di alimentazione dei motori di gestire un aspetto, quello diagnostico, che è molto importante perché una delle criticità di questi impianti che fino ad oggi aveva lasciato un po' perplessi circa la loro applicazione era l'aspetto affidabilistico.

Direi che l'affidabilità dell'elettronica è oggi indiscutibile ed è provata. È la parte elettronica del sistema che può essere più critica sotto certi aspetti. Per parte elettronica intendo i collegamenti, le connessioni.

Per migliorare l'affidabilità, il computer di bordo gestisce anche dei programmi di autodiagnosi in grado di individuare delle condizioni di esercizio anomalo e dei malfunzionamenti, anche se si manifestano in maniera sporadica. Consente inoltre di non restare bloccati con la vettura ma di riuscire ugualmente a muoverci grazie a delle funzioni sostitutive del sistema che consentono velocità a prestazioni ridotte.

COLOMBO

Ringrazio dell'intervento. In poche parole, quello che abbiamo detto è che il motore è oggi in grado di misurare in ogni istante quanta aria entra, di dosare il carburante, di dare il corretto anticipo in funzione della pressione, dei giri, delle temperature e dell'eventuale presenza di battito in testa e anche di correggere la composizione della miscela in funzione di un'analisi dei gas di scarico fatta istante per istante da una sonda Lambda situata a valle del motore.

Il discorso in generale sul veicolo automobile potrebbe andare avanti all'infinito. Noi abbiamo affrontato qualcuno dei punti salienti ma potremmo parlare dell'antibloccaggio in frenata, dall'anti-slittamento, delle sospensioni attive. E' un discorso che ci porterebbe molto lontano.

Io vorrei adesso sentire l'opinione dei presenti sulle influenze che questi nuovi sistemi di progettazione, questa introduzione massiccia dell'elettronica nei sistemi di progettazione e di calcolo, hanno sulla formazione del personale e soprattutto (come dicono i gestori del personale) sui profili delle persone che vengono a individuarsi nell'ambito delle nuove progettazioni.

CORNACCHIA

Faccio una piccola premessa: mi riferisco al progetto dell'automobile utilitaria, quell'automobile che è solo un mezzo di trasporto. L'automobile da quando è nata ha diversi scopi. Chi l'ha presa per un oggetto sportivo, chi invece come uno "status symbol", ma se noi vogliamo fare gli ingegneri dobbiamo vedere lo scopo reale di una vettura, che è quello di trasportare. L'automobile è indispensabile, non c'è niente da fare. Possono fare la guerra che vogliono all'automobile ma un mezzo sostitutivo così accetto, così indipendente, non l'hanno trovato.

Quindi dovranno facilitarne l'uso e dovranno mettere dei vincoli perché tutti possano usarla in modo cosciente e reale, con sicurezza, senza inquinare troppo, senza distruggere la silenziosità delle nostre città.

Pensando all'automobile utile, cioè a quella indispensabile, noi siamo partiti male. Noi siamo partiti già male nel 1903, 1904. Le prime avevano già tre pedali con due gambe. Abbiamo già incominciato male dall'inizio. Poi abbiamo complicato la vita.

Per un bel po' di anni le macchine, per essere più sportive avevano sul volante due bei levoni che erano la regolazione dell'anticipo e la regolazione del dosaggio, quindi si lasciava fare tutto al pilota e quel poveraccio del pilota, oltre alle due mani, avrebbe dovuto avere anche tre braccia e due cervelli.

Pensando invece a quella macchina utile di cui vi dicevo prima, utile e indispensabile, dobbiamo pensare che il guidatore deve essere solo un guidatore, cioè deve vedere dove andare e decidere a che velocità andare in quale direzione e quindi l'ideale sarebbe uno sterzo e una leva. Avanti e indietro, accelera, frena e basta.

Pensate invece a quanto siamo ancora indietro rispetto a questa macchina che dovrebbe essere il mezzo ideale di trasporto. Se uno vuol superare deve: frizionare, mettere la marcia più corta, rifrizionare, accelerare, lasciare andare l'acceleratore, insomma ci sono tredici o quattordici manovre prima di aver fatto quello che è necessario per sorpassare, quindi quando qualcuno dice: "Ah, ma non mi diverte avere il cambio automatico, ah, ma la vettura io la voglio rossa, viva, lunga almeno sei metri se no non mi vedono", è fuori del mio tema.

Il mio tema è dare un mezzo di trasporto utile alle persone perché possano utilizzarlo senza disturbare gli altri.

È arrivata, per fortuna, in questi anni qualcosa che ha cambiato completamente la sostanza della automobile.

L'elettronica ci ha permesso di eliminare tutti i compromessi che avevamo dovuto accettare perché gli attuatori, i servocomandi, erano meccanici o tutt'al più idraulici, con dei vincoli enormi.

Adesso l'elettronica ci permette veramente di mettere l'intelligenza nell'automobile per dare al guidatore solo quello di cui ha bisogno. Cioè: se noi abbiamo uno strumento che dà delle informazioni al guidatore, le deve dare diverse da quando parte a quando viaggia.

Quando parte deve sapere che ci sono tutti i livelli, deve sapere se la macchina è a posto per fare un viaggio, se è rifornita a sufficienza per fare i 300-400 chilometri o anche solo i 50 che sono previsti.

Queste notizie, quando uno viaggia, non sono assolutamente indispensabili, sono veramente fastidiose. Quando uno viaggia, se c'è un limite di velocità deve avere un segnale che dice che quel limite c'è o non c'è, quindi un tachimetro, un misuratore, e basta.

Tutte le altre cose, con l'elettronica possiamo renderle automatiche che vengono comunicate al guidatore solo se c'è un'emergenza.

Tutto il resto lo deve fare l'elettronica che in futuro potrà anche regolare il rapporto del cambio, quando ci sarà un cambio continuo. Lasciando tutto questo all'elettronica il guidatore deve solo comunicare quello che vuol fare, cioè dove andare e con che velocità.

Se noi riusciamo a fare questa macchina, qui si apre grazie all'elettronica, un piano di sviluppo enorme per il futuro, per cui tutti i giovani che sono qua dentro sentendo parlare noi vedono proprio quelli di prima della guerra, hanno lavoro anche loro. Ben vengano i giovani, ben vengano in Fiat, vengano nelle nostre fabbriche e vengano con le loro idee perché noi purtroppo di idee a forza di essere da solo e pochi ne abbiamo consumate molte. Quindi i giovani vengano pure, ma come prepararli questi giovani?

Noi stiamo assumendo adesso parecchi giovani.

Per fortuna lo sviluppo dell'automobile ci ha permesso in Alfa e Fiat, a Milano, a Torino e a Napoli, di creare dei centri di studio, non solo di produzione.

Come devono essere preparati?

Io, ingegnere meccanico, come l'ing. Chirico e tutti gli altri qui presenti, sono stato educato ad individuare il problema fisico. Le materie più importanti erano fisica, meccanica, statica, cinematica, dinamica. Questo è quanto ci hanno insegnato a scuola.

Qualcuno, come Alfieri, ci ha aggiunto la parte termodinamica, ed è già un passo avanti, qualche altro l'aerodinamica, però siamo sempre ai

problemi fisici. Sono arrivati ora dei giovani che sono invece dei laureati in informatica, e fra l'ingegneria meccanica come è stata fino adesso e l'informatica pura, c'è tutta una gamma di lauree o di istruzioni intermedie.

Il saper programmare dei software non basta a risolvere problemi tecnici. Secondo me, l'istruzione che abbiamo avuto noi da ingegneri meccanici, è ancora la più valida per entrare nella nostra industria. Che poi i giovani, per fortuna, abbiano ricevuto anche una grande conoscenza dei nuovi mezzi, è un passo avanti rispetto a noi. Purtroppo la nostra scuola manca della parte pratica, tecnica, di laboratorio. Arrivano dei teorici che hanno bisogno subito, per non sentirsi frustrati, di applicare quanto sanno calcolare in un qualche cosa di reale. Non potete capire la gioia che ho visto io negli occhi di quegli ingegneri che hanno visto costruire il primo disegno fatto, provare il primo oggetto da loro progettato, è una gioia immensa, è la prima realizzazione, la prima volta dove si vedono utili, inseriti utilmente in un'azienda grossa come la Fiat.

Fin quando uno si divincola in un ufficio calcoli a rimangiarsi le ipotesi senza mai realizzare nulla, è una frustrazione che non finisce mai. Quindi per me nell'ufficio deve esserci l'ingegnere meccanico, tutt'al più con un corso in più di informatica.

SURACE

Io volevo aggiungere che ho un minimo di esperienza. Di ingegneri e di neolaureati né ho conosciuti parecchi, né ho assunti parecchi e ci ho lavorato molto. Ma volevo dire che, in sostanza, proprio l'evoluzione notevolissima dell'hardware dei calcolatori ha reso molto più difficile l'impostazione dei problemi.

Io ho sempre avuto un'ottima esperienza con gli ingegneri di altre preparazioni, perché quello che qui non abbiamo detto è questo: Che una volta ci si basava soprattutto sulle formule,; si studiava la scienza delle costruzioni e c'erano le equazioni generali, i studiavano i principi dell'aerodinamica e poi si girava il foglio e si cominciava a calcolare la trave con le solite formule.

No, adesso bisogna sapere tutto. Bisogna avere un'altissima preparazione sul piano meccanico, bisogna avere un'altissima preparazione sul piano della fluidodinamica, della gasdinamica e sul piano della matematica. Questi sono gli ingegneri di oggi.

Non è forse nemmeno più il caso di parlare di ingegnere meccanico, aerodinamico, mi sembra già una divisione troppo particolareggiata. Bisogna essere delle persone con altissimo livello di preparazione. Punto e basta.

Andiamo al rapporto con il computer.

Oggi il rapporto col computer è estremamente semplice. Tutti gli ingegneri con cui ho avuto a che fare, anche neolaureati (e qui qualcuno c'è n'è in giro), nel giro di pochi mesi, settimane, forse giorni, hanno acquisito il modo di programmare i loro problemi, cioè di trasferire i loro problemi sul computer.

Anzi, direi che il grande passo avanti che il computer ha fatto nelle aziende è arrivato attraverso la chiave del Fortran. Ora più recentemente si parla di Basic, di Pascal, di tutto quello che volete voi, ma la vecchia chiave del Fortran è stata quella che ha affrancato finalmente l'ingegnere da chi, frapponendosi fra lui e il problema gli impediva di risolvere il problema e di avere la visione fisica del problema attraverso il computer. Questa è la mia esperienza.

Comunque, quello che io raccomando (e se ne avessi l'autorità lo raccomanderei ai signori che insegnano nelle scuole d'ingegneria), è molta più preparazione.

C'erano una volta il biennio e il triennio. Facciamo invece il triennio e il biennio. Facciamo molta più preparazione di base, perché i tempi cambiano rapidamente e nell'arco di della carriera di una persona, in vent'anni, trent'anni, quarant'anni succedono tante cose per cui quello di avere una conoscenza pratica fin dall'inizio è solo, a mio avviso, tempo perso. Ci vuole grande apertura mentale per affrontare i problemi che poi la vita indicherà essere necessario affrontare.

COLOMBO

A questo punto io, vedendo tra il pubblico anche persone di alta qualificazione, vorrei sentire dei loro interventi sull'argomento. Signor Busso, Lei che è stato per tanti anni coinvolto nel problema, ha qualcosa da aggiungere?

BUSO

Mi pare sia stato detto tutto. Visto da un anziano come me direi che c'è la raccomandazione di una buonissima preparazione tecnica, però a mio parere bisognerebbe che ogni ingegnere cominciasse ad avere un contatto pratico con i problemi abbastanza presto. Cosa che se non sbaglio, in altre nazioni succede e da noi forse succede troppo poco. Io ritengo che gli ingegneri dovrebbero scendere abbastanza presto in officina o avere contatti con i problemi pratici, con l'esercizio pratico.

Questa è l'unica raccomandazione che io mi sento di dare e evidentemente il calcolatore permettevvi fare adesso quello che una volta non bastava una vita per farlo perché mi ricordo che quando si trattava di fare il calcolo della frequenza di vibrazione torsionale di un albero a gomito bisognava fare un mucchio di tentativi cosa che viceversa adesso in pochi secondi il calcolatore è in grado di fare.

Impossibile fare allora quello che i calcolatori sono in grado di fare adesso, quindi ben venga il calcolatore. Ho sempre molto apprezzato l'aiuto che può venire dagli sviluppi inevitabilmente in atto.

LANDSBERG

Per me, che sono anch'io purtroppo oramai anziano, la conferenza è stata molto interessante, però vorrei aggiungere qualche cosa. Quando io sono entrato nel '46 in Alfa, eravamo in una fase quasi ancora antecedente a quella pre-computer.

Vorrei dire che è stato accennato che l'automobile è una delle cose più difficili da progettare e da conoscere. Però se noi guardiamo, per me ci sono tre fasi: la prima fase, che grosso modo in Italia (forse un pochino meno in Germania) e in altri paesi è terminata la guerra, era quella del progettista con la P maiuscola, cioè che aveva un grande intuito anche senza una conoscenza profonda dei fenomeni.

Invece, dal '46 in avanti, è nata un po' la scienza dell'automobile, cioè si sono sviluppate quelle nozioni che oggi vengono calcolate, previste e forse in futuro addirittura previste ancora prima di progettare. Grosso modo negli anni '50 e '60 gli ingegneri in progettazione, quelli addetti al calcolo, le cose le sapevano perché ormai la teoria c'era.

Mancava purtroppo la applicazione pratica, prima di tutto perché nell'automobile tutti i fenomeni non sono lineari. Quindi si tentava, col calcolo, di correggere dei difetti, magari anche di tenuta di strada poiché ormai le conoscenze tecniche c'erano, ma ci si doveva limitare a piccoli calcoletti fatti in qualche maniera, col regolo e magari con la macchinetta Oldenburg. Le teorie sulla tenuta di strada si sviluppano nel '51-52 ma i primi studi, quelli del Marukn, sono addirittura del 1931.

La terza fase è l'attuale caratterizzata dalla disponibilità dei mezzi di calcolo con tutto quello che consentono.

VALENTINI

Vorrei sapere se e in quale rapporto l'intervento del CAD abbia ridotto i tempi della progettazione automobilistica e qual è il numero di ore oggi necessario per la progettazione di una vettura.

SURACE

Se ho capito bene, Lei chiede: per fare lo stesso lavoro, con gli stessi contenuti, che differenza c'è? CAD sì, CAD no e CAD CAM, mettiamo insieme anche quello.

Io ho la mia opinione che, essendo tale, è sempre limitata e poi evolverà nel tempo, come evolvono tutte le cose.

Per il puro disegno, il CAD sta nel rapporto circa 1:1,5; cioè, se io disegno sul tavolo con una matita impiego una volta e mezzo di meno

del tempo impiegato a disegnare col CAD. Il vero problema è che noi non vogliamo più disegnare, noi vogliamo progettare. Allora il discorso cambia completamente, perché il vero vantaggio del CAD sta nella progettazione, perché il CAD è progettazione, non disegno automatico aiutato dal computer.

Questo è il punto. Allora, il CAD è tanto più importante ed è tanto più economico quanto più vantaggioso è il rapporto fra costo e beneficio, quanto più è progetto quello che io sto facendo e non è disegno. Questa è la prima considerazione.

Quando poi arriviamo alla fase di sperimentazione anche lì c'è un altro problema, è il collegamento CAD-CAM, e qui si hanno due fenomeni apparentemente opposti.

Primo fenomeno: rallentamento per la presenza del computer, dovuto al fatto che il progettista si trova obbligato a una definizione dei pezzi che lui una volta non faceva e che veniva affidato al buon senso di chi in officina faceva il pezzo. Adesso non è più accettabile una cosa del genere, perché se io ho il collegamento CAD-CAM e vado in officina a far realizzare una biella, o io do tutta la definizione matematica delle superfici, o la biella non la posso fare, quindi si ha un maggior onere per il progettista. Questa è esperienza fatta da me, personalmente. Può cambiare, ovviamente nel tempo. Quello che dico oggi potrà non essere valido domani.

Dall'altra parte, c'è l'enorme vantaggio di potere avere immediatamente in officina la realizzazione sperimentale del pezzo, con una velocità di lavorazione (mediante le macchine a controllo numerico, a cinque assi, che oggi sono le più diffuse), che erano assolutamente impensabili.

CORNACCHIA

Il tempo occorrente dalla progettazione di una vettura nuova alla delibera del prototipo è più o meno da tre a quattro anni, perché questa è la necessità di mercato. Se, come avviene oggi, bisogna realizzare contemporaneamente una serie di vetture nuove, ci si può mettere anche di più.

Tre, quattro anni una volta, tre quattro anni oggi, il tempo è rimasto uguale. Ma oggi occorre un numero di persone dieci volte superiore. Oggi un centro di progettazione e sperimentazione ha dieci volte più personale di una volta e questo è dovuto al fatto che le esigenze di definizione ed il numero di versioni da prevedere per ogni vettura non hanno riscontri con quelli di una volta.

SURACE

Io vorrei portare degli esempi invece in cui il discorso CAD-CAM può diventare di estremo interesse e di estrema rapidità di esecuzione.

Facciamo come esempio l'esperienza che ho fatto nel campo dei monocilindri.

Noi siamo arrivati a una progettazione, proprio realizzata in maniera parametrica, nel senso che avendo individuato quali erano i punti fondamentali da tener conto nel progetto, integrati naturalmente sia per quanto riguarda la parte teorica, sia della parte sperimentale (ricordo tra parentesi che si trattava di motori a due tempi dei quali qui non abbiamo parlato ma saremmo rimasti molto delusi dell'enorme ignoranza che c'è nel campo di questi motori), siamo arrivati a realizzare un sistema di progettazione di tipo parametrico nel quale, definita la cilindrata e certi particolari riferimenti, veniva fuori, praticamente senza toccar niente, il disegno completo del cilindro, del pistone, e della testa. Questo è il caso-limite di estrema utilità del CAD. Ma lì il rapporto non è più quello di prima. Io ho accennato al rapporto precedente per far capire che si illude chi pensa di sostituire il foglio di carta con il CAD.

Dietro il CAD ci deve essere l'ingegneria di progettazione, se no non serve a niente. Nei casi di cui ho parlato, questo rapporto diviene estremamente favorevole.

CORNACCHIA

In effetti oggi abbiamo bisogno di molta più gente di una volta. A Torino, per esempio, e anche a Milano, anche in tutta la zona Modena, Bologna, dove troviamo degli uffici tecnici, li impegniamo tutti. In questo momento abbiamo bisogno di gente valida, preparata.

Stiamo cercando da tutte le parti. Non solo noi, ma tutti gli altri. La Ford ha un ufficio in Italia, la General Motors ha un ufficio in Italia, i giapponesi fan fare il design dai nostri designer, quindi è un momento in cui c'è tanto bisogno di gente che ci aiuti.

Non è che ci voglia tanto, per fortuna, perché tante cose sono costruzioni sperimentali di prototipi come diceva Chirico, ma certamente abbiamo bisogno di molta gente.

Una volta si poteva stare sul mercato spendendo il 2% del fatturato nella ricerca, ora siamo già al 3 e stiamo salendo verso il 4. Quando arriverà quella vettura nuova di cui parlavo io superautomatica, sarà così specializzata da richiedere molto studio.

Questi investimenti sono necessari per essere vincenti, non solo per stare sul mercato. Per arrivare con un anno di ritardo come fanno certe ditte che io definisco di second'ordine, può bastare molto meno. Ma per essere quelli che trainano, che hanno del futuro, ci vuole molta più gente di una volta.

Noi adesso, tra Fiat e Alfa, tra costruzioni meccaniche e sperimentali, tra disegnatori, ricerca e studio, siamo 5600-5700 persone, di cui almeno un migliaio ingegneri, quindi siamo un bel gruppo, un bel gruppo di

persone valide che ci invidiano tutti. Speriamo di rinforzarci ulteriormente.

COLOMBO

Io volevo aggiungere solo una breve nota a quello che aveva detto l'ing. Surace. Cioè è chiaro che questo rapporto di 1,5:1, come giustamente ha poi precisato, si intende per nuove progettazioni. Nel caso delle modifiche, nel caso di progettazioni modulari, il CAD consente un notevole risparmio di tempo.

Inoltre non bisogna dimenticare che consente una gestione elettronica dell'informazione che nel tempo sarà sempre più apprezzata perché i quintali di copie cianografiche che dovevano girare nelle officine dovranno per forza essere sostituite da qualcosa di più moderno. Se nell'interno dell'industria tutta la informazione viene gestita in modo informatico, anche l'informazione grafica dovrà finire con l'essere gestita in modo informatico.