

## **Introduzione**

In questa sede verrà effettuato lo studio per la realizzazione di una “stretch-limousine”, ovvero un veicolo costruito allungando il passo ( e quindi il telaio ) di un veicolo già esistente. Oltre a questo si analizzeranno diverse soluzioni stilistiche, sia per quanto riguarda la parte anteriore del veicolo che per quella posteriore. Il tutto verrà fatto nel rispetto delle norme di omologazione, affinché il nuovo veicolo sia conforme in ogni suo aspetto a quanto stabilito dalle direttive di legge.

Il lavoro sarà svolto secondo le moderne procedure di progettazione che sfruttano l'utilizzo di software Cad per la modellazione di superfici. Col programma ThinkDesign realizzeremo il modello matematico della nostra vettura sulla base del quale verrà creato il modello in poliuretano.



# 1 La Fase di Prototipazione

## 1.1 PROTOTIPAZIONE

Sebbene la modellazione solida realizzata in grafica 3D costituisca un ottimo mezzo per progettare un determinato prodotto, permettendone di visualizzare in prospettiva forme e proporzioni, non si è mai assolutamente certi che ciò che osserva sullo schermo sia una fedele rappresentazione del concetto che si intende realizzare. Anche se oggi si fa uso di tecniche di simulazione interattiva per determinare ingombri, studiarne l'assemblaggio con altri pezzi, ecc., il modello reale sotto forma di prototipo resta comunque un mezzo insostituibile di verifica del progetto e di comprensione immediata dell'aspetto nelle effettive tre dimensioni; un modello reale permette inoltre di verificare mediante prove reali, anche tutta una serie di prove virtuali simulate sul modello matematico a computer ( come ad esempio il CFD, i crash virtuali, ecc... )

## 1.2 IL PROTOTIPO

Tecnicamente il prototipo è il primo oggetto di una serie e il termine può avere valenze diverse in relazione alla tipologia di prodotto:

- per un'azienda che produce satelliti il prototipo è il prodotto finale:
- per un'azienda che produce penne a sfera lo sviluppo del prodotto può richiedere alcune decine di prototipi prima che il progetto sia considerato definitivo.

Dal punto di vista dell'uso, il prototipo, per la progettazione verifica un'idea, per il marketing può servire per provare la risposta del mercato ad una nuova proposta e per la produzione può essere utile per verificare un ciclo di fabbricazione: verifica funzionale, valutazione dei costi e valutazione dei tempi di flusso.

Durante la fase di sviluppo di un prodotto vengono realizzate le seguenti tipologie di prototipi:

- concettuale
- funzionale
- tecnico
- pre-serie

Gli obiettivi di ciascuno, sono ovviamente differenti, così come pure il materiale impiegato per la costruzione e la tecnologia di fabbricazione.

	<b>Prototipi Concettuali</b>	<b>Prototipi Funzionali</b>	<b>Prototipi Tecnici</b>	<b>Prototipi Pre-serie</b>
<b>Obiettivi</b>	- Valutazione della forma - Verifiche di montaggio - Analisi della difficoltà tecnologiche	- Valutazione delle prestazioni con prove funzionali - Ottimizzazione del prodotto per la funzione	- Valutazione delle prestazioni del prodotto e del ciclo di fabbricazione - Ottimizzazione delle tecnologie di fabbricazione	- Valutazione finale del prodotto ( sono ammesse poche modifiche marginali )
<b>Materiale</b>	Qualsiasi	Simile	Molto simile	Definitivo
<b>Tecnologie di Fabbricazione</b>	Non è considerato	Non è considerato	Simile	Definitiva

In questa sede affronteremo un discorso relativo alla prima tipologia di prototipi.

Il fine cioè, è quello di realizzare un modello atto a valutare le forme, lo stile e l'impatto estetico del veicolo che intendiamo costruire. Un prototipo di questo tipo, come detto, è sicuramente più efficace di un modello virtuale realizzato al CAD 3d e, specialmente per quanto riguarda la comprensione dell'aspetto, ne fornisce una visualizzazione sicuramente più realistica e immediata.

Le tecniche di *prototipazione rapida* o di *free form manufacturing* ( termine quest'ultimo con cui si indicano diverse moderne tecniche di prototipazione che puntano a comprimere i tempi di realizzazione di un prodotto ) sono il tentativo più riuscito di trasformare le fuggevoli immagini in un oggetto solido e concreto, da toccare con mano.

### 1.3 FREE FORM MANUFACTURING E TIME TO MARKET

La tecnologia tradizionale della fabbricazione di prototipi è affidata ai modellisti che sulla base delle indicazioni di grafici e progettisti, li realizzano con operazioni soprattutto manuali, con costi e tempi elevati che stanno diventando incompatibili con le esigenze delle aziende di ridurre drasticamente i tempi di immissione di nuovi prodotti sul mercato.

E' quindi diventato imperativo lo sviluppo di nuove tecnologie che permettano la riduzione dei tempi e dei costi per la fabbricazione dei prototipi avendo come punto di partenza il modello matematico dell'oggetto da realizzare.

I metodi di *free form manufacturing* sono tecnologie che rendono possibile la produzione, in poche ore, di oggetti-di geometria comunque complessa, direttamente dal modello matematico dell'oggetto realizzato su di un sistema CAD tridimensionale: quindi all'idea del progettista viene dapprima data una consistenza virtuale con i sistemi di rappresentazione grafica computerizzata e poi rapidamente una consistenza fisica grazie ai sistemi di free form manufacturing.

La possibilità di materializzare un prototipo disegnato al CAD permette quindi di ottenere vantaggi strategici che possono essere riepilogati nei seguenti punti:

- Riduzione dei tempi e dei costi di produzione dei prototipi e conseguente contenimento del *time to market*
- Possibilità di realizzare pezzi con forme, complesse (con cavità, sottosquadri, e così via), anche se per il momento è possibile utilizzare una modesta varietà di materiali (soprattutto polimeri);
- Possibilità di correzione degli errori che il progettista al CAD non è riuscito ad eliminare e che in passato venivano rilevati e corretti solo in fase avanzata di sviluppo del prodotto, dopo la realizzazione della pre-serie o già nella fase preproduttiva, con forti penalizzazioni economiche.
- Opportunità di valutare la funzionalità del prodotto, realizzare modifiche ritenute necessarie ed eventualmente scegliere tra alternative diverse già in fase progettuale, avendo la disponibilità immediata del prototipo.

### 1.3 LE FASI DEL CICLO DI PRODUZIONE

I metodi di prototipazione più diffusi si dividono in tre categorie fondamentali

- additivi : l'oggetto prende forma pian piano in seguito alla continua aggiunta di sottili strati di materiali; esistono varie forme di sistemi additivi
- sottrattivi : un blocco di materiale viene scolpito fino ad ottenere la forma richiesta.
- compressivi : forza un materiale semisolido o liquido ad assumere la forma richiesta, nella quale è indurito o solidificato.

Per la realizzazione del nostro prototipo ci serviremo di una fresa a 5 assi a controllo numerico, ovvero procederemo secondo un processo di tipo sottrattivo.

La lavorazione del nostro modello verrà approfondita più avanti nella trattazione: per ora ci limitiamo a descrivere le fasi attraverso le quali si è passati dalla matematica dell'oggetto al prototipo.

- 1) *Realizzazione del modello matematico* . Viene disegnato al computer, tramite un programma CAD il modello matematico dell'oggetto da realizzare. Spesso ci si trova a lavorare su oggetti già esistenti che devono essere ricostruiti fedelmente in forma virtuale. Operazione questa che fa parte del processo di *reverse engineering*, di cui parleremo ampiamente nei capitoli seguenti.
- 2) *Trasformazione dell'oggetto progettato al CAD in un formato compatibile con il software CAM*. Il .iges, .step, .vda, sono come vedremo le interfacce grafiche più utilizzate che permettono lo scambio dei dati tra sistemi CAM o CAD differenti. Altri formati come l'stl o l'rpi permettono il trasferimento dei dati direttamente alla macchina utensile.
- 3) *Generazione del percorso utensile*. Il modello virtuale viene elaborato dal programma CAM, attraverso il quale si definisce il percorso utensile, nonché i vari livelli di finitura che si intende ottenere, tenendo conto di quale sarà l'effettivo utilizzo del prototipo: per esempio, un modello automobilistico destinato a studi in galleria del vento, necessiterà di una cura dei particolari maggiore o migliore rugosità superficiali rispetto ad un modello il cui scopo è solo una valutazione qualitativa di forme e dimensioni. Perciò prima ancora di definire il percorso utensile viene realizzata una meshatura delle superfici: queste vengono cioè suddivise in tanti piccoli poligoni ( in genere triangoli ), ed i vertici di questi rappresenteranno i punti d'interpolazione necessari a definire il percorso della fresa .Ovviamente, una meshatura più fine corrisponderà a più elevati livelli di precisione, ma contemporaneamente comporterà una gestione dati più impegnativa, nonché tempi di realizzazione più lunghi.
- 4) *Definizione del file da inviare alla macchina di prototipazione* : nel nostro caso il software CAM definisce un file .iso da cui la macchina attraverso un suo post-processore trarrà le informazioni per fresare il modello.

## 1.5 RIDUZIONE DEI TEMPI E COSTI OTTENIBILI CON LE TECNICHE FREE FORM MANUFACTURING

Queste tecnologie, al giorno d'oggi sono inquadrare come metodo base nel ciclo di sviluppo del prodotto. Attualmente infatti le macchine per la realizzazione dei prototipi sono di relativo semplice impiego, la qualità dei prototipi in termine di precisione dimensionale è notevolmente migliorata, sono disponibili vari materiali e si ha una maggiore conoscenza dei limiti delle varie soluzioni. La possibilità di abbattere i tempi per la costruzione dei prototipi introducendo le tecnologie free form porta benefici sia in termini di time to market che di incremento di quote di mercato. La possibilità stessa di compiere verifiche già nei primi stadi di sviluppo permette di apportare migliorie e cambiamenti secondo le necessità tecniche o i desideri dei cliente e di ridurre in modo considerevole i tempi. I risparmi in termini economici, invece sono più difficilmente quantificabili poichè sono riconducibili a due aspetti: il primo è strettamente legato al risparmio di tempo, e l'altro invece è connesso coi costi aggiuntivi per correzioni da apportare a fine processo. Le modalità con cui le tecniche di prototipazione rapida influenzano la realizzazione dei prototipi possono essere sintetizzate nel modo seguente:

- Riducono il tempo e il costo della fase di costruzione del prototipo

Con la riduzione del tempo per la costruzione dei prototipi, l'intero tempo di sviluppo viene ridotto e naturalmente tutto ciò ha un significato solamente se la fase di prototipazione è un fattore critico di sviluppo. Se la fabbricazione del modello, infatti, richiedesse alcuni mesi, l'opportunità di risparmiare poche ore sarebbe poco significativa.

- Rendono veloci altri stadi di sviluppo

L'impiego di tecniche di prototipazione rapida può, in alcuni casi accelerare lo sviluppo di un'operazione successiva, dal momento che la presenza di un modello fisico permette al progettista di definire più velocemente gli stampi di fabbricazione finale del manufatto.

- Riducono iterazioni costose

In molti casi può presentarsi la necessità di dover ripetere un'operazione tra quelle della sequenza di sviluppo del prodotto a causa di errori, difetti o imprecisioni. Da questo deriva che se la costruzione di un prototipo aumentasse sostanzialmente la probabilità che le varie fasi si susseguano senza iterazioni, il tempo totale ed i costi diminuirebbero.

I benefici di un prototipo nel ridurre i rischi di iterazione devono essere confrontati con i costi e i tempi di realizzazione del modello; prodotti con un alto rischio dovuti ai costi di iterazione e all'introduzione di una nuova tecnologia, trarranno beneficio da un prototipo rapido, prodotti per i quali il rischio è basso non necessitano in genere di un modello.

- Modificano la sequenza delle fasi di sviluppo del prodotto

Alcuni stadi che solitamente sono condotti in modo sequenziale possono essere sviluppati simultaneamente. Dato che un prototipo può essere ottenuto con materiali e caratteristiche simili al prodotto finale è possibile avviare alcune fasi senza avere necessariamente la disponibilità di quest'ultimo.

L'introduzione di queste tecniche nei moderni cicli produttivi ha permesso la diffusione di un approccio di tipo "simultaneo" nella produzione, in quanto i prototipi ed i modelli sono già disponibili nelle prime fasi e tutte le attività di preparazione della produzione possono avere inizio fin dal primo momento: in pratica si adotta un approccio contemporaneo nelle fasi di ingegnerizzazione produzione e processi di supporto, e nella forma più semplice le barriere che separavano tradizionalmente il marketing la progettazione la produzione ecc vengono eliminate.

Lo sviluppo sequenziale del prodotto invece è più semplice da controllare in efficienza ed economia: quando però l'aspetto più importante è il tempo, il metodo più efficiente è quello di svolgere le varie fasi in parallelo coinvolgendo più persone sin dall'inizio dei lavori.

Questi ultimi concetti, si discostano da quello che viene effettivamente trattato in questa sede, in quanto ciò che alla fine verrà realizzato sarà solo un modello, (o che dir si voglia un prototipo di tipo concettuale), senza arrivare alla produzione dell'oggetto. Ma è un discorso che comunque è bene accennare, in quanto è grazie ad un'impostazione del lavoro di questo tipo, che si potrà arrivare alla realizzazione di tutti le nuove componenti necessarie alla realizzazione del nuovo veicolo, in tempi ristretti, costi contenuti e limitando errori durante l'intero processo.



## 1.6 POSIZIONAMENTO DELLA PROTOTIPAZIONE RAPIDA NELLO SVILUPPO DEL PRODOTTO

Si può quindi affermare che la prototipazione rapida consente di ottenere prodotti più rapidamente e in modo più economico e questo perché il prototipo consente correzioni e modifiche opportune e quindi meno errori e variazioni in fase avanzata di sviluppo. Quando si tende ad uno sviluppo rapido del prodotto le correzioni e i cambiamenti non possono essere apportati in qualsiasi momento ma devono essere concentrati tutti nelle fasi primarie del ciclo di sviluppo.

Innanzitutto è possibile identificare i momenti fondamentali del ciclo di sviluppo:

- Idea
- Concettualizzazione
- Progetto
- Costruzione del prototipo
- Prove funzionali
- Ingegnerizzazione
- Produzione
- Lancio sul mercato

In questo contesto arriveremo come detto solo alla fase di costruzione del prototipo, di tipo concettuale, che servirà per lo più a fornire un'idea dell'effetto delle modifiche stilistiche che apporteremo alla carrozzeria del veicolo.

Finora, abbiamo posto l'accento soprattutto sull'importanza del prototipo in relazione alla riduzione delle tempistiche di realizzazione del prodotto finito /ancora una volta time to market). E' tuttavia vero che un prototipo richiede pur sempre una quantità di tempo e denaro e se poi esso non fornisce ulteriori informazioni al progettista ci troviamo di fronte ad uno step inutile. Spesso quindi il problema non è tanto se ricorrerete alla prototipazione o altro, ma addirittura se costruire necessariamente un prototipo usando così in modo appropriato le tecnologie.

Per valutare pienamente la fase di prototipazione bisogna considerare la correttezza del disegno ed il tempo impiegato per correggere gli errori scoperti. Questi ultimi causano sempre una serie di iterazioni, ovvero la ripetizione di alcune fasi per eliminarli. Questo è quindi un aspetto fondamentale da tenere sempre in considerazione, per evitare di portare avanti errori poi difficilmente correggibili in stadi più avanzati del processo ed allungare conseguentemente tempi e costi.

Già da adesso quindi puntualizziamo come nel corso di tutto l'iter che porterà alla realizzazione del nostro prototipo ogni step deve essere sempre pensato in funzione di quello che verrà fatto successivamente, in modo da non soffermarsi troppo su particolari poco utili al raggiungimento dell'obiettivo finale ma concentrarsi maggiormente dove viene richiesta una maggiore attenzione e precisione nelle procedure evitando quindi errori che poi si pagherebbero più avanti

Sottolineiamo poi che alcune iterazioni non sono causate da errori, ma da varianti richieste dal committente o da mutuata necessità. Il punto base resta comunque questo: il progetto, come fase creativa richiede iterazioni.

## 2 Costruzione delle Matematiche

Per poter procedere alla costruzione del modello finale è necessario prima di tutto ricostruirlo virtualmente. Una fase di importanza fondamentale, perché costituisce la base di partenza per la creazione della nuova vettura. In questa fase un aspetto primario è la precisione che si traduce ancora una volta in vantaggi legati ad un abbassamento dei tempi e dei costi di realizzazione.

Un buon modello per esempio, può permettere di minimizzare i tempi necessari alla costruzione degli stampi e quindi dei pezzi che si vogliono realizzare per il nuovo veicolo. Quindi, sarà necessario, prima ancora di iniziare il lavoro, chiarire bene quali siano le parti del veicolo che più interesseranno l'intero progetto: è lì che bisognerà concentrarsi maggiormente e cercare di ottenere livelli di precisione maggiore. Al contrario sarà inutile soffermarsi troppo su ciò che fin dall'inizio sapremo che rimarrà immutato. Il processo che permette di ricostruire un modello matematico partendo da un oggetto già esistente è detto *reverse engineering*.

### 2.1 REVERSE ENGINEERING

Attraverso il reverse engineering si arriva alla progettazione ed allo sviluppo di un prodotto utilizzando un modello CAD 3D, ottenuto attraverso strumenti di digitalizzazione e di matematizzazione. La digitalizzazione 3D viene definita come rilievo di un modello fisico e ottenimento delle coordinate relative a punti della sua superficie. Si parla anche di scansione per descrivere il processo usato per raccogliere informazioni da una superficie ignota. La matematizzazione è la ricostruzione, non necessariamente sotto forma di superfici, del modello geometrico del pezzo a partire dal risultato della digitalizzazione. I dati raccolti contengono informazioni relative alla forma ed alle dimensioni dell'oggetto acquisito. Tali dati possono essere usati per generare il part program CNC relativo ad un ciclo di lavorazione per la realizzazione di un prototipo fisico o di una variante della forma acquisita. In alternativa i dati possono essere esportati in diversi formati verso sistemi CAD/CAM per ulteriori elaborazioni, quali ad esempio la simulazione di un processo di assemblaggio. L'esistenza di un modello digitale consente di migliorare la qualità e l'efficienza della progettazione, della produzione e dell'analisi.

I vantaggi derivanti da questo approccio sono molteplici :

- Riduzione dei tempi e costi di sviluppo.
- Semplificazione del workflow e riduzione al minimo del percorso di apprendimento grazie alla possibilità di utilizzare, anche per il reverse engineering, lo stesso programma CAD utilizzato per progettare i prodotti.
- Riduzione del “rumore” nelle scansioni per progettazione dei prodotti più precise
- Mantenimento dell’integrità delle progettazioni grazie alla precisa cattura delle finalità di progettazione del prodotto originale
- Automazione del processo manuale di trasformazione dei dati di scansione in superfici fabbricabili
- Facile aggiornamento delle progettazioni precedenti in assenza dei dati digitali originali.
- Analisi delle differenze tra il modello completato e i dati delle scansioni per verificarne il grado di precisione.

In definitiva, le tecniche di reverse engineering risultano, per loro natura, le più adatte a coniugare l’elevata variabilità dei modelli fisici con la flessibilità delle soluzioni CAD e rappresentano lo strumento privilegiato per valutare l’impatto estetico e funzionale di un prodotto e la rispondenza anche a canoni ergonomici, mantenendo il processo di sviluppo all’interno di un’ottica di riduzione dei tempi di sviluppo del prodotto.

Inoltre le tecniche di reverse engineering sono utili, sempre in un ambito ingegneristico, anche quando si fa riferimento ad operazioni di verifica e ispezione di componenti, in un contesto quindi di controllo di qualità, oltre che di produzione. Tramite infatti la rilevazione di un certo numero di coordinate di punti che descrivono una zona particolare dell’oggetto in esame si può stabilire se questo rientra nei parametri stabiliti dal progettista.

Una volta creato il modello virtuale infatti, sarà doveroso controllare come vedremo, che ogni modifica sia stata effettuata nel rispetto delle norme in vigore: misure specifiche, angoli di visibilità e quant’altro oltre che il rispetto dei parametri di progetto precedentemente stabiliti.

## 2.2 FASI DI UN PROCESSO DI REVERSE ENGINEERING

Per ottenere da un oggetto fisico la sua ricostruzione virtuale si esegue un'operazione che si può articolare in 4 distinte fasi:

- *Acquisizione dati*
- *Pre -Elaborazione dati*
- *Segmentazione e Creazione superfici*
- *Creazione del modello CAD*

### Acquisizione Dati

L'acquisizione può avvenire secondo un processo continuo, si parla allora di *scansione*, o un processo discreto, si parla allora di *digitalizzazione*. Più precisamente si parla di scansione quando vi è una acquisizione continua delle coordinate di punti in un volume di lavoro preventivamente definito; in questo caso i movimenti della macchina sono determinati dalla sonda che si muove su una superficie ignota: si cerca di effettuare un rilievo di un numero di punti necessario ad ottenere la migliore approssimazione della superficie in esame. La digitalizzazione consiste invece nel rilievo di alcuni punti su di un elemento fisico, i cui valori nominali nel piano della macchina sono preventivamente definiti e memorizzati nel codice che pilota la macchina di misura. Questo implica il rilievo di un numero minimo di punti significativi ritenuti sufficienti dall'operatore o da un apposito software di controllo per la ricostruzione della geometria delle superfici tramite programmi di disegno CAD opportunamente modificati.

Prima di procedere all'acquisizione del pezzo deve essere preparata:

- Accurata pulizia delle superfici
- Fissaggio del pezzo su un supporto adeguato
- Studio preliminare del pezzo per minimizzare il numero delle acquisizioni. L'analisi del pezzo permette di comprendere quale sia la strategia e il sistema di acquisizione più opportuno da utilizzare
- Posizionamento di appositi *marcatori*

Le apparecchiature principalmente utilizzate per l'acquisizione dei dati sono due :

- Il Braccetto
- Lo Scanner Ottico 3d

Il Braccetto



Il Braccetto è costituito da una struttura articolata antropomorfa a 5 o 6 assi di rotazione. Ogni snodo è dotato di encoder ottici che registrano la posizione relativa dei vari pezzi. La struttura è montata su una piattaforma di sostegno fissa rispetto all'oggetto da scansionare. All'estremità del braccetto invece è posta una sonda con puntalini intercambiabili , detta tastatore, che viene comandata manualmente dall'operatore. Fissato un sistema di riferimento e toccando con l'estremità della sonda un punto dell'oggetto da scansionare viene rilevata la posizione relativa dei bracci e tramite considerazioni trigonometriche risulta nota la posizione istante per istante del puntalino nello spazio tridimensionale. Il tutto viene elaborato da un pc mediante apposito software che memorizza i dati in ingresso. La corsa del lavoro varia in dipendenza della lunghezza dei bracci: in genere non supera i 4 metri per evitare difficoltà nella movimentazione del tastatore da parte dell'operatore.

Il tastatore può tracciare punti , linee, o ancora linee costituite da insiemi discreti di punti. Tramite appositi pulsanti posti sul dispositivo, si può gestire in quale modalità operare. E' sempre bene controllare che si sia impostata la modalità corretta per evitare di tracciare linee inutili involontariamente, che costituiscono comunque elementi di disturbo per un corretto svolgimento delle operazioni. Come riferimenti per le linee guida che si dovranno seguire col braccetto, vengono applicate strisce di nastro adesivo sull'oggetto. In tal modo sarà più facile far scorrere il tastatore , si otterrà una migliore precisione e si eviterà di rovinare la superficie dell'oggetto. In altre parole si riproduce col nastro adesivo “ il reticolato” formato dalle varie sezioni dell'oggetto: nel caso di un veicolo sezioni trasversali e longitudinali, spigoli caratteristici della carrozzeria ( bordi finestrini, tagli cofani e portiere ), ma anche linee di luce particolari o cambi repentini di curvatura. In questa fase è importante studiare attentamente l'oggetto in modo da prendere il numero strettamente indispensabile di scansioni per poterlo poi ricostruire senza perdere informazioni importanti.



Particolare di una superficie preparata per scansione con braccetto

Poichè il volume di analisi è quasi sempre maggiore rispetto a quello di lavoro dello strumento si è costretti a spezzare il lavoro in più parti: si otterranno più file con parti diverse di scansioni. Per agevolare l'assemblaggio delle scansioni è bene che ogni file contenente la scansione di una parte dell'oggetto contenga 3 punti di posizionamento utilizzati per connettere la scansione ottenuta a quella che la segue spazialmente.

Questo tipo di scansione risulta particolarmente vantaggiosa per superfici che non richiedono trattamenti pre-scansione ( Superfici semplici o ancora meglio piane con contorni ben definiti ).

Al contrario tanto più la superficie è complessa tanto più richiederà una preparazione accurata e un maggiore impegno da parte dell'operatore nel seguire le linee di scansione : queste devono infatti risultare il più regolari possibili. Il fatto che venga applicata una forza sulla zona di scansione rende inoltre questa apparecchiatura inadatta in caso di materiali delicati ( Es. cera ) , che si potrebbero rovinare, e in caso di materiali flessibili ( Es. Elastomeri ), sui quali le misure risulterebbero falsate.



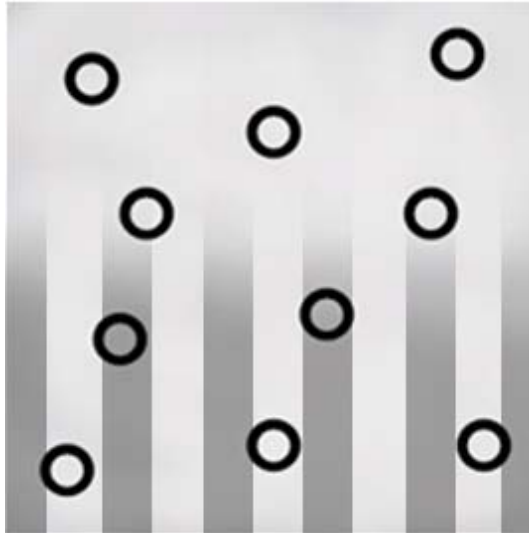
## Lo Scanner Ottico 3d



Lo scanner ottico 3d è un apparecchiatura costituita da due o quattro telecamere ad alta definizione e un proiettore con lampada alogena. Questa tecnologia sfrutta la proiezione di frange di luce incoerente ( serie di fotogrammi formati da strisce scure alternate a strisce chiare di dimensioni via via decrescenti ) che l'oggetto di interesse deforma secondo la forma della sua superficie. L'elaborazione delle immagini contenenti la deformazione della frange permette di estrarre l'informazione di forma dell'oggetto. L'elaborazione della scansione tridimensionale avviene attraverso un unico ambiente di elaborazione integrato : l'output parte dalla semplice nuvola di punti, passa per modelli poligonali (*STL*) fino a raggiungere superfici NURBS di scansione (*IGES*). Al fine di ottenere una lettura pulita la superficie deve essere preventivamente ricoperta con una patina uniforme composta da una polvere chiara e opaca in modo da evitare riflessi di luce. L'apparecchio è tarato per operare correttamente ad una determinata distanza media dall'oggetto : da ciò dipende la dimensione del campo di acquisizione che può variare da pochi centimetri a poco più di mezzo metro.

Poichè il volume di analisi è quasi sempre maggiore rispetto a quello di lavoro dello strumento si è costretti a spezzare il lavoro in più parti:si otterranno più file con parti diverse di scansioni. Attraverso tecniche fotogrammetriche basate su marker ( anelli neri sparsi sulla superficie chiara ) oppure con tecniche di ottimizzazione basate sulla forma dell'oggetto ( *best fitting* ) il software in dotazione allinea automaticamente le varie scansioni.

E' possibile inoltre, grazie al software in dotazione, chiudere fori in continuità, lisciare la superficie, estrarre sezioni in iges, decimare e rimuovere il rumore, allineare le normali e ottimizzare globalmente la mesh STL frutto della digitalizzazione 3D.



Particolare di una superficie preparata per scansione con scanner ottico 3d

Rispetto alla scansione con braccetto i vantaggi tecnologici e pratici sono molteplici :

- Precisione : La precisione su singola acquisizione è di poche decine di  $\mu\text{m}$ . Non si ha inoltre alcuna perdita di informazione in quanto l'acquisizione interessa ogni singolo punto della superficie.
- Risoluzione e Dettaglio: la densità dell'informazione acquisita ( oltre 1.000.000 di pixel ) permette di misurare in modo naturale anche i dettagli più fini della superficie.
- Velocità di acquisizione: la proiezione di luce strutturata scansiona in pochi secondi centinaia di migliaia di punti.
- Acquisizione non a contatto: la misura avviene senza che alcun oggetto fisico, per esempio un tastatore, entri in contatto con la superficie. Questo evita molte problemi legati all'acquisizione di oggetti fragili o soffici.
- Sicurezza: la tecnologia non fa uso di laser. La luce che viene utilizzata è quella di una normale lampada alogena.

## Pre-Elaborazione Dati

In questa fase si rielaborano le linee ed i punti ottenuti durante l'operazione di scansione. Eventuali errori di scansione, perlopiù costituiti da linee o punti tracciati involontariamente, vengono cancellati, al fine di ottenere una digitalizzazione composta solo dagli elementi realmente utili all'operatore rendendo così i dati più semplici da gestire. I punti e le linee prelevati col braccetto sono inoltre opportunamente manipolati con appositi software per renderli leggibili dal programma CAD col quale verrà costruito il modello.

## Segmentazione e Creazione Superfici

Questo step è differente a seconda delle varie tipologie di scansione utilizzate. Si parla infatti di segmentazione e costruzione delle superfici solo nel caso in cui fosse stata ottenuta una nuvola di punti tramite scansioni ottiche. Si procederebbe quindi alla creazione delle poligonali, ovvero ad una mesh triangolare rappresentativa della superficie rilevata.

Con scansioni a sonda invece sarà il modellatore a costruire manualmente le superfici tramite un software CAD solo in una fase successiva. Ora l'operazione consiste solo nella *composizione delle scansioni* (sempre attraverso un CAD) : si definisce la base di partenza per la costruzione vera e propria del modello matematico.

## Creazione del modello CAD

Ultima fase, quella che porta alla realizzazione del modello matematico completo. Sulla base delle scansioni assemblate, l'operatore ricostruisce prima le curve e tramite queste le superfici, attraverso un opportuno programma CAD. Una buona padronanza del software unita all'esperienza del designer sono elementi fondamentali per il conseguimento di un risultato di buona qualità. Si ricorda che tale modello matematico dovrà poi interagire anche con un programma CAM. Quindi, un modello costituito da superfici precise, con un limitato numero di imperfezioni (opportunamente chiuse) aiuterà a velocizzare tutte le successive operazioni che porteranno alla costruzione del prototipo in poliuretano. La qualità stessa del sistema CAD condiziona il risultato finale.

Esistono 3 classi di modellatori cad, attraverso i quali si ottengono rispettivamente 3 tipologie di modelli matematici.

- Modellatori Wireframe
- Modellatore di Superficie
- Modellatore Solido

La rappresentazione a filo di ferro è di scarso interesse per chi deve sfruttare il modello per effettuare le lavorazioni nell'area CAM. L'oggetto così generato è descritto solamente attraverso i suoi spigoli, i vertici e linee di contorno e assume l'aspetto di un oggetto costituito da fili. Per questo motivo non si possono generare percorsi accurati nelle tre dimensioni, proprio perché vi è una mancanza di informazioni.

Forse la maggiore limitazione di questo tipo di rappresentazione è dovuta alla sua intrinseca tendenza all'ambiguità di interpretazione geometrica, sia da parte del sistema che dell'utente: ci possono essere frequentemente interpretazioni errate circa la parte di superficie appartenente al solido e quella invece che non vi appartiene, così come è di difficile individuazione, specie su oggetti complessi, quale parte dell'oggetto è in primo piano e quale invece è in secondo piano. Inoltre l'eventuale percorso utensile nel modulo CAM non può essere generato perché non è definita univocamente la superficie compresa tra spigolo e spigolo e quindi non sono ben individuabili le superfici che devono essere lavorate dall'utensile. Pur con questa forte limitazione, la modellazione di tipo " filo di ferro " è largamente utilizzata in domini applicativi diversi, in particolare per applicazioni semplici o bidimensionali, soprattutto in virtù del limitato utilizzo di memoria di massa e del veloce accesso ai dati.

La modellazione di superfici si è sviluppata in parallelo con la diffusione delle lavorazioni a controllo numerico e delle relative tecniche di programmazione. In una rappresentazione di tipo surface il modellatore crea e utilizza la vera e corretta rappresentazione matematica della superficie, descrivendola completamente. Il modello può essere rappresentato graficamente utilizzando punti e linee di confine, come del resto nel modello di tipo filo di ferro: in questo caso, però, vengono impiegate anche facce per colmare lo spazio compreso tra confini e punti, quindi si ha una esatta definizione della matematica.

Infatti la superficie è descritta da un polinomio quando è delimitata da 4 bordi. In questo caso l'inserimento del parametro opportuno consente la definizione di qualsiasi suo punto. Di norma i modellatori CAD offrono superfici di tipo b-spline bezier e su di esse è possibile inserire o modificare punti e tangenti.

In questo modo l'oggetto viene rappresentato tramite l'unione di parti di superfici di diversa natura, intimamente connesse tra di loro: con la modellazione di tipo surface, in sostanza l'oggetto viene rappresentato a partire dalla sua superficie esterna ( " la sua "pelle " ) e l'insieme delle facce e delle superfici va a formare un' unica superficie complessa . È questo il concetto di patch, cioè insieme di punti, delimitato da curve, le cui coordinate sono date da funzioni matematiche continue a due parametri ad un solo valore. Ad ogni patch è associato un insieme di condizioni al contorno, quali per esempio, i quattro punti angolari e le quattro curve di confine ( spesso i termini patch e superficie sono usati come sinonimi mentre più propriamente una patch è una regione limitata di una superficie più estesa; in particolare è una parte di una superficie composta ). Errori di arrotondamento, tolleranze grossolane e differenti definizioni di una curva possono fare sì che lo stesso bordo sia identificato da 2 curve differenti: questo causerà buchi, fessure e a volte sovrapposizioni di superfici sul modello.

Una importante caratteristica di una rappresentazione di questo tipo, è data proprio dall'impiego di superfici di tipo parametrico: è possibile modificare gli oggetti semplicemente mutandone alcune dimensioni caratteristiche ( parametri ), senza per questo dover ridisegnare il tutto. I modelli di tipo surface giocano un importante ruolo in campo industriale, poiché riescono a fornire una descrizione accurata di una superficie di un oggetto che può essere impiegata, ad esempio, per guidare macchine a controllo numerico o altre applicazioni nell'ambito produttivo.

Il modello solido invece viene costruito usando primitive solide e operazioni booleane e cioè mediante l'intersezione e l'unione di coni, cilindri, cubi. Questi sistemi consentono l'intersezione e l'unione di coni, cilindri, cubi ecc. permettendo la costruzione di modelli in tempi relativamente brevi, ma hanno il loro limite nella grande quantità di memoria richiesta e nella difficoltà di costruire forme curvilinee complesse.

Dato che l'oggetto costruito utilizzando primitive solide, il suo volume è reale e quindi l'operazione di sfaccettatura risulterà facilitata e in genere non è necessario nessun post trattamento delle immagini.

## 2.3 FORMATI GENERICI STANDARD

Un file di formato standard è richiesto ogni volta che sia necessario trasferire un modello da un sistema CAD ad un altro. Tutti i gruppi di ricerca, infatti, sono spesso coinvolti in attività che richiedono lo scambio di geometrie relative ai frammenti da analizzare, confrontare, classificare e ricomporre in una molteplicità di ambienti informatici, ognuno dei quali opera secondo un formato proprietario ed è gestito da un *kernel* specifico. La disponibilità, oggi sempre più diffusa, di traduttori di dati da un formato proprietario di un sistema a quello di un differente sistema non garantisce in generale la “corretta” lettura o scrittura dei dati originali.

Questi formati non sempre rispondono a tutte le esigenze dell’utente, ma sono comunque utilizzati nelle tecniche Rapid Prototyping in quanto l’installazione di un’interfaccia software per discretizzare il modello CAD nel sistema di controllo della macchina di prototipazione è costosa e non ammortizzabile dato il limitato numero di interventi che deve realizzare. Esistono comunque programmi recenti in grado di leggere formati grafici standard e fornire in uscita un modello discretizzato. Nella pratica corrente il problema dello scambio dati è più spesso riferito agli ambienti CAD- CAM, ma più in generale esso interessa i più svariati ambienti CAD che in misura differente utilizzano dati geometrici provenienti da un altro sistema.

I dati geometrici maggiormente coinvolti in uno processo di traduzione sono punti, curve, superfici e solidi le cui definizioni matematiche possono differire di molto anche in uno stesso ambiente. Si pensi, ad esempio, alle differenti formulazioni delle curve/superfici ( Bezier , B-spline , Nurbs ). A ciò si aggiunga la differente formulazione matematica interna adottata in ogni sistema che consente di creare e gestire velocemente geometrie sempre più complesse e con un livello di precisione sempre più elevato. È proprio l’accuratezza dei sistemi uno dei principali fattori al quale è da imputare l’alterazione della geometria nel processo di traduzione. La diversa formulazione dell’accuratezza in sistemi con un differente kernel geometrico (o anche con uno stesso kernel non proprietario ), infatti, rende spesso difficile la determinazione di un fattore di conversione idoneo a ricostruire una geometria secondo le originali intenzioni del disegnatore. Ad essa sono da imputarsi molte delle alterazioni riscontrate nel modello tradotto, come la presenza di indesiderati piccoli distacchi ( gap ) o sovrapposizioni ( overlap ), oppure la presenza di superfici non più delimitate dai bordi originali dei quali il sistema perde informazioni. Ciò può verificarsi anche se nel trasferimento vengono convertite inavvertitamente le unità di misura (da pollici a millimetri, ad esempio, o viceversa) perché i parametri di accuratezza possono essere intrinsecamente definiti rispetto alle dimensioni di ingombro del modello geometrico.

Il trasferimento dei dati tra i due sistemi CAD avviene nella seguente maniera: il file in formato interno del CAD 1 viene trasformato mediante pre-processore in un formato grafico standard. Il CAD 2 legge questo formato mediante il preprocessore e lo trasforma in un formato intero. Contemporaneamente il CAD 1 rilegge il formato standard attraverso il suo post-processore, lo trasforma in formato intero e controlla che non ci siano errori generatisi durante la conversione del file.

I formati grafici standard usati sono

- Interactive Graphical Exchange standard ( IGES )
- Verband Der Automobilindustrie-Fleischen Schnittstelle ( VDA-FS )

Il formato IGES è il più diffuso e definisce ogni entità del file CAD come una classe ed una sequenza numerica. Tuttavia poiché i tipi di entità variano a seconda dei sistemi CAD, si verificano problemi durante la conversione dei files per cui facce, simboli di diametro ecc possono non comparire nel file convertito.

Il file IGES è un file neutro composto di record della lunghezza fissata di 80 caratteri; ciò aumenta la facilità di trasferimento del file da un calcolatore ad un altro anche quando questi presentano diverse lunghezze di parola. Inoltre, ogni file IGES è logicamente suddiviso in cinque sezioni :

- Start Section
- Global Section
- Directory Entry Section (DE)
- Parameter Data Section (PD)
- Terminal Section

Questo è precisamente l'ordine con il quale le sezioni si presentano all'interno del file.

Start Section : É semplicemente un insieme di commenti leggibili che il produttore del file desidera includere per comunicare al ricevente un qualunque tipo di messaggio. I record di questa sezione sono identificati dalla lettera S.

Global Section : Contiene informazioni per il corretto trattamento del file da parte del postprocessore, come ad esempio l'impegno di memoria dei tipi di dati , le unità di misura usate , il fattore di scala del disegno, la data in cui fu elaborato, il nome dell'esecutore e così via. I record di questa sezione sono identificati dalla lettera G.

Directory Entry Section : Memorizza i dati sotto forma di entità. L'entità è la più piccola unità di informazione in un file, costituisce il blocco elementare di informazione per descrivere le geometrie in IGES e può essere di quattro tipi: geometrica, grafica, di struttura, di definizione. Ogni entità deve avere il proprio posto nella Directory Entry Section che viene indicato con il nome generico di entry. La Directory Entry Section costituisce quindi una sorta di " indice generale " contenente informazioni sulle entità e/o i loro indirizzi all'interno del file. Per ogni entità sarà presente una directory entry che conterrà 20 campi di 8 caratteri ciascuno e distribuiti lungo due righe consecutive. Le informazioni si riferiscono, ad esempio, al tipo di entità, a se questa entità richiede che le sia applicata una matrice di trasformazione ( e dove nella Directory Section può essere trovata la entry di tale matrice ), al colore dell'oggetto, ecc. Alcuni di questi campi possono contenere un valore o un puntatore. I record di questa sezione sono identificati dalla lettera D.

Parameter Data Section : Contiene i dati specifici di ciascuna entità presente. I record di questa sezione sono identificati dalla lettera P.

Terminal Section : Singolo record che rappresenta il fine file e riporta, per controllo, il numero di record di ciascuna sezione. I record di questa sezione sono identificati dalla lettera T.

Il formato VDA è stato sviluppato da un'industria automobilistica tedesca al fine di convertire le superfici di tipo b-spline. Vengono trasferiti solo i parametri di controllo della superficie che deve quindi essere rigenerata all'interno del sistema ricevente.

In questo contesto, per il trasferimento dei dati al sistema cam useremo l'interfaccia grafica iges.



### 3 Descrizione del Software CAD

ThinkDesign, è il software CAD utilizzato in questa sede per la realizzazione della limousine.

Nei precedenti capitoli, è già stato chiarito cosa si intende per software cad, e come l'utilizzo di questo tipo di programmi al giorno d'oggi svolga un ruolo importantissimo all'interno di un ciclo di progettazione.

Vedremo ora quali sono le caratteristiche proprie di ThinkDesign.

ThinkDesign fa parte di quei software utilizzati prevalentemente per la modellazione di superfici, e rappresenta uno dei punti di riferimento nel settore. Esistono infatti svariati modellatori in commercio più o meno avanzati, e ThinkDesign è tra quelli che permettono la realizzazione di modelli ( e superfici ) di elevata qualità fornendo un vastissimo numero di parametri e funzioni per la realizzazione delle superfici.

ThinkDesign offre due modi di lavorare: parametrico e statico.

L'approccio parametrico permette al progettista di creare dei profili guida su opportuni piani di lavoro, da utilizzare successivamente per la creazione di superfici ( o solidi ). Tali profili possono essere quotati e vincolati rispetto al sistema di riferimento globale. Le superfici che si ottengono sono legate ai profili di partenza e ogni modifica fatta su questi ultimi si ripercuote anche sui primi. Questo modo di impostare il lavoro è particolarmente utile nel caso della progettazione meccanica di componenti solidi, dove i miglioramenti e i perfezionamenti che possono nascere per le più diverse esigenze, vengono rapidamente rappresentate nel modello digitale.

Si può tuttavia lavorare senza sfruttare queste potenzialità; in tal caso le entità così ottenute saranno di tipo *statico*. In questo modo si ha però il vantaggio di poter realizzare forme complesse.

L'approccio statico è quindi utile nel caso in cui si debbano sviluppare modelli concettuali.

Va sottolineato che ThinkDesign mette comunque a disposizione una funzione che permette di stabilire dei legami tra entità di tipo diverso. In alcuni strumenti infatti è possibile decidere che vi sia l'associazione tra la superficie o il solido ottenuto con le curve di partenza.

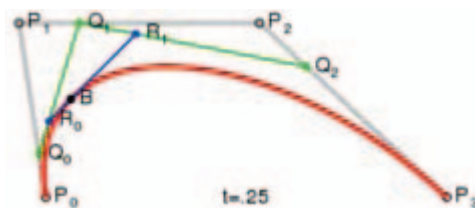
Tutta la progettazione affrontata in questa sede è stata affrontata con un approccio di tipo statico.

### 3.1 TIPOLOGIE DI CURVE E DI SUPERFICI

I Cad più sofisticati, come appunto ThinkDesign, sfruttano le curve NURBS, che rappresentano la miglior soluzione per la creazione di geometrie complesse. Una curva Nurbs è una generalizzazione delle curve B-Spline e Bézier; verrà quindi brevemente introdotta la definizione di questo genere di curve, per poi arrivare a quella di una Nurbs vera e propria.

#### *Da Bézier alle B-Spline*

Le curve di Bézier sono un tipo di curve parametriche utilizzate per definire forme morbide freeform. La forma parametrica della curva è descritta da un polinomio di grado  $n$  che definisce la tipologia della curva ( Linea, Curva a 1 flesso ecc... ). Viene definita una serie di punti di controllo nello spazio collegati da segmenti lineari che formano una spezzata. Tramite un parametro  $t$  che varia tra 0 e 1 alcuni punti di controllo si muovono sui segmenti descrivendo la curva. La curva passa solo per gli estremi della spezzata principale ( in grigio nel disegno sottostante ).



Generazione di una curva di Bézier con metodo grafico

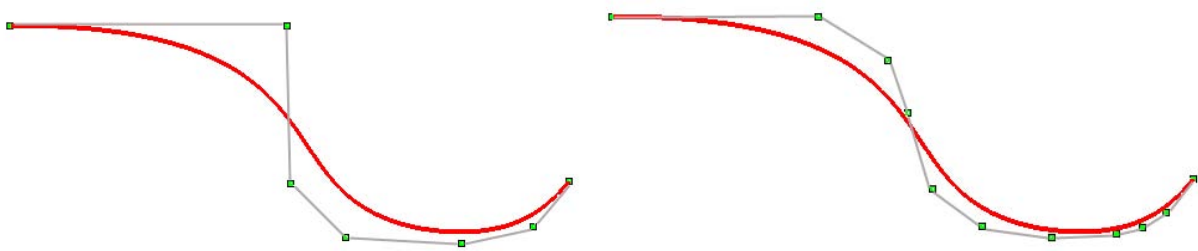
Le curve formate da un unico polinomio non sono adatte per la costruzione di forme geometriche complesse, per le quali è necessario un alto numero di vincoli e quindi un polinomio di grado molto elevato; infatti per interpolare  $n$ -punti è necessario un polinomio di grado  $n-1$  numericamente instabile a causa della propagazione degli errori di troncamento. Inoltre, modificando un punto di controllo, tutta la curva viene influenzata.

Per eliminare questi inconvenienti sono state introdotte delle curve polinomiali a tratti dette B-Splines. In parole povere non sono altro che curve di Bézier di basso grado unite tra di loro con diversi gradi di continuità ( posizione, tangenza e curvatura ). L'utilizzo di curve B-Splines permette di svincolare il numero dei punti di controllo dal grado del polinomio. Inoltre variando la posizione di un punto di controllo, la curva viene influenzata solo localmente.

## Dalle B-Spline alle Nurbs

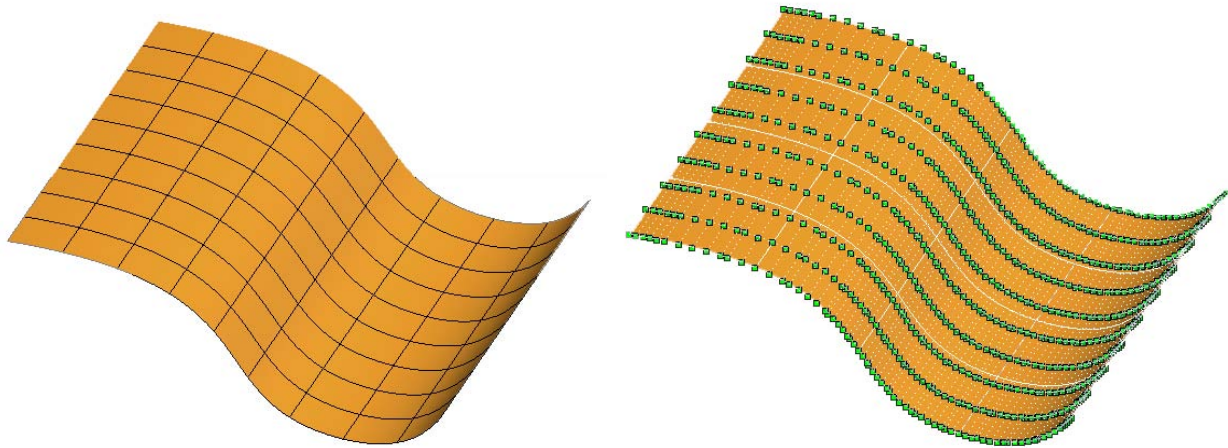
Le curve B-Spline presentano ancora determinati problemi; il più significativo è dato dall'impossibilità di generare archi di circonferenza.

Il problema è stato risolto con l'introduzione delle curve Nurbs ( Non Uniform Rational B-Spline ) formate da porzioni di curva contigue chiamati " Archi " o " Spans " mediante le quali è possibile rappresentare correttamente curve coniche ( Cerchi , Ellissi , Parabole ecc... ) , ma anche curve generiche molto complesse con un minor numero di punti di controllo. In corrispondenza di ogni punto di controllo vi è associato un peso : aumentando il valore del peso di un punto di controllo avviciniamo la curva al punto stesso; viceversa il punto di controllo eserciterà una minor influenza sulla curva.



Esempio di una curva Nurbs con diverso numero di punti di controllo

Dalle curve Nurbs derivano le superfici Nurbs che si possono considerare una loro estensione. I concetti relativi alle curve Nurbs quindi possono essere estesi e quindi applicati anche ad una superficie Nurbs. Ogni superficie Nurbs, in modo analogo alle Curve, ha una sua rappresentazione parametrica, descritta in funzione di due parametri  $u$  e  $v$  che variano entrambi nell'intervallo  $[ 0,1 ]$  . Il luogo geometrico dei punti di una superficie Nurbs che hanno eguale parametro  $u$  o eguale parametro  $v$  è una curva denominata isoparametrica.



Esempio di una superficie Nurbs con 10 curve isoparametriche in  $u$  e 10 in  $v$ . Si possono notare i punti di controllo sulle curve.

Curve o superfici, aventi rispettivamente punti o bordi in comune con altre curve o superfici, possono inoltre essere relazionate definendo un determinato grado di continuità tra di esse ( posizione , tangenza e curvatura ). Ciò permette di creare superfici molto complesse mediante l'unione di più superfici ottenute con vari comandi, che adesso vedremo.

## 3.2 COMANDI E FUNZIONI DI THINKDESIGN

La maggior parte delle funzioni di ThinkDesign è costituita da comandi che forniscono elementi per gestire al meglio curve e superfici Nurbs. I comandi specifici di questo programma possono essere suddivisi principalmente in tre categorie:

- Comandi per disegnare curve
- Comandi per generare le superfici
- Comandi per modificare le superfici

Comandi Principali per Disegnare Curve :

*Polilinea, Arco ( per tre punti, dato centro.) , Cerchio, Linea per 2 punti:* strumenti che realizzano linee rette o curve comunque piane.

*Curva per punti controllo:* è una curva molto flessibile in quanto permette una rapida modifica semplicemente agendo sui punti di controllo.

Si può inoltre intervenire sul numero di archi, sul grado dell'equazione che descrive la curva, e sul grado di continuità che descrive l'andamento della curva tra due archi successivi, al fine di ottenere i profili che riproducano esattamente ciò che si desidera.

*Curva per punti di interpolazione:* è una curva che passa esattamente per i punti assegnati. E' più difficile da gestire e solitamente genera curve più irregolari, anche se poi può essere aggiustata per punti di controllo.

## Comandi Principali per Generare le Superfici

*Superficie Loft* : questo comando consente di generare superfici selezionando due gruppi di curve ( A e B ). Si può operare con diverse modalità : Rigata, Proporzionale, Tesa, Collega.

Una superficie rigata è una superficie nelle cui equazioni parametriche uno dei due parametri appare solo al primo grado e con un singolo arco. Le curve isoparametriche relative all'altro parametro sono pertanto linee rette, definite generatrici della superficie rigata. In questo tipo di superficie loft quindi si possono selezionare solo due bordi di gruppo A.

Il comando Superficie loft proporzionale consente di creare superfici proporzionali (ovvero create mediante lo spostamento di una o due curve di bordo lungo una o due guide, che possono essere curve o superfici ). In questo tipo di superficie loft quindi si possono selezionare fino a due bordi di gruppo A e due bordi di gruppo B.

Il comando Superficie loft tesa consente di creare superfici tese (ovvero create a partire da tre o quattro curve selezionate e/o altri bordi di superficie; è possibile impostare il valore di continuità lungo i bordi selezionati sul tipo posizionale o tangenza). In questo tipo di superficie loft quindi si possono selezionare più bordi di gruppo A e più bordi di gruppo B.

Il comando collega superficie loft consente di creare una superficie di collegamento (ovvero una superficie che collega due o più superfici specificate ).

In alcuni casi, le curve selezionate per definire una superficie presentano spigoli non visibili che vengono identificati durante il processo di costruzione della superficie. L'uso delle curve come si presentano potrebbe produrre come risultato una superficie caratterizzata da difetti quali grinze o pieghe. Per risolvere questo problema esiste un comando che permette di scegliere il tipo di parametrizzazione; sono infatti disponibili tre opzioni:

**Intrinseca:** la normale parametrizzazione della curva.

**Usa curve pulite:** se alcune delle curve da utilizzare per la creazione di una superficie loft presentano degli spigoli invisibili, la qualità della superficie risultante può essere inferiore alle aspettative. Selezionando questa operazione è possibile creare una superficie di qualità migliore.

Con questo comando, infatti, non si utilizza la curva originale, che rimane invariata, ma una copia locale priva di spigoli.

**Curvilinea:** una normale parametrizzazione della lunghezza. Se si sceglie questa opzione viene ripetuta la parametrizzazione interna di tutte le curve di input in base alla lunghezza dell'arco e si ottengono in genere superfici con curve isoparametriche più regolari. Se le curve selezionate presentano spigoli invisibili, scegliendo questa opzione si ottengono inoltre superfici di qualità migliore.

*Superficie Piana* : definito un contorno chiuso su un piano, il comando superficie piana definisce una superficie che ha come bordi quelli del contorno stesso.

*Superficie Lineare* : questo comando estende un profilo lungo una determinata direzione con un angolo di sforno variabile a piacere.

*Estrusione Globale* : il comando estrusione globale consente di creare superfici mediante l'estrusione di uno o più contorni, o catene di curve consecutive, lungo uno o più contorni guida, anche se caratterizzati da spigoli.

può operare con diverse modalità : Costante, Asse costante, Basato su Superficie, Su due Guide

Costante: i contorni verranno estrusi lungo la guida mantenendo un orientamento costante.

Asse costante: i contorni verranno estrusi lungo un asse durante l'intero movimento.

Basato su superficie : i contorni verranno estrusi lungo la guida mantenendo l'orientamento di una delle superfici selezionate.

Su due guide : i contorni verranno estrusi seguendo due curve.

*Estrusione di Rotazione* : come l'estrusione globale ad asse costante con la differenza che il profilo viene estruso ruotando attorno all'asse di un determinato angolo.

*Collega Superfici* : questa funzione consente di creare una superficie che collega due o più superfici specificate. Per creare una superficie che collega due superfici esistenti, si selezionano i due bordi da collegare e si definisce il vincolo di continuità.

Le superfici di collegamento vengono create come nurbs cubiche ( di grado 3 ).

*Raccordo* : dove possibile crea un raccordo di un determinato angolo tra due superfici vicine.

*Capping* : il comando capping consente di riempire “ isole ” o “ buchi ” nelle superfici oppure creare superfici che passano per curve, ad esempio se è presente una struttura “filo di ferro” da coprire con superfici. Una volta creata una superficie di riempimento iniziale, è possibile aggiungervi vincoli per modificarne la forma in base ai requisiti.

## Comandi Principali per Modificare le Superfici

*Taglia Superfici Secondo Limiti* : questo comando consente di tagliare una o più superfici di qualsiasi tipo mediante entità limite selezionate, che possono essere curve o altre superfici. Per una corretta esecuzione del comando è necessario selezionare i limiti, le superfici da tagliare e le regioni da mantenere.

Se le entità limite sono delle curve, non devono necessariamente giacere sulle superfici da tagliare; in questo caso, per il taglio verrà utilizzata la loro proiezione sulle superfici lungo la direzione della vista in cui erano state selezionate.

Le curve limite, che come detto possono essere effettivamente utilizzate per il taglio o le loro proiezioni sulle superfici, non devono mai intersecarsi e non devono formare loop l'una dentro l'altra per evitare di incorrere in situazioni di indeterminazione.

*Aggiusta Superfici* : il comando permette di tagliare o estendere una superficie utilizzando due metodi : Parametro e Tangenza.

Parametro: accorciamento o estensione per cambiamento dell'intervallo di variazione dei parametri della superficie diversi da quelli standard ( questa modalità non si applica ai bordi che derivano da un'operazione di taglio).

Tangenza: indicazione di un valore numerico corrispondente al valore di lunghezza dell'arco che sarà aggiunto al bordo specificato della superficie medesima mantenendo la continuità di tangenza.



*GSM* : IL *GSM* ( *Global Shape Modeling* ) è l'unico strumento di creazione e modifica che consente di fare cambiamenti globali, accurati e istantanei, a qualsiasi stadio del processo di progettazione.

La maggior parte degli strumenti di modellazione oggi presenti sul mercato sfruttano un approccio di tipo "basato sulle funzioni" ( *feature based* ), mentre il *GSM* di ThinkDesign è basato su una modalità di progettazione "orientata all' oggetto"; evoluzione resa possibile grazie ad un elevato livello di astrazione.

I modellatori solidi basati sulle funzioni presentano diversi limiti per alcuni tipi di modifiche in quanto operano sul modello in maniera locale, senza tenere conto della ripercussione che tali azioni hanno sul resto dell'oggetto.

Il tutto si traduce in un'ulteriore differenza sostanziale: con questo strumento si può lavorare considerando valida l'ipotesi di eventuali modifiche a posteriori, cosa che, con altre modalità di intervento, diventano onerose sia in termini di tempo che di costo.

Anche impostando la progettazione in questi termini, nonostante l'alto livello di astrazione, lo strumento garantisce una facilità d'uso tipica degli altri modellatori, dando la possibilità ai progettisti di descrivere forme complesse a partire da entità più elementari e definendo il corpo finale in diversi step.

Per meglio comprendere il funzionamento di questo strumento si riportano brevemente gli aspetti salienti del comando.

Il comando *modellazione globale*, consente di modificare la forma di oggetti composti da solidi, superfici, curve e punti.

La prima fase consiste nella definizione di una serie di condizioni di conservazione: nello specifico a questa categoria appartengono tutte le entità (punti, curve, contorni di superfici o anche linee di luce) da mantenere nell'operazione di modifica controllata per quanto riguarda posizione tangenza curvatura e così via.

Si procede quindi impostando una serie di condizioni di corrispondenza. E' infatti possibile modificare la forma iniziale, in modo che alcune entità che vi appartengono, come punti, curve o bordi di superficie, dopo la modifica corrispondano ad alcune entità bersaglio dello stesso tipo, precisando il rispetto di condizioni quali posizione tangenza o curvatura.

Infine si possono imporre una ulteriore serie di condizioni di passaggio che possono essere agire sulla forma in modo che dopo la modifica essa passi per alcune entità, che possono essere curve punti o anche linee luce; anche in questo caso le condizioni possono essere dello stesso tipo visto per le voci precedenti, oltre a proprietà lineari e planari.

E' inoltre disponibile un'opzione specifica per i casi in cui sia necessario modificare un solido mantenendo invariata la proiezione lungo un piano.

Oltre ad avere una visualizzazione immediata dell'effetto prodotto dall'imposizione delle diverse voci di cui sopra, è inoltre possibile definire in modo interattivo la corrispondenza di posizione sui punti; sempre disponibile poi, una serie di opzioni che consentono di gestire la forma della modifica controllata. Viene fornita anche in questo ambito, un'altra serie di opzioni per la gestione della precisione delle entità risultanti.

Quando si applica il comando alle superfici, il risultato dell'operazione dipende dallo stato della casella di controllo modalità associativa, con le entità di base.

Quindi se si modificano le entità il solido verrà aggiornato di conseguenza.

Con queste premesse, la tecnologia qui descritta ben si presta ad essere utilizzata in diversi campi della progettazione industriale; una flessibilità così alta si può dedurre anche analizzando nello specifico le diverse potenzialità dello strumento:

- Mantiene la “topologia” di un complessivo: applicando una modifica ad una parte di esso, il GSM consente di non avere lacerazioni o sovrapposizioni con le parti che lo circondano.
- Modifiche di oggetti generati con altri strumenti: si ha la possibilità di intervenire anche su oggetti “privi di storia” e di inserirli nella nuova storia del modello; questo consente di ripescare tali interventi per manipolarli ulteriormente quando necessario.
- Operazioni elementari: permette di applicare ad oggetti composti da un'unica parte di sottoporli a modifiche di stiramento, flessione, torsione.
- Facilità d'uso: le enormi potenzialità sono rese accessibili a tutti in quanto per essere sfruttate non richiedono la conoscenza del modello fisico di base e della corrispondente descrizione in termini matematici.
- Tempistica: le operazioni di modifica su oggetti anche in fase di prototipazione vengono affrontate in tempi limitati.
- Aiuto alla produzione: si riesce a gestire parametri relativi alla produzione in una qualunque fase della progettazione ( per esempio la variazione di angoli di sforno per la generazione del modello CASM ).
- Associatività: può essere utilizzato in modalità statica o associativa.

## 4 Definizione del Progetto

### 4.1 IL CONCEPT

Per concepire un nuovo prodotto di successo la buona conoscenza della sua costituzione, dei metodi di progettazione dei suoi componenti e della loro integrazione nel sistema può rilevarsi non sufficiente.

Queste conoscenze, pur basilari nella progettazione, sono infatti sufficienti a garantire solamente il raggiungimento di obiettivi tecnici pre assegnati; senza sminuire l'importanza di queste conoscenze, occorre osservare che il successo di un prodotto è però in gran parte determinato da quanto tali obiettivi tecnici siano capaci di soddisfare le esigenze del cliente.

L'insieme degli obiettivi tecnici di un prodotto ed una descrizione sommaria della sua architettura costituiscono quello che è, quasi universalmente, definito come *concept* del prodotto.

Il *concept*, è il punto di partenza dell'attività di sviluppo di un nuovo prodotto e dei suoi mezzi di produzione, e può essere espresso da un suo schizzo o appunto da un suo modello tridimensionale semplificato, sufficiente a comprenderne l'aspetto e le funzioni principali. Questo, deve essere accompagnato da un'esauriente definizione delle caratteristiche tecniche ed economiche, delle quali deve essere dimostrata la congruenza e la fattibilità. Tali caratteristiche devono derivare da una buona conoscenza dei bisogni del cliente, e del valore che il cliente è disposto a riconoscere al prodotto, per il loro soddisfacimento.

Il problema centrale nel processo di definizione del concept è ottenere un largo coinvolgimento di tutte le funzioni aziendali interessate; infatti il concept nasce in parte da fatti oggettivi e misurabili, la cui determinazione sarà compito delle funzioni tecniche, ma anche di intuizioni che saranno non solo apportate dalle funzioni di marketing ma, più in generale, da chiunque abbia maturato un'esperienza sufficiente da poter fornire un contributo creativo. Anche i responsabili delle attività successive come la progettazione del prodotto, la definizione delle specifiche dei componenti, lo stile, lo sviluppo dei mezzi di produzione, la valutazione dei costi, lo sviluppo dell'organizzazione commerciale per la vendita del modello dovrebbero essere coinvolti, in quanto anche il risultato delle loro attività influenzerà la soddisfazione del cliente. Occorre tener presente però che se è vero che ignorare i vincoli delle operazioni successive durante la definizione del concept può causare gravi inconvenienti, è anche vero che un eccessivo coinvolgimento può causare conflitti prematuri e compromessi fra le funzioni che possono rischiare di banalizzare le caratteristiche del prodotto.

La definizione del *concept* consiste quindi nella definizione di determinate specifiche di prodotto, che devono :

- Focalizzare le caratteristiche del prodotto sui bisogni del cliente
- Essere giustificate, ossia devono soddisfare requisiti funzionali e regolamentari

I bisogni del cliente ( che possono essere di tipo estetico, ma anche funzionale ) sono per lo più indipendenti dal prodotto che si intende sviluppare e non sempre possono essere pienamente realizzati; devono quindi essere identificati senza dovere sapere se o come essi saranno soddisfatti. Possono essere identificati mediante la conoscenza del successo di prodotti già esistenti, oppure mediante statistiche di prodotto o d'impiego del prodotto.

## 4.2 PROGETTAZIONE SISTEMICA

Nella progettazione di un veicolo, sono così tanti gli aspetti da prendere in considerazione, che al giorno d'oggi si procede secondo un approccio denominato “ *progettazione sistemica* ”: il veicolo viene cioè suddiviso in vari “ *sistemi* ” ( telaio, carrozzeria, motore, e così via ) in modo da definire meglio le specifiche tecniche di ogni componente. Operando parallelamente si riesce così a eseguire un progetto comunque complicato. Per specifiche tecniche intendiamo una serie di grandezze, le relative misure, atte a definire, in modo completo, ogni componente, anche in assenza di disegni dettagliati.

La progettazione sistemica costituisce la fase iniziale di ogni progetto, durante la quale, si verifica la possibilità di raggiungimento degli obiettivi che sono stati posti; questa fase è comunemente nota come *studio di fattibilità*. L'insieme delle specifiche dei componenti principali, che soddisfano a questi obiettivi, fa parte della documentazione del concept..

Si può quindi affermare, che un corretto approccio di progettazione sistemica deve prevedere almeno i seguenti passi fondamentali:

- Definire quali funzioni svolga il sistema.
- Definire quali grandezze meglio misurino queste funzioni e quali valori-obiettivo tali grandezze debbano assumere, per ottenere la soddisfazione del cliente.
- Definire quali componenti facciano parte del sistema, in quanto condizionano il raggiungimento dei valori obiettivo.
- Identificare, se ve ne sono, funzioni di altri sistemi in competizione con quelle di cui al punto 1
- Stabilire per ogni componente un insieme coerente di specifiche che garantisca l'ottenimento, a livello di veicolo completo, della soddisfazione del cliente.

Quindi l'ingegneria di sistema implica normalmente la progettazione di parti di componenti, talvolta studiati in discipline diverse del veicolo e collocati in parti diverse.

Possiamo studiare il veicolo in 3 sottosistemi principali.

- *Autotelaio*, inteso come insieme dei componenti che presiedono alla guida del veicolo sulla strada, ossia trasmissione, sospensioni, ruote, freni, sterzo e strutture di collegamento.
- *La carrozzeria*, intesa come la struttura di connessione di tutti gli organi meccanici di contenimento dell'abitacolo, comprendente innumerevoli accessori interni (condizionamento, impianto elettrico ...) ed esterni ( finiture, illuminazione ...)
- *Motore*, inteso come insieme dei componenti destinati alla generazione della forza motrice, ossia il motore, impianto di alimentazione combustibile, impianti di aspirazione dell'aria e scarico dei gas combusti.

Il Modello di Progettazione Sistemica richiede quindi per ogni fase di progettazione conoscenze specifiche riguardanti le suddette proprietà, tenuto conto del grado di concretezza del sistema che si sta progettando. Esso realizza una trasformazione di oggetti, con lo scopo di raggiungere il fine di un prodotto ottimo con il minimo impiego di tempo e denaro. Alla locuzione “*costi minimi*” si possono dare due diversi spessori: una prospettiva più ristretta che consideri solamente l’ economia dell’ azienda, ed una prospettiva più ampia che includa i costi sociali ed ambientali ed i rischi e i benefici per le comunità.

Da questa analisi, che resta comunque approssimativa si vede che la realizzazione di una nuova vettura è un fenomeno estremamente complesso sia dal punto di vista tecnico che dal punto di vista legale ed economico, anche solo a livello di prototipo.

Gli stessi criteri costruttivi utilizzati dall’industria automobilistica presuppongono la disponibilità di attrezzature ed impianti il cui valore supera di almeno 3 ordini di grandezza il prezzo di vendita dell’automobile finita. Vi sono tuttavia delle eccezioni, come ad esempio Pagani che, con costi ed investimenti decisamente minori ( grazie alla lavorazione artigiana ed al sub-appalto di molte lavorazioni e competenze ), realizza profitti anche sul singolo esemplare prodotto, grazie al prezzo finale molto elevato, dato dal valore "di marketing" dell'oggetto.

#### 4.3 SEMPLIFICAZIONE DEL PROGETTO

In questa sede, ci troviamo di fronte ad un problema più semplice: infatti l’obbiettivo non è un progetto completo finalizzato alla realizzazione di un modello di automobile nuovo destinato ad una grande produzione, bensì una modifica di una vettura in commercio pensata per essere prodotta in un limitato numero di esemplari e per una clientela di nicchia.

La progettazione di una vettura di piccola serie (o addirittura mono esemplare) prevede uno schema semplificato di quanto trattato precedentemente, selezionando un numero limitato di obbiettivi da raggiungere, per i quali sia sostenibile l’investimento economico, progettuale, di sperimentazione e collaudo.

Il nostro progetto, lo ripetiamo, sarà sviluppato sulla base di un veicolo già esistente: presenta perciò caratteristiche tecniche ben definite, quantificabili con misure e valori precisi risultando conforme in ogni suo aspetto ad ogni vincolo legislativo.

La cosa più importante sarà individuare per ogni sistema che fa parte del veicolo tutto ciò che può ragionevolmente essere oggetto di modifica, limitando (o evitando) al massimo l’intervento su tutto

ciò che richiederebbe nuove sperimentazioni, collaudi o test per l' omologazione, o anche solo costi di realizzazione non sostenibili per l'azienda. Le modifiche stesse che si desidera apportare saranno perciò progettate secondo criteri che rappresentino un giusto compromesso per quanto riguarda i costi che queste comportano. La scelta di componenti già presenti sul mercato, le apparecchiature di cui dispone l'azienda sono come vedremo aspetti anch'essi che influenzano le scelte stilistiche che si deciderà di realizzare.

In base a quanto detto il nostro progetto sarà organizzato nelle seguenti fasi :

- *Definizione delle specifiche di progetto* : è la definizione degli obiettivi principali che si vogliono raggiungere col veicolo in progetto. In questo caso l'obiettivo è la realizzazione di una stretch limousine su base Maserati Quattroporte. L'allungamento interesserà solamente la parte centrale della vettura escluse le portiere. Il veicolo dovrà restare all'interno della categoria M1.

- *Analisi del telaio* : Consiste nello studio della struttura portante del veicolo. Per conseguire gli obiettivi prefissati, il telaio del veicolo subirà determinate modifiche: conoscere quindi quali sono le caratteristiche legate alla tipologia di telaio del veicolo di partenza è necessario per individuare il modo migliore con cui procedere nella trasformazione, al fine di conservare come vedremo una struttura sicura, confortevole e robusta.

- *Analisi carrozzeria* : Oltre che a svolgere importanti compiti strutturali, la carrozzeria è sede di numerosissimi componenti. Poiché come vedremo, è proprio la carrozzeria che sarà soggetto alla maggior parte delle trasformazioni per conferirle una nuova impronta stilistica, è ovvio che per valutarne la fattibilità, sotto ogni punto di vista, strutturale economico o normativo, un'attenta analisi dell'intero sistema carrozzeria assume un ruolo fondamentale.

- *Normative e regolamenti* : L'analisi del gruppo telaio e carrozzeria, deve comprendere contemporaneamente anche lo studio delle normative che ne consentono l'omologazione, e che il progettista è obbligato a conoscere e rispettare affinché la vettura in progetto possa effettivamente circolare su strada.

- *Definizione del nuovo design* : Solo dopo un'attenta analisi del gruppo telaio-carrozzeria e delle normative di cui sono oggetto, si può procedere alla definizione del nuovo design della vettura : in questo modo il designer sarà già a conoscenza di tutto ciò che rappresenta un limite alla sua creatività, e spetterà alla sua abilità riuscire a realizzare un prodotto stilisticamente valido nel totale rispetto non solo dei suddetti vincoli legali, ma anche rientrando in un budget ben determinato.



Modello ricostruito al CAD di una vettura Maserati Quattroporte  
Su questo modello si lavorerà per progettare la versione “*limousine*”



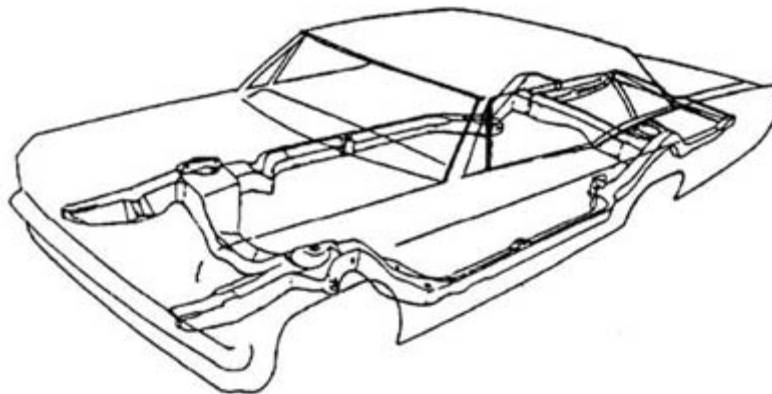
## 5 Analisi Strutturale

La struttura portante di un autoveicolo è comunemente denominata telaio: essa è una struttura sollecitata da carichi esterni applicati al veicolo, quali quelli provenienti dai punti a terra delle ruote, attraverso i cinematismi e gli organi elastici della sospensione e quelli aerodinamici, applicati attraverso la carrozzeria e da carichi interni di tipo inerziale provocati dal peso proprio della struttura e delle masse concentrate, in essa contenute, quali ad esempio i passeggeri, il bagaglio, ed il motopropulsore; quest'ultimo inoltre scarica sul telaio la reazione della coppia motrice. I compiti del telaio sono sostanzialmente quelli di sopportare tutte queste sollecitazioni e contenere le deformazioni da esse provocate.

Una breve analisi dei compiti strutturali del gruppo scocca-telaio di un autoveicolo, ci aiuterà a comprendere meglio quali problematiche potrebbero conseguire da un'eventuale modifica, aspetto questo che il progettista non può certo trascurare.

### 5.1 TIPOLOGIE DI TELAI AUTOMOBILISTICI

Telaio a Longheroni



E' il più semplice ed elementare tipo di telaio per autoveicolo, ed è costituito da una struttura piana a forma di " scala a pioli " ( *ladder chassis* ) composta da due elementi longitudinali ( longheroni ) connessi da membri trasversali ( *traverse* ) che forniscono resistenza alle forze laterali e conferiscono rigidità torsionale all'insieme.

I punti di connessione fra traverse e longheroni sono generalmente rinforzati con piastre nodali saldate. La carrozzeria può essere connessa al telaio mediante tasselli elastici, che aumentano l'isolamento dell'abitacolo da rumore e vibrazioni e contribuiscono alla rigidità della vettura. A fronte della semplicità costruttiva e della versatilità ( diverse carrozzerie possono essere montate sulla stessa struttura di base ), il telaio a longheroni viene normalmente impiegato nei veicoli adatti a trasporti pesanti, con alti carichi verticali sostenuti dai robusti longheroni, o in tutti quelli che non necessitano di una eccellente precisione di guida nel loro utilizzo ( fuoristrada o SUV ), ma non nelle vetture di serie, a causa della bassa rigidità torsionale della struttura ( a parità di rigidità il peso è superiore del 10-15% rispetto alla scocca portante ), e per l'assemblaggio complesso e poco adatto all'automazione industriale. Mediamente il telaio fornisce il 37% della rigidità torsionale e il 34% di quella flessionale; le quantità rimanenti sono fornite dalla struttura della carrozzeria.

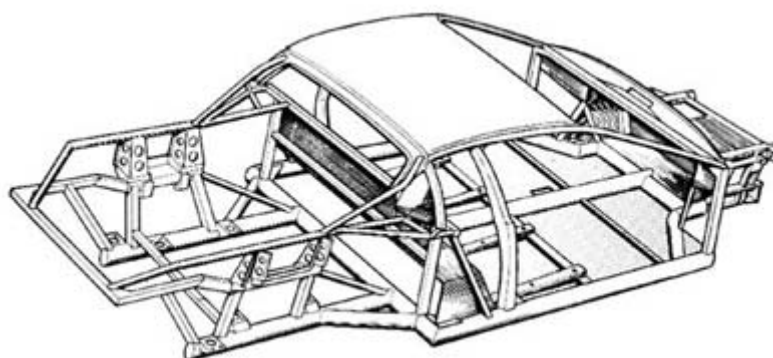
### BackBone



Un elemento centrale tubolare di sezione rettangolare, detto comunemente “ tunnel “ connette gli assi anteriore e posteriore, fornendo da solo quasi tutta la resistenza meccanica. Al “ tunnel ” sono solidali le sottostrutture che sorreggono sospensioni, masse non sospese e motore. Di solito al suo interno trova alloggiamento l'albero di trasmissione nel caso di motore anteriore e trazione posteriore.

E' una soluzione economica e adatta a vetture di ridotte dimensioni e con bassi regimi di produzione, ma carente nella rigidità, con bassa protezione da impatti laterali e poca convenienza nelle grandi produzioni di serie.

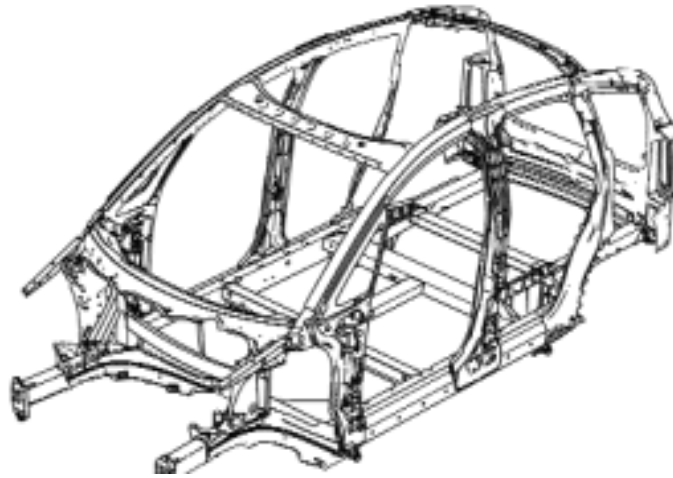
## Telaio a Traliccio Tubolare



Un telaio tubolare, nella sua configurazione più semplice, è costituito da un “traliccio” di tubi saldati e non assolve da solo al compito di sopportare tutte le sollecitazioni : anche il motore, alcune paratie e parti della carrozzeria possono avere infatti funzione portante. Alcune parti del telaio come i tubi che confluiscono sui nodi o le giunzioni in prossimità degli attacchi delle sospensioni, devono essere calcolate a resistenza e prediligono quindi sezioni con spessori maggiorati con conseguente aumento di peso. Altre parti come i tubi che collegano le sottostrutture anteriori e posteriori a quella centrale, devono essere calcolate a rigidità poiché, se il telaio è stato progettato correttamente, le forze provenienti dagli attacchi delle sospensioni si scaricano su più tubi abbassando l’entità dello stress meccanico; quindi il parametro più importante risulta quello della rigidità, per cui si lavora più che altro sulla geometria della sezione a parità di area o addirittura diminuendola. I rollbar anti-ribaltamento e anti-intrusione laterali, vengono progettati a resistenza e con sezione tonda per sopportare eventuali urti aventi direzione incognita. Quando i carichi hanno invece direzione conosciuta o lievemente variabile in direzione, si possono usare sezioni quadre o rettangolari, per privilegiare la resistenza o la rigidità dell’elemento in una direzione rispetto a un’altra.

Tale soluzione è caratterizzata da ampi costi e tempi di produzione e assemblaggio impossibili da automatizzare efficacemente. Garantisce invece elevate prestazioni unite a ottimi rapporti rigidità/peso: ecco perché trova applicazioni soprattutto in vetture di piccola serie, auto supersportive o da competizione.

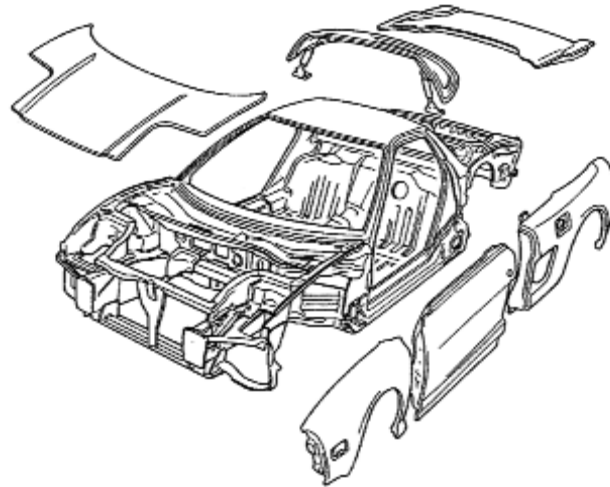
## Space Frame



Per *space-frame* si intende una architettura costruttiva costituita da una gabbia di profilati connessi tra loro mediante nodi rigidi. Lo space-frame è quindi un telaio a traliccio tubolare evoluto che si differenzia da quest'ultimo principalmente per due aspetti : è composto da un numero molto inferiore di elementi aventi però maggiori dimensioni e assolve da solo a tutte le funzioni strutturali dell'intera vettura cioè sostenere motore, sospensioni, sterzo e trasmissione. A livello funzionale, rispetto alla scocca portante, tutti i pannelli esterni ( fissi e mobili ) danno un contributo strutturale secondario, anche se l'integrazione fra telaio e carrozzeria può differire a seconda delle specifiche applicazioni. Lo space-frame si presta molto bene ad essere realizzato con leghe di alluminio, potendosi sfruttare con vantaggio molte tecnologie specifiche delle leghe leggere: la presso colata ( per i nodi di connessione ), l'estrusione e la piegatura ( per i profilati ), lo stampaggio ( per la carrozzeria e i pannelli strutturali ). Poiché i vari elementi che compongono il telaio sono tra di loro indipendenti, ognuno di essi può essere progettato e costruito in modo differente per materiale e tecnologia di produzione: ciò consente un'elevata specializzazione dei componenti in relazione alla loro funzione e permette un notevole livello di ottimizzazione, con una drastica riduzione del numero dei componenti ed un aumento della flessibilità.

A fronte di alcuni svantaggi in termini di automazione dei processi, lo space-frame presenta buone caratteristiche di rigidità e comportamento all'urto, che ne fanno una valida alternativa alla scocca portante per la produzione di veicoli caratterizzati da regimi produttivi di medio livello.

## Scocca Portante



La scocca dicesi portante quando possiede una resistenza meccanica tale da sopportare il peso proprio dei vari gruppi costituenti il veicolo e le sollecitazioni provocate dal movimento del veicolo stesso. Nasce in tal modo un'unica struttura ( telaio e carrozzeria costituiscono un unico involucro che svolge entrambe le funzioni ) alla quale vengono applicati direttamente, o con l'interposizione di opportuni organi elastici, il motore e gli altri gruppi del veicolo. Nella scocca portante i montanti, il padiglione, i parafranghi anteriori e posteriori costituiscono parte integrante della struttura portante, mentre i pannelli incernierati o incollati ( portiere , parabrezza e lunotto ) conferiscono rigidità aggiuntiva, ma il loro compito non è strutturale.

La scocca portante in lamiera di acciaio stampata è da decenni la soluzione più adottata da tutte le industrie automobilistiche per normali vetture di serie, tanto da essere utilizzata dal 95% dei veicoli attualmente in produzione. Il motivo principale risiede nelle qualità generali, nella economicità ( quando i volumi di produzione eguagliano o superano le decine di migliaia di unità all'anno ) e nella grande adattabilità alla produzione automatizzata, accoppiate al buon livello delle prestazioni ottenute.

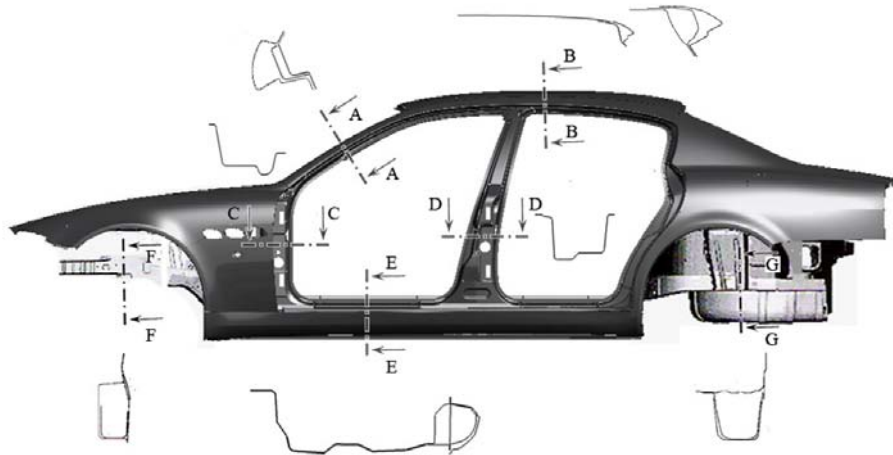
## 5.2 TELAIO MASERATI QUATTROPORTE

La Maserati Quattroporte appartiene a quella categoria di veicoli che sfruttano come tecnologia di telaio la scocca portante.



La scocca portante è in lamierato d'acciaio elettrozincato a fuoco ai due lati per resistere alla corrosione. I rivestimenti della carrozzeria vengono saldati sul telaio mediante un processo denominato lastratura. La lastratura avviene su due linee di mascheroni, una linea per le operazioni di ferratura e una per quelle di revisione: i mascheroni ( o maschere di assemblaggio ) sono attrezzi per il posizionamento delle parti della scocca ( ossatura tetto, tralicci anteriori, traversa posteriore ) e dei rivestimenti esterni ( parafango posteriore e anteriore, rivestimento tetto, ecc... ) mediante chiusure manuali o automatiche ( appositi fermi che tengono posizionate le parti ). Le linee dei mascheroni sono dotate di tre maschere di assemblaggio ciascuna. Qui vengono saldati i rivestimenti esterni, il rivestimento del tetto e i montanti. Nella linea di ferratura vengono montate le porte e i due cofani, e controllate le scocche con appositi calibri di controllo, nei vani parabrezza, lunotto e basette per gli specchi laterali. Nella linea di revisione viene fatto il controllo estetico della scocca per verificare l'eventuale presenza di bolli o ondulazioni e vengono controllate le saldature con indici di qualità e prototipi ( ICP ) del 100% per tutte le vetture. Infine, nella linea di revisione le scocche vengono pulite ( per togliere eventuali residui metallici ) e preparate per essere inviate a Maranello per la verniciatura.

Verrà effettuata un'analisi della carrozzeria del veicolo, che aiuterà a comprendere meglio quali parti della struttura sarà possibile modificare: motivi economici e legislativi staranno spesso alla base delle considerazioni e delle decisioni che verranno effettuate.



Vista laterale della scocca della Maserati Quattroporte. Sono tracciate le diverse sezioni con i corrispondenti profili

Facciamo riferimento alla figura, in cui vengono analizzate in dettaglio le sezioni principali, in modo da chiarire come un insieme di particolari stampati, possano realizzare strutture a trave.

La sezione A-A si riferisce alla zona del montante parabrezza ( Montante A ), che si interfaccia da un lato con il parabrezza e dall'altra con la porta anteriore: si può vedere come la sezione resistente sia ottenuta dalla giunzione tra il fianco esterno e la longherina montante del parabrezza , interponendo una lamiera di rinforzo che costituisce un setto tra i due componenti.

La sezione B-B si riferisce alla longherina del tetto che delimita l'anello porta posteriore e si innesta con una traversa centrale del padiglione del tetto. La sezione resistente è realizzata dalla giunzione tra un fianco esterno ed un fianco interno , con il setto di rinforzo, utilizzato anche per il montante centrale.

La sezione C-C si riferisce alla zona bassa del montante anteriore, a cui si collegano le cerniere fisse della portiera anteriore: la sezione si collega alla parte inferiore del cruscotto .

La sezione D-D si riferisce alla zona del montante centrale ( Montante B ), a cui si collegano le cerniere fisse della portiera posteriore e le cinture dei sedili anteriori.

La sezione E-E , taglia per intero il pavimento e mostra le sezioni del longherone, del brancardo e del pianale. Il longherone è attraversato da una lamina che, oltre che aumentare la sua rigidezza, permette di assorbire gli sforzi di taglio.

Le sezioni F-F e G-G fanno invece parte del telaio vero e proprio. Sono sezioni scatolate che hanno, la funzione di irrigidire la struttura e assorbire l'energia derivante da un eventuale urto

Consideriamo ora alcuni elementi importanti del veicolo, focalizzando l'attenzione sulla parte centrale, che sarà poi quella soggetta alle modifiche necessarie per la trasformazione :

Partendo dalla parte anteriore del veicolo ci troviamo di fronte ad un primo elemento di fondamentale importanza: il parabrezza. Rispetto alle altre componenti di vetro ( che fanno parte delle parti mobili della carrozzeria ), il parabrezza apporta un contributo notevole alla rigidità della struttura dell'automobile ( nell'ordine del 10 %). La forma del parabrezza, determina la struttura di tutti componenti che lo delimitano. Come si è potuto evincere anche dallo schema iniziale la sezione del montante anteriore si interfaccia da un lato, appunto col parabrezza, e da un lato con la portiera anteriore; contemporaneamente prosegue delineando il bordo superiore dell'anello porta anteriore e quindi posteriore, interfacciandosi allo stesso tempo con il padiglione del tetto. Si viene quindi a definire la forma di un elemento chiave per l'intera struttura della carrozzeria: il giro-porta. Proprio perché è costituito dall'interconnessione di più elementi, si capisce come anche il cambiamento della sezione o della forma di solo uno di questi comporta di conseguenza la trasformazione dell'elemento ad esso connesso. Da quanto detto, per esempio, un nuovo disegno del parabrezza richiederebbe lo studio di un diverso montante anteriore, ed il nuovo insieme andrebbe a sua volta testato, per assicurarsi che mantenga la rigidità originale. Si capisce subito come spese di progetto e sperimentazione lieviterebbero richiedendo nuove procedure di omologazione. Altro parametro inscindibilmente legato al parabrezza è il cosiddetto “ curvano ”, che ne descrive la base all'altezza del cruscotto. Anche per la zona del curvano valgono considerazioni del tutto simili a quelle fatte per gli elementi sopra citati. Innanzitutto, perché la traversa che costituisce la base del parabrezza è a sua volta un elemento determinante per la rigidità della struttura. In secondo luogo, perché variare l'altezza da terra del curvano (e di conseguenza le misure e dimensioni del parabrezza), comporterebbe una variazione nell'estensione o nell'inclinazione del parabrezza, modificando quindi quello che è l'angolo di visibilità della vettura. L'anello porta inoltre definisce ( lo dice la parola ... ) la forma stessa della portiera ( almeno per quanto riguarda il contorno e le battute ). La portiera è un componente particolare, ed una sua eventuale modifica potrebbe risultare piuttosto complessa per motivi di sicurezza ( protezione degli occupanti da un eventuale urto laterale), componenti interne ( alzacristalli, interruttori e cavi elettrici ) , isolamento dell'abitacolo da rumori e agenti esterni ( sistema di chiusura e tenuta ).

Dalle considerazioni appena effettuate si può comprendere come non sia economicamente conveniente, per una vettura speciale come la limousine, di cui ne verranno prodotti solo pochi esemplari, modificare la forma degli elementi appena descritti.



### 5.3 CARICHI AGENTI SUL TELAIO

#### Carichi Esterni

I carichi esterni agenti sulla struttura del veicolo, durante la sua vita, possono essere classificati secondo tre categorie fondamentalmente diverse :

- Carichi statici
- Sovraccarichi istantanei
- Carichi di fatica

La prima categoria è dovuta a carichi pressoché costanti nel tempo. Un carico, sempre presente, è dovuto al peso proprio del veicolo. Esso si scarica a terra, sugli pneumatici, attraverso gli elementi elastici e strutturali delle sospensioni. Le sospensioni, a seconda della loro architettura, distribuiscono il carico su tutti i punti di collegamento con la struttura del telaio, anche in direzioni diverse da quella verticale. Dobbiamo ancora ricordare che il peso delle masse non sospese ( ruote, pneumatici, montanti e freni, parte del peso delle aste connesse a questi elementi, ecc...) si scarica direttamente sul terreno, senza interessare la struttura del veicolo. Il peso proprio e la distribuzione dei carichi a terra variano in funzione del numero delle persone a bordo del veicolo e del bagaglio trasportato; la condizione di carico viene anche denominata standard di carico.

La seconda categoria può essere esemplificata da ciò che accade nel superamento di buche di grandi dimensioni, negli urti accidentali delle ruote contro i cordoli, nelle frenate e nelle curve al limite di aderenza su fondi asciutti, negli spunti violenti con marce basse. E' consuetudine considerare questi carichi alla stregua di quelli statici, introducendo dei coefficienti moltiplicativi rispetto ai valori stazionari.

I carichi di fatica sono invece dovuti a carichi variabili nel tempo. Possono essere dovuti a :

- Manovre imposte dal guidatore. L'azionamento del volante, del pedale dell'acceleratore, del pedale del freno originano carichi al contatto tra pneumatici e terreno, per effetto delle forze causate dalla deriva e dello scorrimento. Tali carichi si distribuiscono sui bracci delle sospensioni e si comunicano alla struttura del telaio nei punti di collegamento. L'effetto finale sono le accelerazioni trasversali e longitudinali, che determinano il movimento globale del veicolo.

Per vetture di produzione si raggiungono al più accelerazioni trasversali di 1 g in curve al limite di aderenza e accelerazioni longitudinali di 1 g in frenata e di 0.4 g in accelerazione.

Le azioni inerziali, inoltre, provocano movimenti di beccheggio e di rollio della massa sospesa sulle sospensioni ed originano trasferimenti di carico tra i punti a terra delle ruote della vettura

- Irregolarità stradali. Sotto queste azioni i sottosistemi del veicolo reagiscono dinamicamente, scambiando forze nei punti di connessione. Questi carichi possono essere esemplificati dalla percorrenza di strade sconnesse in condizioni di pieno carico, di strade con pavimentazione a blocchetti ( pavé ) o di strade di prova artificialmente conformate, come ad esempio le strade con profilo ondulato asimmetrico. La vita attesa da una struttura automobilistica è di almeno 200.000 km di uso normale; ogni costruttore ha progettato e realizzato dei percorsi di prova che permettono, con la loro maggior severità, di simulare la vita normale del veicolo in percorrenze abbreviate di 40/100.000 km. I carichi registrati in questi percorsi, correlati empiricamente con la vita reale del veicolo, possono essere ancora sintetizzati, eliminando i livelli inferiori al limite di fatica della struttura, per realizzare storie di carico che permettono di simulare al banco la vita della struttura in tempi ancora più ridotti.

### Carichi Interni

Le accelerazioni verticali generano, come abbiamo visto, forze inerziali sul motore che caricano i punti di collegamento tra la sospensione del motore e la struttura del telaio. Anche la coppia erogata alle ruote provoca delle reazioni sugli elementi che vincolano alla struttura del veicolo ed ai punti di reazione del cambio e del differenziale. Nel caso di vetture a motore e trazione anteriore, le due coppie insistono sugli stessi attacchi del motopropulsore. I carichi interni che cimentano la struttura del veicolo, sono inoltre dovuti a masse concentrate in esso contenute, alcune delle quali in movimento. Appartengono a questa categoria le masse dotate di moto alterno nei motori a combustione interna. Il meccanismo del motore è costituito da un sistema a biella e manovella, che conferisce allo stantuffo un moto di tipo alternativo. Per rappresentare le forze applicate dal manovellismo alla struttura del veicolo, è usuale scomporre la massa ed il momento d'inerzia della biella in due parti, rispettivamente solidali con lo stantuffo e con il bottone di manovella. Le masse delle due parti in cui viene scomposta la biella contribuiscono a definire , rispettivamente insieme allo spinotto e lo stantuffo, ed insieme alla massa non equilibrata del gomito, la massa alterna e la massa rotante. Queste non sono le uniche masse dotate di movimento; in molti casi anche altre masse sospese in modo elastico, come il volante, ed il sistema di scarico possono generare delle forze interne non trascurabili

## 5.4 RIGIDEZZA DI UN TELAIO

La rigidezza della struttura del veicolo ha un'importanza fondamentale per determinare il comportamento di una vettura, direzionale e vibratorio. È altresì importante per assicurare che deformazioni dovute a carichi elevati non siano così grandi da influenzare il funzionamento del veicolo, ad esempio alterando la geometria di lavoro delle sospensioni o impedendo l'apertura o la chiusura delle porte.

Esistono due tipi di rigidità : quella flessionale e quella torsionale.

La rigidità flessionale  $K_f$  è definita come il rapporto tra il carico utile applicato in un punto della struttura prossimo alla mezzzeria del passo e la relativa freccia; raramente il raggiungimento di valori accettabili risulta problematico, avendo soddisfatto tutti gli altri requisiti strutturali, salvo che in veicoli industriali abbastanza lunghi.

La rigidità torsionale  $K_t$  è invece definita come rapporto tra coppia di rollio applicata ai mozzi dell'assale anteriore e la rotazione ottenuta, avendo vincolato il veicolo attraverso i mozzi dell'assale posteriore. Gli elementi elastici delle sospensioni ( primari e secondari ) devono essere sostituiti con altrettanti elementi di pari dimensioni, ma infinitamente rigidi.

Tra le due sopra citate comunque, la rigidità torsionale è quella più significativa in quanto è quella che sollecita maggiormente il telaio. Oltre a questo ha una importanza fondamentale nel comportamento in curva del veicolo.

Spieghiamo meglio il perché di questa ultima affermazione :

Quando affronta una curva, il veicolo è sottoposto ad un insieme di forze distribuite lungo l'intero veicolo. Queste forze possono essere ricondotte ad un'unica forza, pari al peso proprio del veicolo, applicata nel suo baricentro, che genera una coppia, detta “ momento di rollio “. Il momento di rollio sarà eguagliato dai momenti elastici di reazione dei due tronconi del veicolo e degli assali. Gli elementi elastici in parallelo, come la scocca ed il telaio, sommano la loro rigidità, mentre quelli in serie, come le sospensioni e la struttura del veicolo sommano la loro flessibilità.

Tra componenti della scocca e del telaio quindi saranno gli elementi più rigidi ad assorbire la massima sollecitazione. Una scocca molto rigida dovrà quindi essere anche molto resistente : questo fatto spiega perché carrozzerie in legno su telai in acciaio furono realizzate con giunzioni molto flessibili fra i vari elementi dell'ossatura, oppure ci aiuta a comprendere come, in una scocca portante, la struttura del tetto possa mostrare rotture di fatica quando portata ad assorbire carichi eccessivi, a causa di un pavimento molto flessibile.

Per avere un buon comportamento in curva è bene avere bassi trasferimenti di carico da un lato del veicolo, ovvero sospensioni il più possibile rigide compatibilmente con una buona risposta vibrazionale, e un adeguato trasferimento di carico tra anteriore e posteriore, ovvero una buona regolazione delle sospensioni, per determinare il carattere sottosterzante o non della vettura. Questi aspetti sono tanto più controllabili tanto più le rigidità della scocca e del telaio sono alte : tra le sospensioni e la struttura portante del veicolo infatti quella meno rigida è quella che subisce la maggior deformazione, ovvero è quella che influenza maggiormente la cedevolezza dell'intero veicolo. Avere un telaio troppo poco rigido non permetterebbe quindi alle sospensioni di svolgere il loro compito correttamente.

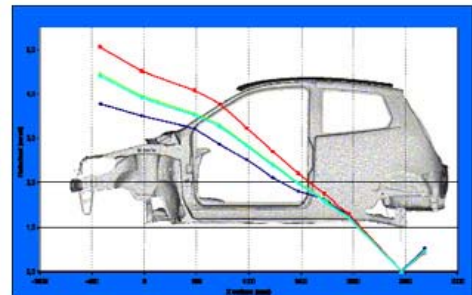
Possiamo ritenere che i valori accettabili di rigidità flessionale siano compresi nell'intervallo tra 700 e 1000 N/mm, mentre per la rigidità torsionale sono accettabili valori fra 70000 e 140000 Nm/rad.

In figura è riportato un grafico che mostra l'andamento delle rigidità torsionali della scocca di una automobile, mostrando le variazioni dovute all'aggiunta di componenti quali alcune parti mobili come cristalli, parabrezza e sportelli.

Esempio di valori di rigidità torsionale rilevati determinando il contributo dei diversi elementi di allestimento scocca

Allestimento vettura	Kt [daNm/rad]	Incres. relativo	Incres. %	Errore misura	Errore ripetibilità
Scocca nuda	56000	0%	0%	1%	< 1%
+ Parabrezza	62500	12%	12%	1%	< 1%
+ Cristalli laterali 3° luce	62500	0	0	1%	< 1%
+ Portellone con lunotto	68500	10%	22%	1%	< 1%
+ Porte anteriori	70000	2%	25%	1%	< 1%
+ Porte posteriori	71000	1%	27%	1%	< 1%

Esempio di linee elastiche torsionali rilevate



Nel nostro contesto, studi e sperimentazioni simili ovviamente non sono possibili, in quanto richiederebbero apparecchiature costose e lunghi tempi di progetto. Tuttavia questo dimostra quanto sia importante avere un'idea generale di come sia strutturata una carrozzeria automobilistica; queste informazioni saranno molto utili al progettista che dovrà stabilire quali modifiche apportare, senza alterare le caratteristiche di resistenza o rigidità della struttura originale oppure nel valutare i costi che tali modifiche possono comportare.

## 5.5 TAGLIO SCOCCA E IRRIGIDIMENTO

Questa operazione, è ovviamente quella che più di ogni altra altera le caratteristiche originali del veicolo e deve essere progettata in modo da mantenere una buona rigidità strutturale minimizzando allo stesso tempo i costi e riducendo la complessità dell'assemblaggio.

Poiché il sezionamento di un veicolo e il suo allungamento risultano operazioni che possono comportare rischi per la solidità del veicolo, le case costruttrici stesse forniscono direttive su come effettuare le modifiche al telaio, indicando le caratteristiche limite dei materiali, le zone in cui è meglio sezionare il telaio, e soprattutto gli intervalli di lunghezza in cui è possibile operare utilizzando componenti forniti dallo stesso costruttore per non dover richiedere l'autorizzazione dai reparti competenti.

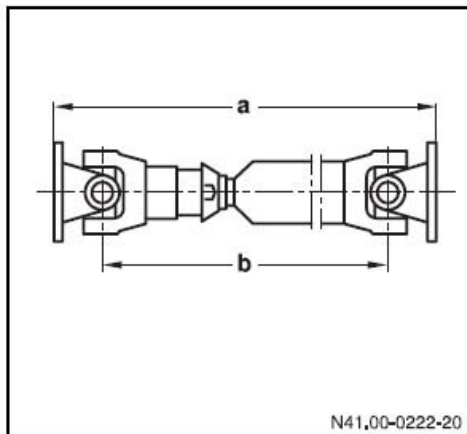
Per quanto riguarda la Quattroporte, da disegni forniti dalla casa madre, risulta meno problematico sezionare il telaio leggermente a monte del montante centrale, come mostrato nella seguente figura :



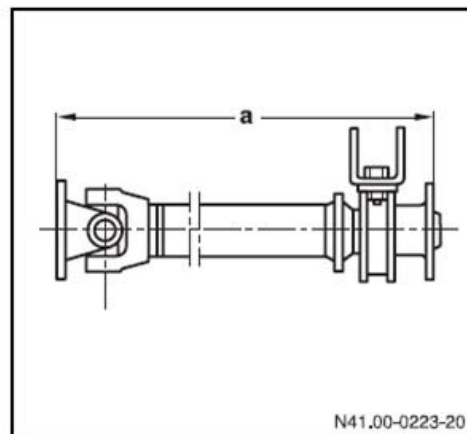
La linea rossa rappresenta la zona in cui è meglio tagliare il telaio

Un allungamento del telaio implica anche :

- Una modifica di tutti gli impianti che legati alla lunghezza del veicolo: fili elettrici, impianto alimentazioni, condotti areazione, impianto di scarico.
- Nei veicoli a trazione posteriore con motore anteriore, come la Maserati Quattroporte, o a trazione integrale, l'allungamento della trasmissione. Una cattiva progettazione della trasmissione rischierebbe di creare vibrazioni e rumori, che riducono la durata dei gruppi e possono provocare danni. Anche in questo caso come per il telaio, talvolta la casa costruttrice prevede alcuni range di allungamento, in cui vengono specificate dimensioni del tubo dell'albero di trasmissione, modalità di connessione tra più alberi di trasmissione, eventuali angoli di inclinazione.



Albero di trasmissione  
a Lunghezza di esercizio  
b Lunghezza albero ammessa



Albero intermedio  
a Lunghezza di esercizio

In caso di modifiche al passo ci si può riferire alla disposizione e alla lunghezza degli alberi di trasmissione di un veicolo di serie analogo. Il diametro e lo spessore della parete del tubo deve corrispondere a quella di serie. Se necessario utilizzare più alberi di trasmissione con supporto intermedio.

Dopo queste considerazioni preliminari possiamo ora procedere a realizzare le matematiche della limousine, descrivendo man mano il processo di realizzazione vero e proprio.

Solitamente l'auto di partenza è un modello commerciale : prima di iniziare ogni operazione viene rimosso ogni elemento che non interessa la trasformazione o che intralocerebbe il lavoro. Vengono quindi rimossi gli interni, gli sportelli, lo spoiler, sconnessi gli impianti elettrici, gli organi di trasmissione' di illuminazione ecc... Una volta “ spogliata ”, la vettura viene ricoperta con opportune protezioni per proteggere vernici e altri componenti che potrebbero altrimenti venire danneggiati durante la lavorazione.

La sezione frontale e posteriore del veicolo viene successivamente ancorata su due basi scorrevoli lungo rotaie. Si può ora procedere al taglio della carrozzeria nel punto prestabilito. Effettuato il taglio si allontanano rispettivamente le rotaie di una determinata quota. Considerando i limiti stabiliti dalle norme di omologazione, successivamente descritte, si è scelto di allungare il passo di 1200 mm : La vettura passa così da una lunghezza complessiva di 5052 mm a 6252 mm.



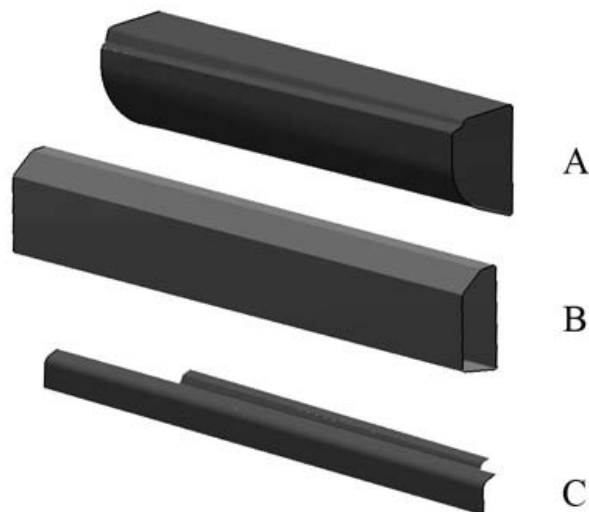
Il giro-porta rimasto “ aperto ” può essere facilmente completato saldando un altro montante centrale identico acquistato come pezzo di ricambio della casa madre.



Il Montante viene poi rinforzato alla base con un supporto, anch'esso saldato.



Si può procedere ora al collegamento delle due parti della vettura. A questo scopo verranno utilizzati dei profilati, sagomati opportunamente in modo da potersi accoppiare perfettamente con la scocca. La lunghezza dei profilati è stata scelta in modo tale da permettere un inserimento di circa 60 – 70 mm : ciò per permettere una buona trasmissione del momento flettente e torcente, altrimenti assorbito dalle sole saldature, con conseguente rischio di cedimento. Una soluzione di questo tipo permette di ridurre le sovratensioni, dando maggior continuità strutturale rispetto magari ad un collegamento effettuato mediante saldatura di tubi.



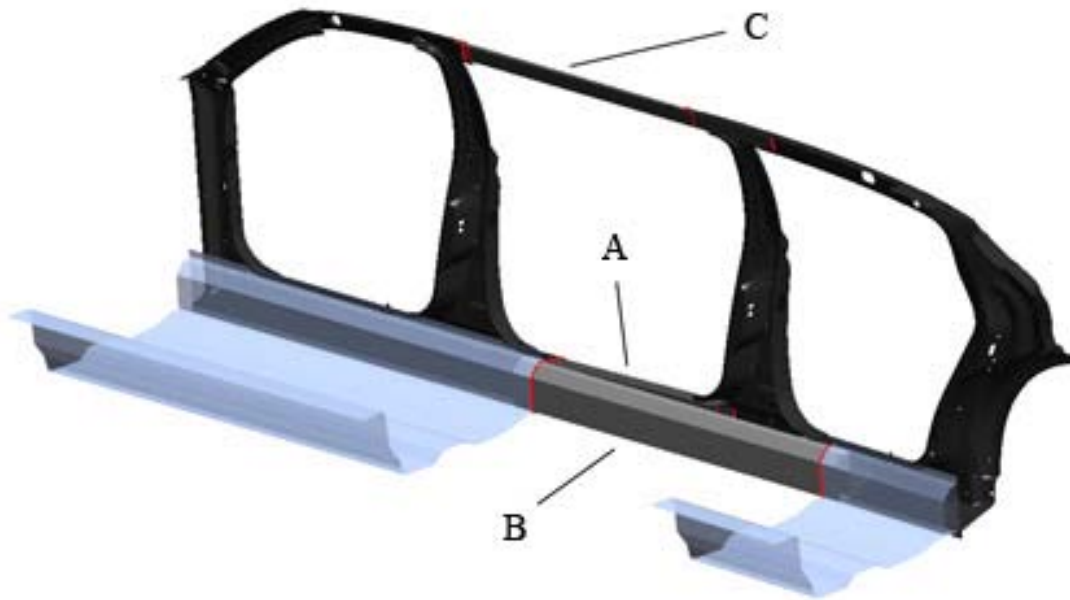
Profilati utilizzati per l'allungamento della struttura della Maserati Quattroporte

I profilati A e B verranno inseriti nelle scatolature longitudinali del pavimento

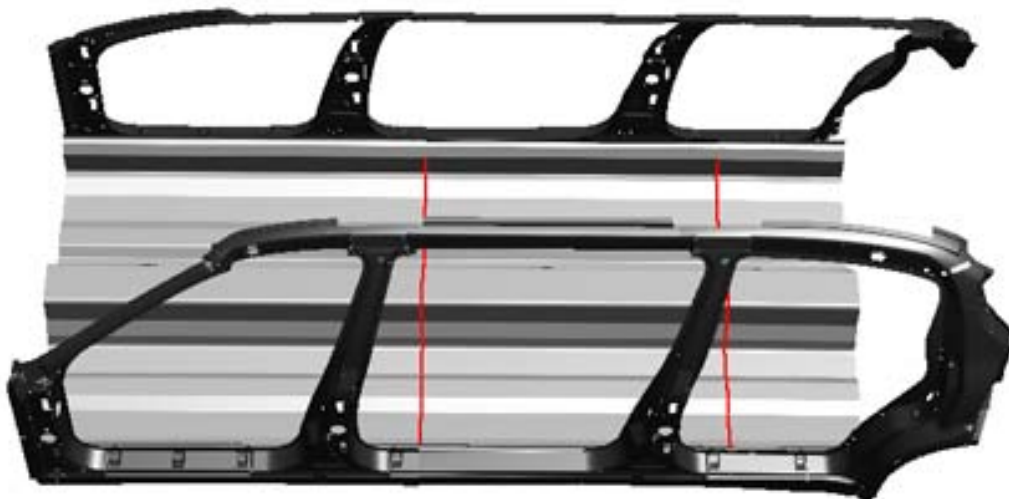
Il profilato C verrà inserito nel supporto del tetto



I profilati vengono quindi inseriti e saldati opportunamente. Dove possibile, per ogni lato, si sono effettuate più saldature, una per ogni estremità di accoppiamento. I profilati A e B possono inoltre essere saldati tra di loro. Il profilato C funge anche da rinforzo al montante centrale aggiunto.



Non resta ora che saldare la parte rimanente del pianale.



Ecco come risulta la vettura, una volta saldati gli elementi di collegamento.



Si saldano infine gli elementi tubolari per proteggere gli occupanti da un eventuale urto laterale.



La parte strutturale della limousine risulta quindi completata.

Si possono quindi rimontare gli sportelli e tutto ciò che era stato smontato prima della modifica.



Occorre ora inserire le componenti della carrozzeria.

Mentre per l'intelaiatura il problema era di tipo strutturale, per la carrozzeria il problema è di tipo estetico. La parte frontale e posteriore della vettura devono infatti collegarsi con continuità, altrimenti l'aspetto finale risulta sgradevole.

Da questo punto di vista gli aspetti che influenzano maggiormente la vettura sono due :

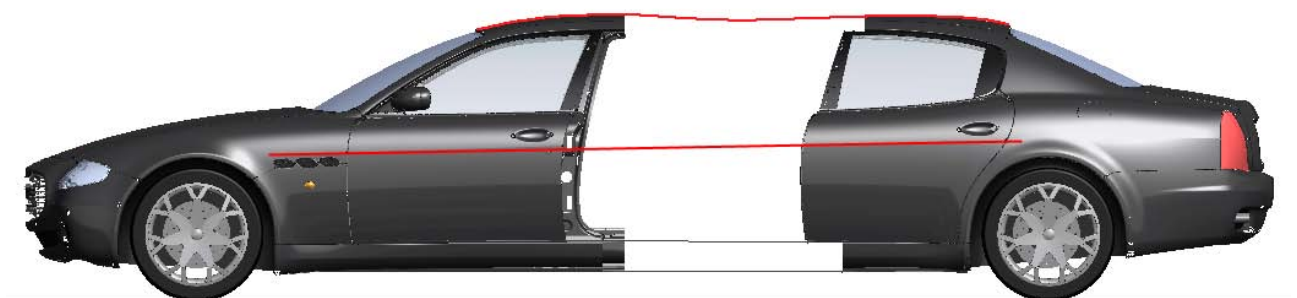
- La linea di curvatura del tetto
- La linea di stile che attraversa le portiere



Allungando semplicemente la vettura non si riescono a ottenere risultati soddisfacenti. Si è deciso quindi di inclinare le due sezioni della vettura attorno agli assi dei rispettivi assali : rispetto al fianco sinistro l'avantreno verrà inclinato in senso antiorario, mentre il retrotreno in senso orario.

Rimane ora da stabilire la giusta entità dello spostamento.

Una inclinazione troppo piccola infatti non permette di raggiungere una curvatura uniforme del tetto.



Al contrario una inclinazione eccessiva genera problemi con la linea di stile sul fianco.



Bisogna dunque trovare l'inclinazione ottimale per le due parti.

Per quanto riguarda la Maserati Quattroporte, dopo qualche tentativo, gli angoli corretti di inclinazione sono stati :

0.2 ° per l'anteriore

0.6 ° per il posteriore

Nota : i valori di inclinazione trovati non alterano significativamente gli angoli di attacco.

Si è quindi potuto procedere con il progetto, realizzando le componenti della carrozzeria. Per il bassissimo volume di produzione di questa vettura non conviene realizzare componenti in lamiera, per non aumentare troppo i costi di investimento. Si realizzeranno quindi i pezzi in vetroresina mediante opportuni stampi, prodotti da un'azienda esterna.

I pezzi da realizzare sono :

- La componente centrale del tetto, in figura già integrata con le altre componenti.



- La fiancata centrale, compresa di cornice in cui inserire il vetro temprato.



- La componente centrale del brancardo.

A questo proposito il brancardo originale deve essere tagliato.

La seguente figura mostra il punto in cui è stato deciso di tagliarlo : appena a monte del montante centrale in modo da mantenere inalterate le parti che vanno a contatto con le portiere.



La seguente figura mostra invece il brancardo già allungato.



I pezzi così realizzati, possono dunque essere montati e incollati sulla struttura portante.



Per completare l'opera, si aggiunge il vetro centrale e la cornice nero lucido attorno ad esso.



La seguente figura mostra la limousine completa di sedili. Volendo può essere aggiunto un divanetto in posizione simmetrica a quello posteriore. Si giunge così ad un totale di 6 posti a sedere, perfettamente in regola con quanto stabilisce la normativa per i veicoli di categoria M1.

Altre disposizioni dei sedili non sono ammesse in Europa.



## 6 Omologazione

Un autoveicolo può essere immesso sul mercato, ed ottenere il permesso di circolazione solo se rispetta determinate caratteristiche imposte dalla legge. Questo deve essere dimostrato da due documenti ufficiali: il “ Certificato di Omologazione “ ed il “ Certificato di Conformità ”.

Il primo documento comprova la rispondenza del progetto del veicolo ai requisiti di legge e viene rilasciato da un ente preposto dallo stato per questa funzione; in Italia, tale funzione è svolta dal ministero dei trasporti. Il certificato di omologazione viene concesso a fronte di una documentazione tecnica fornita dal costruttore e dai risultati di determinate prove eseguite su di un prototipo del veicolo.

Il secondo documento comprova che un generico veicolo prodotto è identico, per quanto riguarda le caratteristiche oggetto dell’omologazione, al prototipo omologato; tale documento viene rilasciato da un delegato, nominato dal costruttore, ad esempio dal responsabile dello stabilimento di montaggio finale del veicolo. La conformità, dichiarata mediante un’autocertificazione può essere, in qualsiasi momento, verificata da enti proposti dallo stato, mediante ispezioni sui veicoli circolanti, relativamente ad uno o più requisiti dichiarati in sede di omologativa.

I requisiti di omologazione sono enunciati in leggi dello stato, che impongono per essi valori quantitativi minimi e/o massimi e le metodologie di prova per verificarli; al costruttore è lasciata la libertà di determinare le tecnologie più appropriate per ottenerli.

Tali requisiti sono costituiti da:

- Visibilità
- Prestazioni minime del veicolo necessarie alla guida sicura
- Protezione degli occupanti
- Riduzione dell’impatto ambientale causato dalla circolazione del veicolo, con riferimento ai gas inquinanti, propriamente detti, all’anidride carbonica, al rumore esterno, ed ai rifiuti prodotti dall’eliminazione dei veicoli fuori uso.

Le leggi di cui sopra, sono emesse, come abbiamo detto, da ogni governo nazionale; in passato, alcune leggi sono state sviluppate anche in campo internazionale, per facilitare la circolazione dei veicoli ed in particolare la loro commercializzazione in paesi diversi da quello di produzione.

La comunità economica europea, ha affrontato, già negli anni 60, il problema di armonizzare le leggi nazionali, allo scopo di impedire ogni difficoltà alla libera circolazione delle merci all'interno della Comunità e di garantire ai cittadini degli stati membri il fatto che gli autoveicoli venduti sono adeguati allo stato dell'arte; questo compito è stato ripreso e continuato, più recentemente dall'unione europea.

A tutti gli effetti si comporta come un organismo sovranazionale, che impone agli stati membri di sviluppare leggi conformi ad uno standard comune, definito ed accettato dal parlamento europeo: tali leggi sono chiamate *direttive* e vengono citate con la lettera D, seguita da un numero indicante l'anno di pubblicazione, seguito da un secondo numero progressivo preceduto da una barra.

Per Esempio La D60/650, definisce la procedura di omologazione; secondo questa direttiva, il costruttore è tenuto a presentare all'ente omologatore una scheda informativa, che riporta tutte le caratteristiche del veicolo che non possono essere alterate senza necessità di procedere ad un'ulteriore omologazione .

Parallelamente alle direttive, sono nati i regolamenti, che riassumono in un unico documento le procedure approvate per eseguire misure di requisiti oggetto di omologazione; questi documenti saranno citati con la lettera R, seguita da un numero progressivo, unico per ogni titolo, indipendentemente da eventuali aggiunte o modifiche. Nessuno stato membro può impedire la commercializzazione, l'immatricolazione o la circolazione di veicoli conformi alle direttive vigenti.

In questa sede, tratteremo più nel dettaglio quelle normative relative al sistema veicolo in generale che potrebbero avere una qualche utilità nel nostro progetto. Abbiamo quindi analizzato ciò che è stato ritenuto più utile conoscere in previsione di una trasformazione della carrozzeria ( dimensioni, visibilità, illuminazione ecc... ). In verità gli aspetti che sono soggetti a prescrizioni e regolamenti sono molteplici : freni, ruote, sterzo e così via. La maggior parte di questi sistemi non saranno soggetti a modifiche, come detto sia per motivi economici, sia per evitare di alterare componenti originali che andrebbero quindi testati incrementando ulteriormente i costi di realizzazione.



## 6.1 MASSE E DIMENSIONI

In seguito all'allungamento del passo previsto nel nostro progetto, il veicolo di partenza subirà un accrescimento di masse e dimensioni.

Poiché si vuole mantenere il veicolo all'interno della categoria M1, servirà una conoscenza delle normative che regolamentano le caratteristiche di questa categoria, in modo che già in sede di progetto si possano fare una valutazione di quali dimensioni limite possa assumere il mezzo che intendiamo realizzare. Per veicoli della categoria M1 si intendono quei veicoli destinati al trasporto di persone, aventi al massimo otto posti a sedere oltre al sedile del conducente

Il veicolo non deve superare:

- Dimensioni

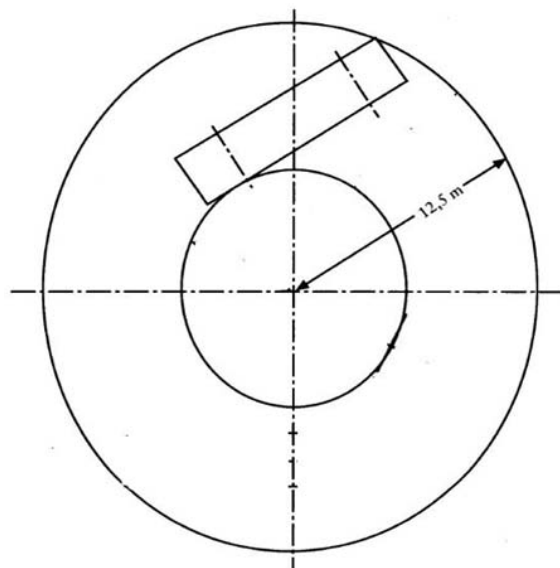
Le dimensioni massime autorizzate per un veicolo sono le seguenti:

Lunghezza : 12000 mm

Larghezza : 2500 mm

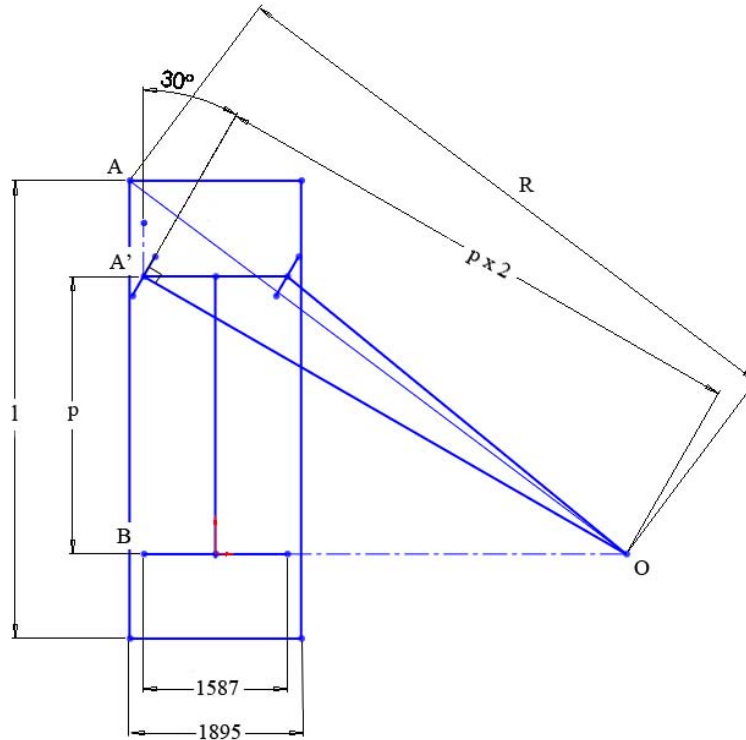
Altezza : 4000 mm

Un altro aspetto che regola la lunghezza e la larghezza di un veicolo è la Manovrabilità. Infatti secondo quanto stabilito dalla legge in materia di manovrabilità, un veicolo a motore deve poter essere manovrato in entrambi i sensi, per una traiettoria completa di 360° entro una circonferenza circolare dal raggio di 12.50 m dei punti più esterni del veicolo sporga dalla circonferenza.



Poiché, nel nostro caso, la larghezza del veicolo rimane invariata, si vuole trovare la lunghezza massima entro la quale il veicolo risulta manovrabile.

Per verificare questa condizione è stato approntato un calcolo come segue :



Si conosce :

Angolo di Sterzo :  $30^\circ$   $\square$   $OA' = 2 \cdot \text{passo}$

Larghezza : 1895 mm , Carreggiata Anteriore : 1587 mm

Sbalzo Anteriore : 1056 mm , Sbalzo Posteriore = 932 mm

Si suppone che la sterzata sia *cinematica* ovvero il veicolo viaggia a velocità bassissime. Il centro di istantanea rotazione O sarà quindi sulla retta che rappresenta il prolungamento dell'assale posteriore.

$$OB = \sqrt{3} \cdot p$$

$$AB \cong p + \text{Sbalzo Anteriore} = p + 1056 \text{ mm}$$

$$R = \sqrt{OB^2 + AB^2} = \sqrt{3p^2 + (p + 1056)^2} = \sqrt{4p^2 + 2112p + 1115136}$$

$$R_{max} = 12500 \text{ mm} \leq \sqrt{4p^2 + 2112p + 1115136} \rightarrow p \leq 5970 \text{ mm}$$

$$l = p + \text{Sbalzo Anteriore} + \text{Sbalzo Posteriore} \leq 7958 \text{ mm}$$

## - Massa

La massa massima autorizzata di un veicolo non deve superare la massa massima a pieno carico tecnicamente ammessa, conformemente a quanto stabilito dal fabbricante. La massa massima tecnicamente ammessa del veicolo e dei suoi assi deve essere determinata dal costruttore tenendo conto in particolare della resistenza dei materiali impiegati e a condizione che la massa massima a pieno carico tecnicamente ammessa così determinata non sia inferiore alla massa del veicolo in ordine di marcia più 65 Kg moltiplicati per il numero di posti per passeggeri. Per calcolare la massa massima tecnicamente ammessa del veicolo e degli assi si devono disporre correttamente le masse dei passeggeri e del bagaglio. Il numero di posti per passeggeri deve essere indicato dal costruttore. Se il veicolo è destinato a trainare un rimorchio, il costruttore può dichiarare un secondo valore ammesso sull'asse o sugli assi posteriori, valido soltanto per questa particolare utilizzazione. La somma delle masse massime tecnicamente ammesse per gli assi deve essere pari o superiore alla massa massima tecnicamente ammessa del veicolo.

Nel caso specifico della Maserati Quattroporte infatti il costruttore dichiara 2365 kg come massa a pieno carico mentre gli assi possono sostenere 2400 kg ( 1176 kg sull'anteriore, e 1224 kg sul posteriore ). Se il veicolo e, nello stesso tempo, il suo asse posteriore sono caricati con la massa massima tecnicamente ammessa, la massa che grava sull'asse anteriore non deve essere inferiore al 30% della massa massima tecnicamente ammessa per tale veicolo.

Poiché la massa a pieno carico della Maserati Quattroporte si avvicina molto alla massa tecnicamente ammessa, risulterà che, anche con un allungamento minimo del veicolo, non verranno certamente rispettati i limiti di massa stabiliti dal costruttore del veicolo. La vettura quindi, una volta costruito il primo prototipo, dovrà essere riomologata per una massa ammissibile superiore, mediante prove in pista, atte a verificarne :

- Il comportamento su strada ( prove di accelerazione laterale, velocità di imbardata, angolo d'assetto, angolo di rollio, impianto frenante, sospensioni ecc... ).
- L'intensità delle emissioni sonore e delle vibrazioni ( dovute all'allungamento di componenti che si estendono longitudinalmente lungo il veicolo, come la trasmissione o l'impianto di scarico ).
- I valori di emissioni e consumi

Tutti questi aspetti sono logicamente regolati da normativa.

I veicoli delle categorie M1 devono inoltre avere le seguenti caratteristiche :

- Angolo di attacco di almeno  $10^\circ$

Per “ angolo di attacco “ si intende l'angolo massimo tra il piano di appoggio ed i piani tangenti ai pneumatici delle ruote anteriori, in condizioni di carico statico, tale che nessun punto del veicolo anteriore all'ultimo asse sia situato al di sotto di detti piani e che nessuna parte rigida del veicolo venga a trovarsi di sotto di detti piani.

- Angolo di uscita di almeno  $10^\circ$

Per “ angolo di uscita “ si intende l'angolo massimo tra il piano di appoggio ed i piani tangenti ai pneumatici delle ruote posteriori, in condizioni di carico statico, tale che nessun punto del veicolo posteriore all'ultimo asse sia situato al di sotto di detti piani e che nessuna parte rigida del veicolo venga a trovarsi di sotto di detti piani.

- Angolo di rampa di almeno  $10^\circ$

Per “ angolo di rampa “ si intende l'angolo acuto minimo tra due piani perpendicolari al piano longitudinale mediano del veicolo, tangenti rispettivamente ai pneumatici delle ruote anteriori e posteriori, in condizioni di carico statico, la cui intersezione tocchi la parte rigida inferiore del veicolo compresa tra le ruote. Detto angolo definisce la rampa più grande sulla quale può transitare il veicolo.

- Altezza libera del suolo tra gli assi di almeno 120 mm

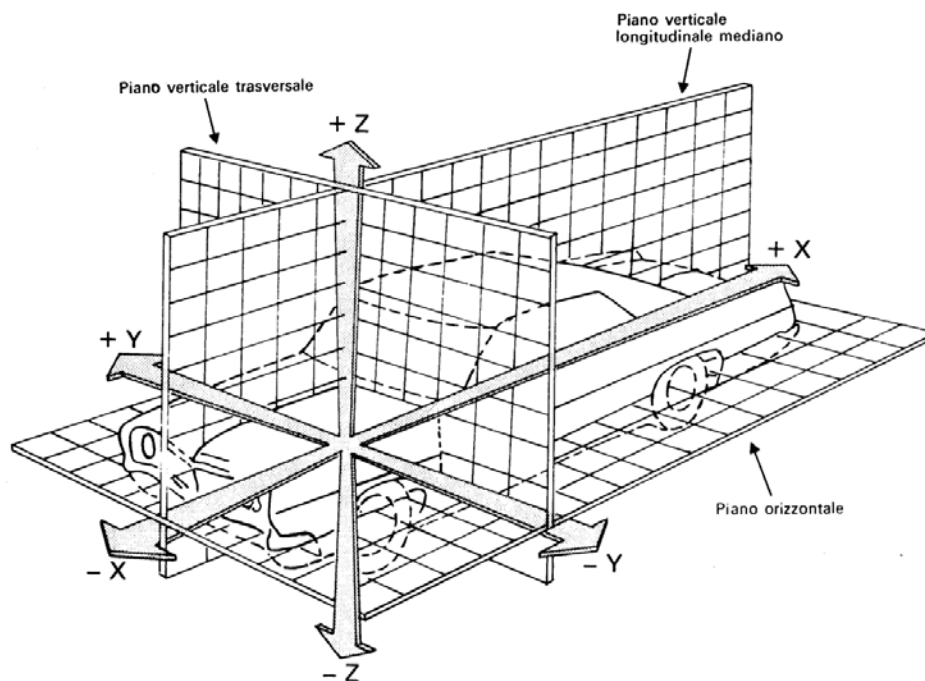
Per “ altezza libera del suolo tra gli assi “ si intende la distanza minima tra il piano di appoggio ed il punto fisso più basso del veicolo.

## 6.2 RIFERIMENTI

Prima di approfondire i regolamenti che riportano ciò che la legge stabilisce in materia di visibilità, illuminazione, sicurezza e così via, indichiamo i riferimenti, delineati anch'essi nelle direttive, in base ai quali vengono definite le norme.

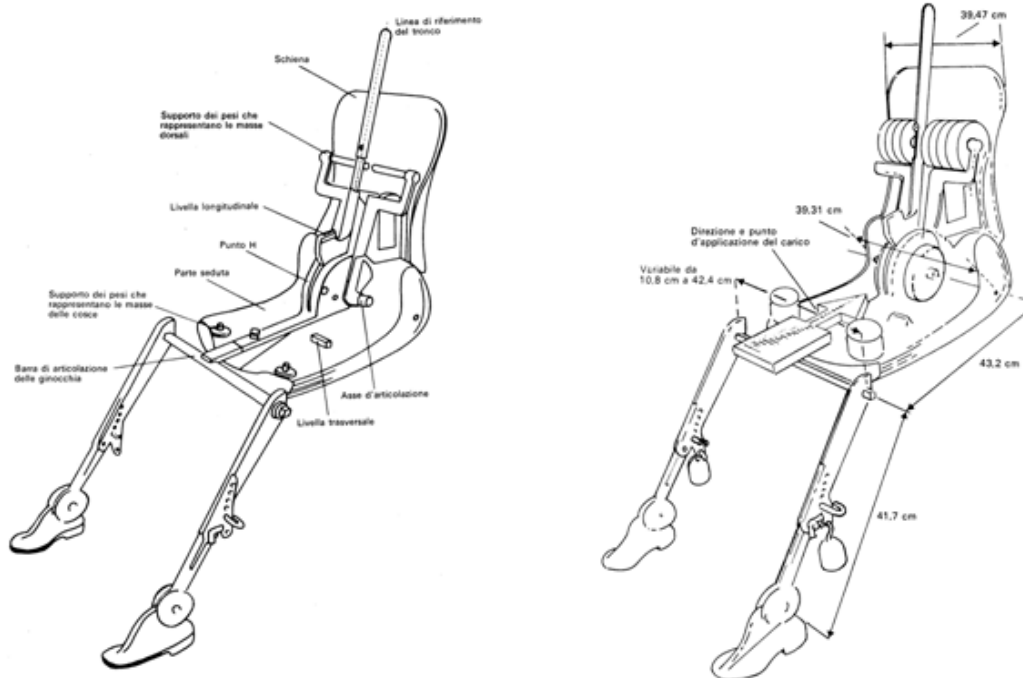
Per prima cosa quindi bisogna definire il reticolo di riferimento.

Per reticolo di riferimento si intende un sistema di riferimento solidale con il veicolo composto da un piano verticale longitudinale x-z, da un piano orizzontale y-z e da un piano verticale trasversale y-z. Tale reticolo serve a determinare il rapporto dimensionale fra la posizione dei punti di progettazione sui disegni e la loro posizione effettiva sul veicolo. Tale riferimento consente di dare una collocazione definita ai *punti di riferimento principali*. Questi possono essere rappresentati da fori, superfici, punti e segni di identificazione sul corpo del veicolo. Il costruttore deve specificare il tipo di punto di riferimento usato e la posizione di ciascun punto di riferimento (rispetto alle coordinate x, y, z e del reticolo tridimensionale di riferimento) nonché la loro distanza rispetto ad un piano teorico rappresentato dal suolo. Questi punti di riferimento possono corrispondere a quelli utilizzati per il montaggio della carrozzeria.



Reticolo di Riferimento

Il *manichino regolamentare* simula invece la posizione del conducente: si tratta di un manichino simulante una persona di massa e statura media, su cui sono indicati i punti. Dei pesi che rappresentano la massa di ogni elemento del corpo sono collocati nei punti appropriati che costituiscono i corrispondenti centri di gravità, in modo da dare al manichino la massa totale di circa 65kg +/- 1.



Manichino Regolamentare

*Punto H* : Per “ punto H “ che rappresenta la posizione dell’abitacolo di un occupante seduto, si intende l’intersezione, su un piano verticale longitudinale, dell’asse teorico di rotazione che esiste fra le cosce e il tronco di un corpo umano rappresentato dal manichino descritto sopra.

*Punto R* : Per “ punto R ” o “ punto di riferimento di un posto a sedere ”, si intende il punto di riferimento indicato dal costruttore del veicolo, che:

- Ha delle coordinate definite rispetto alla struttura del veicolo:
- Corrisponde alla posizione teorica del punto H per la posizione di guida o la posizione di utilizzazione normale più bassa e più arretrata indicata dal costruttore del veicolo per ciascuno dei posti a sedere da lui previsti.

*Angolo di inclinazione dello schienale* : Per “ angolo di inclinazione dello schienale ” si intende l’inclinazione dello schienale rispetto alla verticale.

*Angolo effettivo d’inclinazione dello schienale* : Per “ angolo effettivo dello schienale “ si intende l’angolo formato dall’incontro della verticale passante per il punto H con la linea di riferimento del tronco del corpo umano rappresentato dal manichino descritto in precedenza.

*Angolo teorico previsto d’inclinazione dello schienale* : Per “ angolo teorico previsto d’inclinazione dello schienale ” si intende l’angolo indicato dal costruttore del veicolo, che :

- Determina l’angolo di inclinazione dello schienale per la posizione di guida o la posizione di utilizzazione normale più bassa e più arretrata indicata dal costruttore del veicolo per ciascuno dei posti a sedere da lui previsti.

- È formato, nel punto R, dall’incontro della verticale con la linea di riferimento del tronco;

- Corrisponde teoricamente all’angolo effettivo di inclinazione dello schienale.

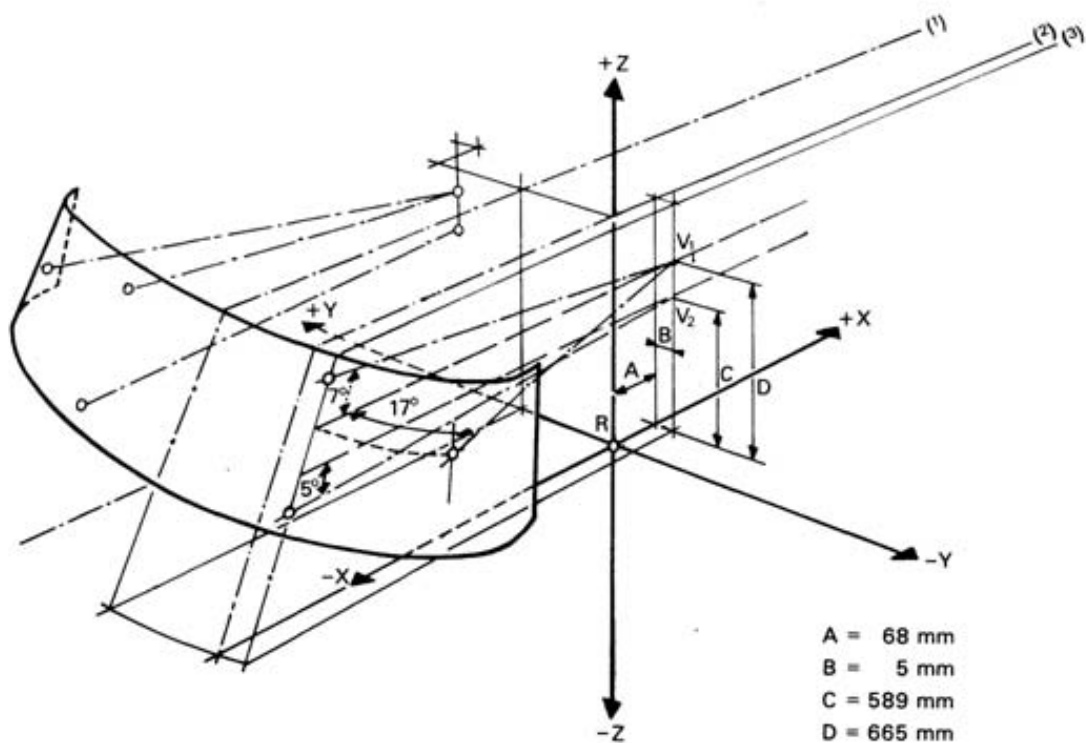
Una volta stabilita la determinazione dei punti di riferimento, la normativa indicherà come deve essere sistemato il manichino per le eventuali prove. Senza dilungarci sulla procedura di posizionamento del manichino, serve comunque sapere che quando il manichino viene sistemato, il punto H del sedile considerato e l’angolo effettivo di inclinazione dello schienale sono costituiti dal punto H che figura sul manichino e dall’angolo di inclinazione della linea di riferimento del tronco del manichino. Le coordinate del punto H rispetto ai tre piani perpendicolari tra loro e l’angolo effettivo di inclinazione devono essere misurati per confrontarli coi dati forniti dal costruttore : la normativa cioè chiarisce come deve essere verificata la posizione relativa del punto R e H e le relative tolleranze .

### 6.3 VISIBILITA'

Questa direttiva regola tutto ciò che concerne il campo di visibilità del veicolo; come vedremo gli angoli di visibilità e tutti i parametri che influenzano il campo visivo del conducente sono tra quei fattori che maggiormente influenzano il lavoro del designer.

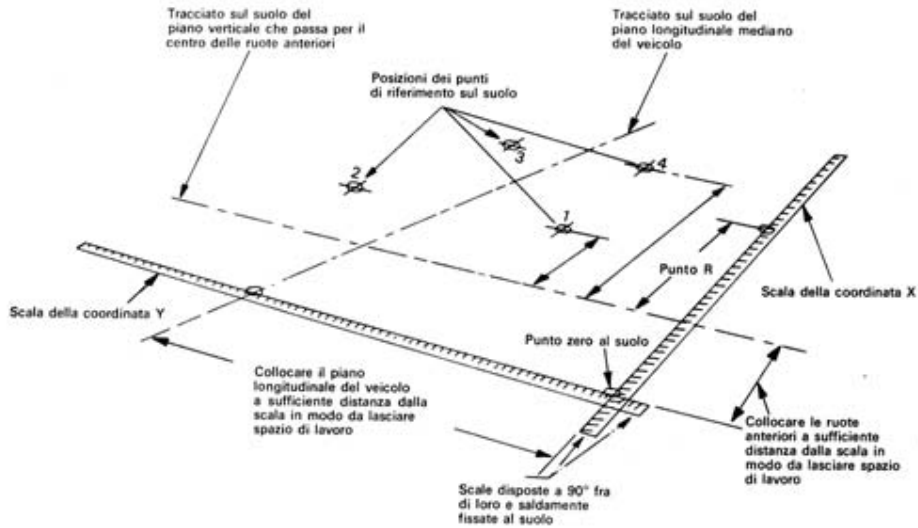
Ogni qual volta infatti che si interviene sulla forma, sulla posizione, il montaggio o il fissaggio del parabrezza è necessario verificare se si rispetta ancora quanto stabilito dalla legge.

#### Campo di Visibilità del Conducente



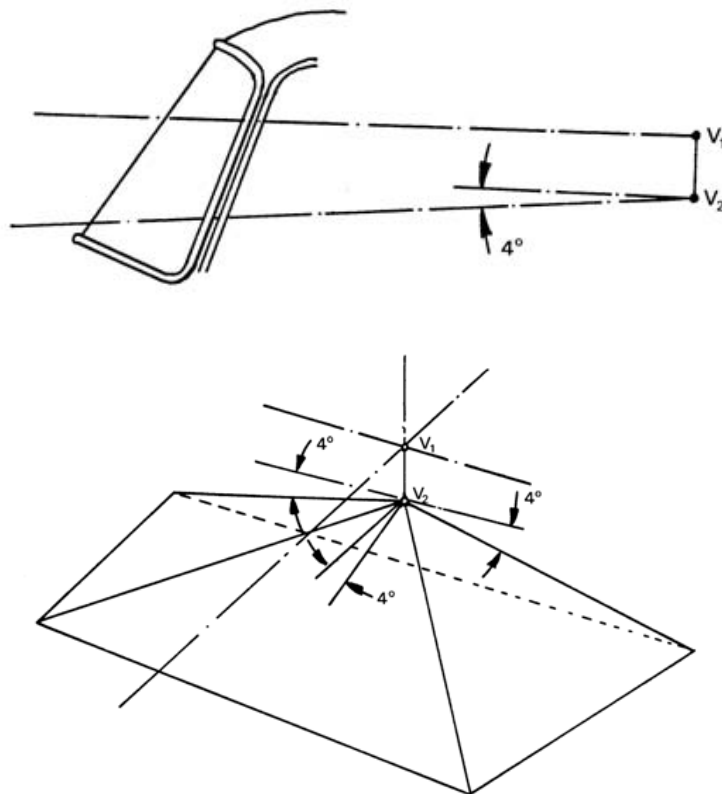
- (1) Traccia del piano longitudinale mediano del veicolo
- (2) Traccia del piano verticale passante per R
- (3) Traccia del piano verticale passante per V1 e V2





Superficie Orizzontale di Misura

- *Punti V* : Per “ punti V ” si intendono i punti la cui posizione all'interno dell'abitacolo è determinata dai piani verticali longitudinali passanti per i centri delle posizioni a sedere previste come estreme per il sedile anteriore e, rispetto al punto R, per l'angolo teorico previsto per l'inclinazione dello schienale; questi punti servono a verificare la conformità di requisiti relativi al campo di visibilità.



La tabella I indica le coordinate di base per un angolo teorico d'inclinazione dello schienale di 25°.

TABELLA I

Punto V	x	y	z
V1	66 mm	- 5 mm	665 mm
V2	66 mm	- 5 mm	569 mm

- *Punti di riferimento del parabrezza* : Per “ punti di riferimento del parabrezza ” si intendono i punti posti all'intersezione tra il parabrezza e le linee che, partendo dai punti V, si irradiano verso l'avanti fino alla superficie esterna del parabrezza.

- *Superficie trasparente* : Per “ superficie trasparente ” di un parabrezza o di altra superficie vetrata si intende la parte di questa superficie il cui fattore di trasmissione luminosa, misurato perpendicolarmente alla superficie stessa, corrisponde almeno al 60 %.

La superficie trasparente del parabrezza deve comprendere almeno i punti di riferimento del parabrezza stesso, e precisamente:

- Un “ punto di riferimento orizzontale ” posto davanti a V1 e a 16° a sinistra
- Un “ punto di riferimento verticale superiore ” posto davanti a V1 e a 6° al di sopra del piano orizzontale.
- Un “ punto di riferimento ” verticale inferiore posto davanti a V2 e a 5° al di sotto del piano orizzontale.

Per verificare la visibilità anteriore per l'altra metà del parabrezza, si considerano altri tre punti di riferimento, simmetrici ai punti di riferimento orizzontale, verticale inferiore e superiore, rispetto al piano longitudinale mediano del veicolo.

- *Punti P* : Per “ punti P ” si intendono i punti attorno ai quali ruota la testa del conducente allorché egli osserva degli oggetti situati su un piano orizzontale posto all'altezza dei suoi occhi.

Le tabelle II, III e IV indicano le posizioni dei punti P rispetto al punto R, quali risultano dalle coordinate x, y, z del reticolo tridimensionale di riferimento.

La tabella II indica le coordinate di base per un angolo teorico d'inclinazione dello schienale di 25°.

TABELLA II

Punto P	x	y	z
P1	35 mm	- 20 mm	626 mm
P2	63 mm	46 mm	626 mm

La tabella III indica le ulteriori correzioni da apportare alle coordinate x di P1 e P2, quando la corsa di regolazione orizzontale del sedile supera 106 mm.

TABELLA III

Corsa di regolazione orizzontale del sedile	$\Delta x$
106 + 120 mm	- 13 mm
121 + 132 mm	- 22 mm
133 + 145 mm	- 32 mm
145 + 156 mm	- 42 mm
+ di 156 mm	- 46 mm

La tabella IV indica le ulteriori correzioni da apportare alle coordinate x e z di ciascun punto P e di ciascun punto V, quando l'angolo teorico d'inclinazione dello schienale è diverso da 25°.

TABELLA IV

Angolo di Inclinazione	$\Delta x$	$\Delta z$
5 °	- 166 mm	26 mm
10 °	- 136 mm	25 mm
15 °	90 mm	20 mm
25 °	44 mm	11 mm
30 °	0 mm	0 mm
35 °	43 mm	- 14 mm
40 °	123 mm	- 52 mm

- *Punti E* : Per “ punti E ” si intendono i punti che rappresentano il centro degli occhi del conducente e servono a determinare in quale misura i montanti A ostruiscano il campo di visibilità.

E1 ed E2 sono posti entrambi ad una distanza di 104 mm da P1.

E2 è posto ad una distanza di 65 mm da E1.

La retta che congiunge E1 ed E2 viene fatta ruotare attorno a P1, finché risulti perpendicolare al piano longitudinale mediano del veicolo a condizione che:

- In tale posizione la tangente che va da E1 al bordo posteriore del montante A sinistro formi un angolo di almeno 120° con la retta E1-E2 .

- Se l'angolo così formato è superiore a 120°, si deve continuare a ruotare la retta E1- E2 attorno a P1 finché l'angolo formato diventi uguale a 120°.

E3 ed E4 sono posti entrambi ad una distanza di 104 mm da P2.

E3 è posto ad una distanza di 65 mm da E4 .

La retta che congiunge E1 con E4 viene fatta ruotare attorno a P2, finché forma un angolo di 120° con la tangente che va da E4 al bordo posteriore del montante A destro.

- *Montanti A* : Per “ montanti A “ si intendono tutti i supporti del tetto situati davanti al piano verticale trasversale posto a 66 mm davanti ai punti V, comprese le parti non trasparenti fissate o contigue a questi supporti, quali la cornice del parabrezza e l’intelaiatura delle portiere.

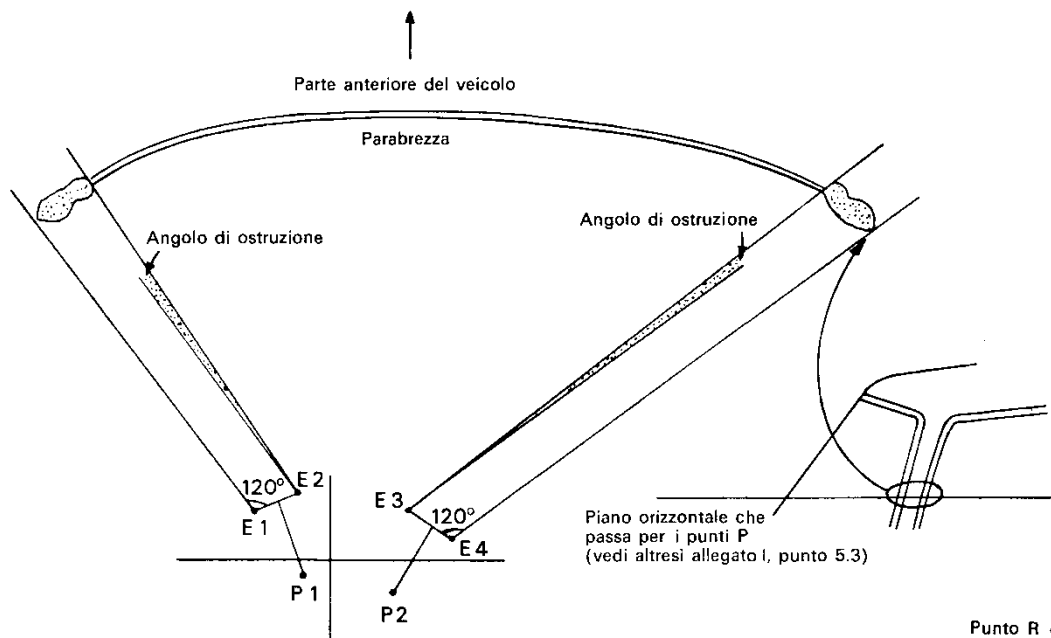
L'angolo di ostruzione binoculare di ciascun montante A non deve superare, all’altezza dei punti di rotazione della testa P1 e P2 , il valore di 6° .

L'angolo di ostruzione binoculare viene misurato su un piano orizzontale tra le tangenti che uniscono :

- Il punto E1 con il bordo posteriore e il punto E2 con il bordo anteriore del montante A sinistro.
- Il punto E3 con il bordo anteriore e il punto E4 con il bordo posteriore del montante A destro.

Nessun veicolo può avere più di due montanti A.

Oltre alle ostruzioni binoculari costituite dai montanti A e/o dai montanti dei deflettori, dagli specchietti retrovisori e dai tergicristallo, non devono esistere altre ostruzioni nel campo di visibilità anteriore diretta di 180° del conducente al di sotto di un piano orizzontale passante per V1 e al di sopra di tre piani passanti per V2, dei quali uno è perpendicolare al piano x-z e inclinato in avanti di 4° al di sotto dell'orizzontale, e gli altri due sono perpendicolari al piano y-z ed inclinati di 4° al di sotto dell'orizzontale.



Costruzione dei Montanti: schema che illustra l’angolazione visuale dei punti P ed E rispetto ai montanti

## Specchi Retrovisori

Questi componenti sono sempre legati al discorso visibilità.

In questa sede abbiamo dato uno sguardo alle normative che li regolamentano, in quanto in un contesto di tuning estetico possono essere elementi soggetti a modifiche estetiche da parte del designer.

Per “retrovisore” o “apparecchio retrovisivo” si intende un dispositivo destinato ad assicurare, entro un campo di visibilità geometricamente definito dalla normativa, una buona visibilità posteriore non impedita, entro limiti ragionevoli, da parti costitutive del veicolo o dagli occupanti del veicolo stesso. Si dividono in esterni ed interni.

In generale la normativa descrive le modalità di posizionamento, dimensioni regolazione e caratteristiche di riflessione / visibilità degli specchietti.

Ogni veicolo infatti deve essere per legge provvisto di uno specchio retrovisore collocato in modo da permettere al conducente seduto nella normale posizione di guida di controllare la strada retrostante al veicolo e devono essere visibili attraverso l'area del parabrezza pulita dai tergicristalli oppure dai vetri laterali.

Non devono inoltre sporgere per più di 20cm dalla larghezza massima del veicolo senza specchietti, ed inoltre la superficie riflettente deve avere dimensioni tali da potervi iscrivere un rettangolo la cui altezza sia di 4 cm e la cui base in cm abbia per valore “a” ed un segmento che sia parallelo all'altezza del rettangolo e la cui base in cm abbia per valore “b”.

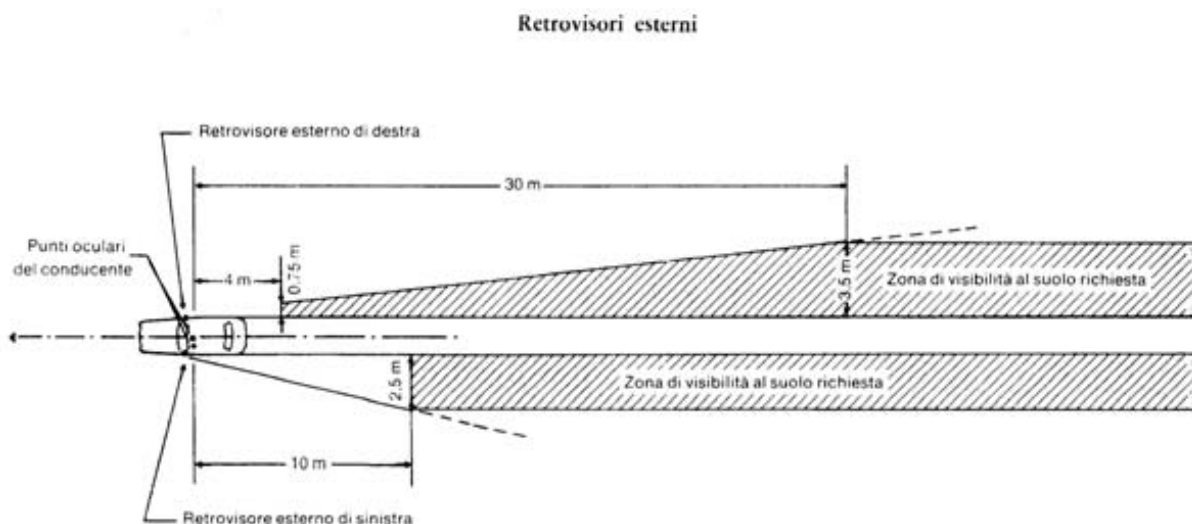
La seguente tabella chiarisce il significato di a e b.

Categoria dei Retrovisori	Categoria di Veicoli ai quali sono destinati i retrovisori	a	b
II	M2 , M3 , N2 e N3	$\frac{17}{1 + \frac{1000}{r}}$	20
III	M1 , N1 e N3	$\frac{13}{1 + \frac{1000}{r}}$	7

R è il raggio di curvatura dello specchio, che deve essere minore di 1600mm.

Per quanto riguarda la regolazione lo specchietto deve essere regolabile dall'interno del veicolo mentre la porta è chiusa.

Infine per gli specchietti laterali il campo minimo di visibilità richiesto per legge.



Campo minimo di visibilità per gli specchietti laterali

E' superfluo dire che ogni caratteristica viene valutata attraverso opportune procedure di omologazione. Sono previste inoltre prove di urto e resistenza per gli specchietti descritte accuratamente nella normativa.

### Sistema di Riscaldamento

Sempre legate al gruppo parabrezza-cristalli sono i dispositivi di sbrinamento e disappannamento dei vetri. Le norme specificano le superfici ( per esempio % del parabrezza ) e i tempi per lo sbrinamento o il disappannamento, al fine di garantire sempre una buona visibilità.

Significativo il fatto che stando alla direttiva, un *cambiamento del numero posti a sedere*, come appunto nel nostro caso, può richiedere una verifica di tale sistema.

## 6.4 DISPOSITIVI DI ILLUMINAZIONE

Tutto ciò che riguarda la regolamentazione del posizionamento di fari, luci, e qualsiasi altro dispositivo di illuminazione assume un'importanza fondamentale nel progetto o nel disegno di una carrozzeria automobilistica.

La forma e il disegno dei gruppi ottici, spesso da un contributo determinante allo stile e alla personalità estetica di un veicolo, ma il progettista deve rispettare tutto ciò che impongono le normative in materia di ingombri, dimensioni e modalità di collocamento di questi dispositivi.

Le procedure di omologazione per tali componenti risultano complesse, rendendone molto difficile la realizzazione per un basso numero di pezzi a causa degli elevati costi che ciò implicherebbe. In questi casi si ricorre spesso all'utilizzo di componenti già presenti sul mercato scegliendo quelli che più soddisfano le scelte stilistiche del progettista.

La direttiva regola tutto ciò che riguarda dispositivi di illuminazione che possono essere installati su un veicolo:

La normativa ha disposizioni riguardo ad ogni dispositivo di illuminazione ( per esempio luci indipendenti, luci raggruppate, luci di posizione, luci di arresto emergenza ecc... ).

Nel nostro contesto ci occorre conoscere come devono essere disposti proiettori abbaglianti, quelli anabbaglianti, i fendinebbia anteriori, gli indicatori di direzione, ed eventualmente le luci di posizione anteriori e posteriori.

*Superficie di uscita della luce* : di un dispositivo di illuminazione o di segnalazione luminosa e di un catadiottro: tutta o parte della superficie esterna del materiale trasparente, indicata dal fabbricante del dispositivo nel rispettivo disegno della domanda di omologazione.

*Superficie illuminante di un dispositivo di illuminazione* : proiezione ortogonale dell'apertura totale del riflettore o, nel caso di proiettori con riflettore ellissoidale, del “ trasparente di proiezione “ su un piano trasversale. Se la superficie di uscita della luce del proiettore ricopre soltanto una parte dell' apertura totale del riflettore, si prende in considerazione unicamente la proiezione di questa parte.



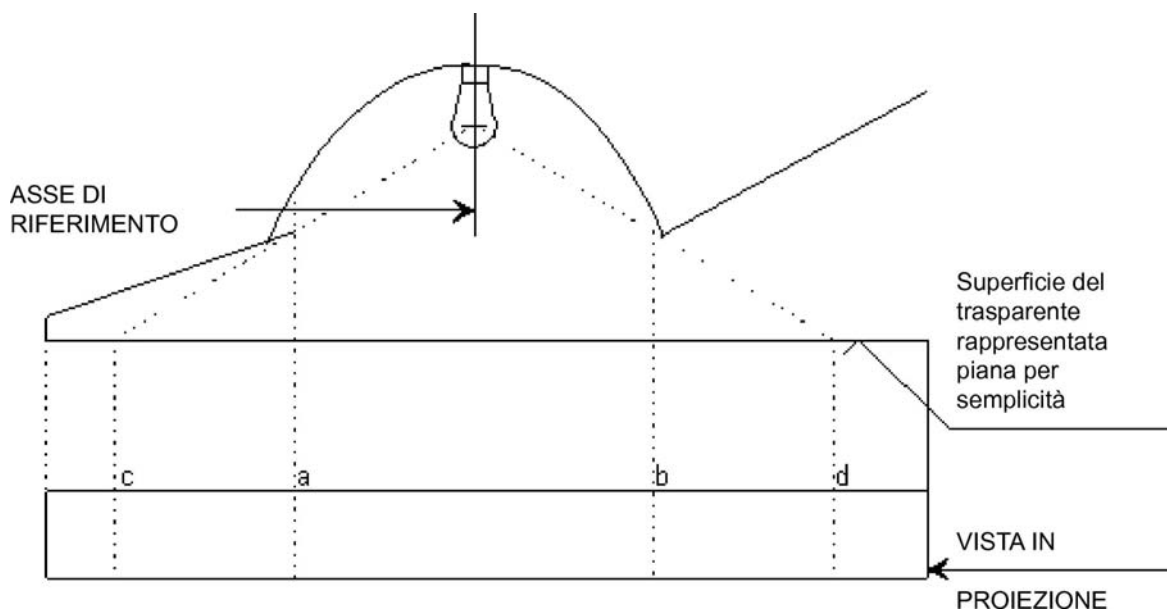
*Asse di riferimento*: asse caratteristico della luce, determinato dal fabbricante (della luce) come direzione di riferimento ( $H = 0^\circ$ ,  $V = 0^\circ$ ) per gli angoli di campo nelle misure fotometriche e per l'installazione della luce sul veicolo.

*Centro di riferimento* : l'intersezione dell'asse di riferimento con la superficie di uscita della luce. Questo centro di riferimento deve essere indicato dal fabbricante del dispositivo.

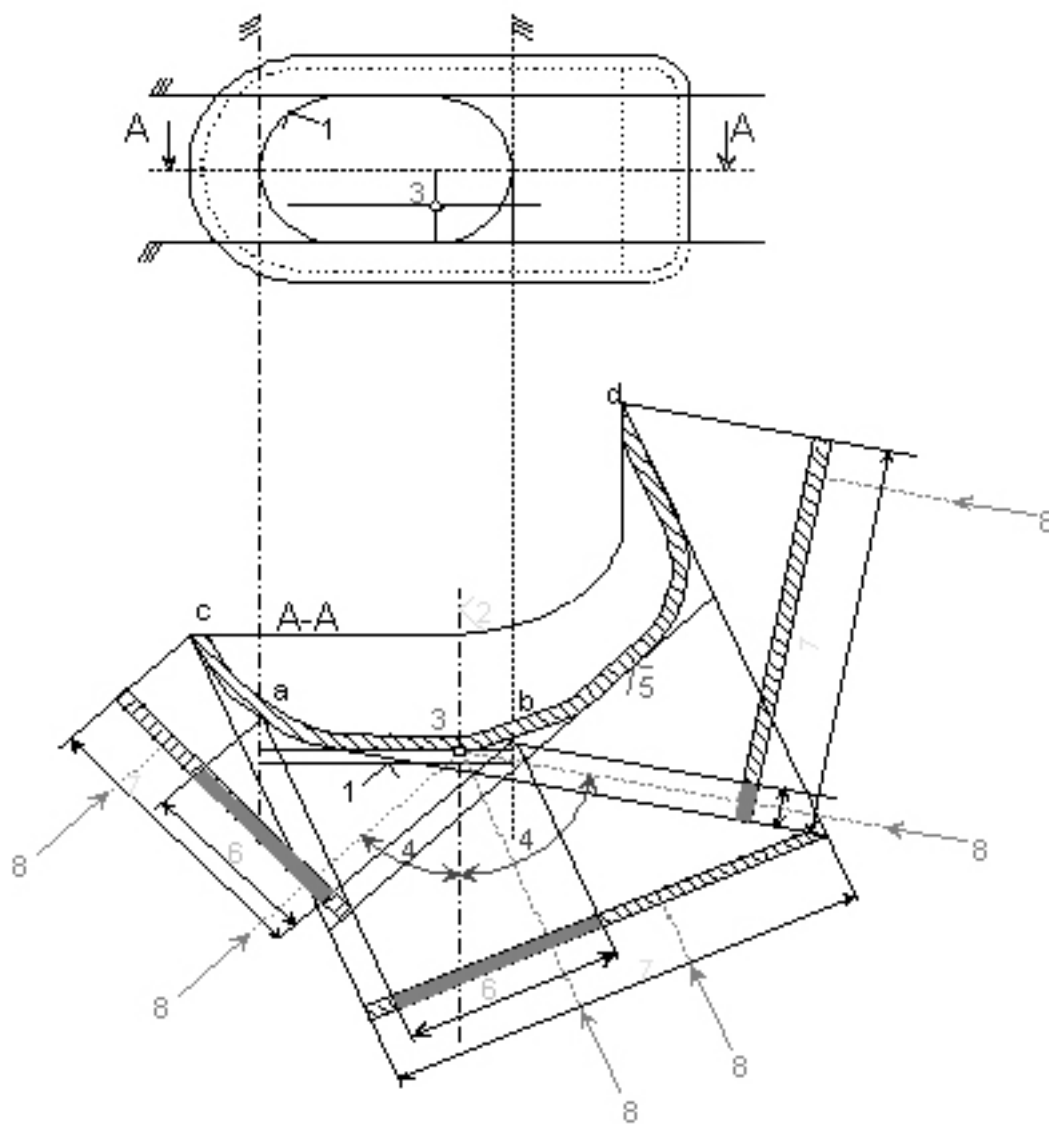
*Superficie apparente* : in una determinata direzione di osservazione, a richiesta del fabbricante oppure del suo mandatario debitamente accreditato : la proiezione ortogonale :

- dei bordi della superficie illuminante proiettata sulla superficie esterna del trasparente ( a-b ) ;
- oppure la superficie di uscita della luce ( c-d ) ;

su un piano perpendicolare alla direzione di osservazione e tangente al punto più esterno del trasparente.



Superficie Illuminante	Superficie di Uscita della Luce
a-b	c-d



1. Superficie illuminante
2. Asse di riferimento
3. Centro di riferimento
4. Angolo di visibilità geometrica
5. Superficie di uscita della luce
6. Superficie apparente basata sulla superficie illuminante
7. Superficie apparente basata sulla superficie di uscita della luce
8. Direzione di visibilità

*Angoli di visibilità geometrica* : angoli che determinano la zona dell'angolo solido minimo nella quale la superficie apparente della luce deve essere visibile. Detta zona dell'angolo solido è determinata dai segmenti di una sfera, il cui centro coincide con il centro di riferimento del dispositivo ed il cui equatore è parallelo al suolo. Questi segmenti sono determinati relativamente all'asse di riferimento. Gli angoli orizzontali  $\beta$  corrispondono alla longitudine e gli angoli verticali  $\alpha$  alla latitudine. All'interno degli angoli di visibilità geometrica non devono esistere ostacoli alla propagazione della luce a partire da una parte qualunque della superficie apparente del dispositivo osservata dall'infinito. Se le misurazioni vengono effettuate a minor distanza dal dispositivo, la direzione di osservazione deve essere spostata parallelamente per ottenere la stessa precisione. All'interno degli angoli di visibilità geometrica non viene tenuto conto degli ostacoli che esistevano già all'atto dell'omologazione del dispositivo.

Se, a dispositivo montato, una parte qualsiasi della sua superficie apparente rimane nascosta da una qualsiasi parte del veicolo, deve essere provato che la parte del dispositivo non nascosta è ancora conforme ai valori fotometrici prescritti per l'omologazione del dispositivo stesso quale unità ottica. Se tuttavia l'angolo verticale di visibilità geometrica sotto il piano orizzontale può essere ridotto a  $5^\circ$  ( quando la luce si trova ad una altezza dal suolo inferiore a 750 mm ), il campo fotometrico delle misure dell'unità ottica installata può essere limitato a  $5^\circ$  sotto il piano orizzontale.

*Luci indipendenti* : dispositivi aventi superfici illuminanti , sorgenti luminose e contenitori distinti.

*Luci raggruppate* : dispositivi aventi superfici illuminanti e sorgenti luminose distinte, ma il contenitore in comune;

*Luci combinate* : dispositivi aventi superfici illuminanti distinte, ma sorgente luminosa e contenitore in comune.

*Luci reciprocamente incorporate* : dispositivi aventi sorgenti luminose distinte oppure una sorgente luminosa unica funzionante in condizioni diverse (ad esempio, differenze ottiche, meccaniche o elettriche ), superfici illuminanti totalmente o parzialmente in comune e contenitore comune.

## Numero di luci

Il numero delle luci sul veicolo deve essere uguale al numero o ai numeri indicati in ciascuno dei punti relativi alle tipologie di luci.

Tutte le luci possono essere installate su parti mobili purché siano rispettate le seguenti condizioni :

- Le luci di posizione posteriori, gli indicatori di direzione posteriori e i catadiottri posteriori, triangolari o non triangolari, possono essere installati su parti mobili soltanto :

se in tutte le posizioni fisse delle parti mobili, le luci montate su dette parti rispettano tutte le prescrizioni relative a posizione e visibilità geometrica e le prescrizioni fotometriche ad esse applicabili.

oppure

nel caso in cui per le funzioni sopra indicate siano montate e attivate luci aggiuntive purché queste luci aggiuntive rispettino tutte le prescrizioni relative a posizione e visibilità geometrica e le prescrizioni fotometriche applicabili alle luci installate sulla parte mobile.

- Quando le parti mobili si trovano in una posizione diversa dalla “ posizione normale di impiego “, i dispositivi installati su di esse non devono disturbare indebitamente gli utenti della strada.

- Quando una luce è installata su di una parte mobile e la parte mobile si trova nella “ posizione normale di impiego “, la luce deve sempre ritornare nella posizione specificata dal costruttore in conformità del presente regolamento. Nel caso dei proiettori anabbaglianti e dei proiettori fendinebbia anteriori, questa prescrizione si considera soddisfatta se, muovendo le parti mobili e riportandole nella posizione normale per 10 volte, nessun valore dell'inclinazione angolare di queste luci, in relazione al loro supporto, misurato dopo ogni azionamento della parte mobile, differisce di più dello 0,15 % dalla media dei dieci valori misurati. Se questo valore è superato, ciascun limite deve essere conseguentemente modificato del valore in eccesso per ridurre il campo di inclinazione ammesso nella verifica del veicolo .

Nessuna parte mobile, con o senza un dispositivo di segnalazione luminosa, può occultare, in una qualsiasi posizione fissa diversa dalla “ posizione normale di impiego “, più del 50 % della superficie apparente delle luci di posizione anteriori o posteriori, degli indicatori di direzione anteriori o posteriori o dei catadiottri, osservati nella direzione dell'asse di riferimento del dispositivo specifico.

## Proiettore Anabbagliante

### *Presenza*

Obbligatoria sui veicoli a motore. Vietata sui rimorchi.

### *Numero*

Due, omologati a norma dei regolamenti n. 31, 98 o 112, esclusi i proiettori della classe A.

### *Schema di montaggio*

Nessuna prescrizione particolare.

### *Posizione*

In larghezza: il bordo della superficie apparente in direzione dell'asse di riferimento più distante dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dall'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo. I bordi interni della superficie apparente in direzione dell'asse di riferimento devono essere distanti almeno 600 mm. Questa prescrizione non si applica, tuttavia, ai veicoli delle categorie M1 ed N1; per tutte le altre categorie di veicoli, tale distanza può essere ridotta a 400 mm quando la larghezza fuori tutto del veicolo è inferiore a 1300 mm.

In altezza: dal suolo, minima 500 mm, massima 1200 mm.

In lunghezza: nella parte anteriore del veicolo. Tale condizione è considerata soddisfatta se la luce emessa non disturba il conducente, né direttamente né indirettamente, attraverso gli specchi retrovisori e/o altre superfici riflettenti del veicolo

### *Visibilità geometrica*

È definita dagli angoli  $\alpha$  e  $\beta$  :

$\alpha = 15^\circ$  verso l'alto e  $10^\circ$  verso il basso.

$\beta = 45^\circ$  verso l'esterno e  $10^\circ$  verso l'interno.

### *Orientamento*

Verso l'avanti.

L'inclinazione iniziale verso il basso della linea di demarcazione del fascio anabbagliante, da regolare con il veicolo a vuoto e con una persona sul sedile del conducente, deve essere specificata dal costruttore con una tolleranza dello 0,1 per cento e indicata in modo chiaramente leggibile ed indelebile su ciascun veicolo, accanto al proiettore oppure sulla targhetta del costruttore.

In funzione dell'altezza di installazione in metri ( h ) del proiettore anabbagliante, misurata al bordo inferiore della superficie apparente in direzione dell'asse di riferimento, con il veicolo a vuoto, l'inclinazione verticale della linea di demarcazione del fascio anabbagliante deve rimanere entro i seguenti limiti e l'orientamento iniziale deve avere i seguenti valori :

h < 0,8	Limiti: tra – 0,5 % e – 2,5 % Orientamento iniziale: tra – 1,0 % e – 1,5 %
0,8 ≤ h ≤ 1,0	Limiti: tra – 0,5 % e – 2,5 % Orientamento iniziale: tra – 1,0 % e – 1,5 % oppure, a discrezione del costruttore, Limiti: tra – 1,0 per cento e – 3,0 per cento Orientamento iniziale: tra – 1,5 per cento e – 2,0 per cento
h > 1,0	Limiti: tra – 1,0 per cento e – 3,0 per cento Orientamento iniziale: tra – 1,5 per cento e – 2,0 per cento

L' inclinazione del fascio anabbagliante può essere definita come segue:

l'angolo, espresso in milliradiani, tra la direzione del fascio di luce verso un punto caratteristico sulla parte orizzontale della linea di demarcazione della distribuzione luminosa del proiettore ed il piano orizzontale, oppure la tangente di detto angolo, espressa in percentuale, poiché si tratta di piccoli angoli ( per questi piccoli angoli, 1 per cento è uguale a 10 mrad ).

Se l'inclinazione è espressa in percentuale, può essere calcolata con la formula seguente:

$$\frac{h1 - h2}{L} \cdot 100$$

dove:

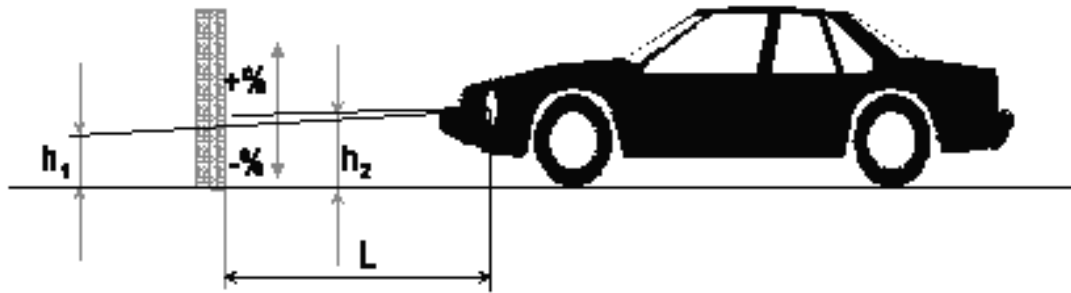
h1 è l'altezza da terra, espressa in mm, del punto caratteristico suddetto, misurata su uno schermo verticale perpendicolare al piano longitudinale mediano del veicolo, situato ad una distanza orizzontale L ( circa 10 m ).

h2 è l'altezza da terra, espressa in mm, del centro di riferimento ( considerato come origine nominale del punto caratteristico scelto in h1 ).

L è la distanza, espressa in mm, tra lo schermo e il centro di riferimento.

I valori negativi indicano un'inclinazione del fascio verso il basso.

I valori positivi indicano un'inclinazione verso l'alto.



Misurazione dell'inclinazione del fascio anabbagliante

## Proiettore Abbagliante

### *Presenza*

Obbligatoria sui veicoli a motore. Vietata sui rimorchi.

### *Numero*

Due o quattro, omologati a norma dei regolamenti n. 31, 98 o 112, esclusi i proiettori della classe A.

### *Schema di montaggio*

Nessuna disposizione particolare.

### *Posizione*

In larghezza: nessuna disposizione particolare.

In altezza: nessuna disposizione particolare.

In lunghezza: nella parte anteriore del veicolo, montato in modo che la luce emessa non disturbi il conducente, né direttamente né indirettamente, attraverso gli specchi retrovisori e/o altre superfici riflettenti del veicolo.

### *Visibilità geometrica*

La visibilità della superficie illuminante, compresa la sua visibilità nelle zone che non sembrano illuminate nella direzione d'osservazione considerata, deve essere garantita all'interno di uno spazio divergente delimitato dalle generatrici che, partendo dal perimetro della superficie illuminante, formano un angolo di almeno  $5^\circ$  con l'asse di riferimento del proiettore. Quale origine degli angoli di visibilità geometrica si prende il contorno della proiezione della superficie illuminante su un piano trasversale tangente alla parte anteriore del trasparente del proiettore.

### *Orientamento*

Verso l'avanti.

I proiettori anabbaglianti possono restare accesi contemporaneamente ai proiettori abbaglianti.

## Luce di Posizione Anteriore

### *Presenza*

Obbligatoria su tutti i veicoli a motore.

Obbligatoria sui rimorchi di larghezza superiore a 1600 mm.

Facoltativa sui rimorchi di larghezza inferiore o uguale a 1600 mm.

### *Numero*

Due.

### *Schema di montaggio*

Nessuna prescrizione particolare.

### *Posizione*

In larghezza: il punto della superficie apparente in direzione dell'asse di riferimento più distante dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dall'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo. Nel caso di un rimorchio, il punto della superficie apparente in direzione dell'asse di riferimento più lontano dal piano longitudinale mediano non deve trovarsi a più di 150 mm dall'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo.

La distanza tra i bordi interni delle due superfici apparenti in direzione dell'asse di riferimento è soggetta alle prescrizioni seguenti:

Per i veicoli delle categorie M1 o N1: nessuna prescrizione particolare.

Per tutte le altre categorie di veicoli: la distanza non deve essere inferiore a 600 mm. Tale distanza può essere ridotta a 400 mm quando la larghezza fuori tutto del veicolo è inferiore a 1300 mm.

In altezza: dal suolo, minima 350 mm, massima 1500 ( 2100 mm per i veicoli delle categorie O1 e O2, oppure per qualsiasi altra categoria di veicoli se la forma della carrozzeria non permette di rispettare i 1500 mm ).

In lunghezza: nessuna prescrizione particolare.

Quando la luce di posizione anteriore è incorporata reciprocamente in un'altra luce, le prescrizioni relative alla posizione devono essere verificate in riferimento alla superficie apparente in direzione dell'asse di riferimento di quest'altra luce.



### *Visibilità geometrica*

Angolo orizzontale per le due luci di posizione anteriori:

45° verso l'interno e 80° verso l'esterno.

Per i rimorchi, l'angolo verso l'interno può essere ridotto a 5°.

Angolo verticale : 15° sopra e sotto l'orizzontale. L'angolo verticale al di sotto dell'orizzontale può essere ridotto a 5° se l'altezza dal suolo delle luci è inferiore a 750 mm.

A discrezione del costruttore o del suo mandatario e solo se sul veicolo è montata una luce di posizione laterale anteriore, per i veicoli delle categorie M1 e N1 si applicano le prescrizioni seguenti in alternativa a quelle precedenti :

Angolo orizzontale : 45° verso l'esterno, 45° verso l'interno.

Angolo verticale : 15° sopra e sotto l'orizzontale. L'angolo verticale al di sotto dell'orizzontale può essere ridotto a 5° se l'altezza dal suolo dei dispositivi è inferiore a 750 mm.

Affinché la luce sia considerata visibile, almeno 12,5 centimetri quadrati della sua superficie apparente devono essere visibili senza ostacoli. L'area della superficie illuminante dei catadiottri che non trasmettono luce non deve essere presa in considerazione.

### *Orientamento*

Verso l'avanti.

## Luce di Posizione Posteriore

### *Presenza*

Obbligatoria

### *Numero*

Due.

Su tutti i veicoli delle categorie M2, M3, N2, N3, O2, O3 e O4 è ammessa l'installazione di due luci di posizione facoltative, sempre che non siano installate luci di ingombro.

### *Schema di montaggio*

Nessuna prescrizione particolare.

### *Posizione*

In larghezza : il punto della superficie apparente in direzione dell'asse di riferimento più distante dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dall'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo.

La distanza tra i bordi interni delle due superfici apparenti in direzione dell'asse di riferimento è soggetta alle prescrizioni seguenti:

Per i veicoli delle categorie M1 o N1: nessuna prescrizione particolare;

Per tutte le altre categorie di veicoli: la distanza non deve essere inferiore a 600 mm. Tale distanza può essere ridotta a 400 mm quando la larghezza fuori tutto del veicolo è inferiore a 1300 mm.

In altezza: dal suolo: minima 350 mm, massima 1500 ( 2100 mm se la forma della carrozzeria non permette di rispettare i 1 500 mm e se non sono installate le luci facoltative ). Se sul veicolo sono installate le luci facoltative, esse devono essere poste a un'altezza compatibile con le prescrizioni pertinenti alla posizione e con quelle sulla simmetria delle luci, e alla massima distanza verticale consentita dalla forma della carrozzeria, in ogni caso almeno 600 mm più in alto delle luci obbligatorie.

In lunghezza: nella parte posteriore del veicolo.

### *Visibilità geometrica*

Angolo orizzontale: 45° verso l'interno e 80° verso l'esterno.

Angolo verticale: 15° sopra e sotto l'orizzontale. L'angolo verticale al di sotto dell'orizzontale può essere ridotto a 5° se l'altezza dal suolo delle luci è inferiore a 750 mm. L'angolo verticale sopra l'orizzontale può essere ridotto a 5° per le luci facoltative poste ad almeno 2100 mm dal suolo.

A discrezione del costruttore o del suo mandatario e solo se sul veicolo è montata una luce di posizione laterale posteriore, per i veicoli delle categorie M1 e N1 si applicano le prescrizioni seguenti in alternativa a quelle precedenti :

Angolo orizzontale : 45° verso l'esterno, 45° verso l'interno.

Angolo verticale : 15° sopra e sotto l'orizzontale. L'angolo verticale al di sotto dell'orizzontale può essere ridotto a 5° se l'altezza dal suolo dei dispositivi è inferiore a 750 mm.

Affinché la luce sia considerata visibile, almeno 12,5 centimetri quadrati della sua superficie apparente devono essere visibili senza ostacoli. L'area della superficie illuminante dei catadiottri che non trasmettono luce non deve essere presa in considerazione.

### *Orientamento*

All'indietro.

## Proiettore Fendinebbia Anteriore

### *Presenza*

Facoltativa sui veicoli a motore. Vietata sui rimorchi.

### *Numero*

Due.

### *Schema di montaggio*

Nessuna prescrizione particolare.

### *Posizione*

In larghezza: il punto della superficie apparente in direzione dell'asse di riferimento più distante dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dall'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo.

In altezza:

minima: 250 mm dal suolo

massima: per i veicoli delle categorie M1 o N1: 800 mm dal suolo.

per i veicoli di tutte le altre categorie tranne N3G ( fuoristrada ) : 1200 mm dal suolo.

Nessun punto della superficie apparente in direzione dell'asse di riferimento deve trovarsi ad un'altezza superiore al punto più alto della superficie apparente in direzione dell'asse di riferimento del proiettore anabbagliante.

In lunghezza: nella parte anteriore del veicolo. Tale condizione è considerata soddisfatta se la luce emessa non disturba il conducente, né direttamente né indirettamente, attraverso gli specchi retrovisori e/o altre superfici riflettenti del veicolo.

### *Visibilità geometrica*

È definita dagli angoli  $\alpha$  e  $\beta$  :

$\alpha = 5^\circ$  verso l'alto e verso il basso.

$\beta = 45^\circ$  verso l'esterno e  $10^\circ$  verso l'interno.

Dato che i valori fotometrici richiesti per i proiettori fendinebbia anteriori non coprono l'intero campo di visibilità geometrica, si richiede, per l'omologazione del veicolo, un valore minimo di 1 cd nello spazio rimanente. La presenza di divisori o altri elementi in prossimità del proiettore fendinebbia anteriore non deve provocare effetti secondari di disturbo per gli altri utenti della strada.

### *Orientamento*

Verso l'avanti.

Nel caso dei proiettori fendinebbia anteriori della classe B, l'inclinazione verticale della linea di demarcazione, da regolare con il veicolo a vuoto e con una persona sul sedile del conducente, non deve essere superiore a – 1,5 per cento.

Nel caso dei proiettori fendinebbia anteriori della classe F3, l'inclinazione iniziale verso il basso della linea di demarcazione, da regolare con il veicolo a vuoto e con una persona sul sedile del conducente, deve essere specificata dal costruttore con un'accuratezza di un decimale e indicata in modo chiaramente leggibile ed indelebile su ciascun veicolo, accanto al proiettore fendinebbia anteriore oppure sulla targhetta del costruttore.

In funzione dell'altezza di installazione in metri ( h ) del proiettore fendinebbia anteriore, misurata al bordo inferiore della superficie apparente in direzione dell'asse di riferimento con il veicolo a vuoto, l'inclinazione verticale della linea di demarcazione, da regolare con il veicolo a vuoto e con una persona sul sedile del conducente, deve avere il valore o i valori seguenti :

$h \leq 0,8$	Limiti: tra – 1,0 % e – 2,5 % Orientamento iniziale: tra – 1,5 % e – 2,0 %
$h > 0,8$	Limiti: tra – 1,5 % e – 3,0 % Orientamento iniziale: tra – 2,0 % e – 2,5 %

### Luce Posteriore per Nebbia

#### *Presenza*

Obbligatoria.

#### *Numero*

Una o due.

#### *Schema di montaggio*

Nessuna prescrizione particolare.

#### *Posizione*

In larghezza : quando è unica, la luce posteriore per nebbia deve essere situata sul lato del piano longitudinale mediano del veicolo opposto al senso di circolazione prescritto nel paese di immatricolazione. Il centro di riferimento può essere situato anche sul piano longitudinale mediano del veicolo.

In altezza : dal suolo, minima 250 mm, massima 1000 mm. Per i veicoli della categoria N3G ( fuoristrada ) l'altezza massima può essere elevata a 1200 mm.

In lunghezza: nella parte posteriore del veicolo.

#### *Visibilità geometrica*

È definita dagli angoli  $\alpha$  e  $\beta$  :

$\alpha = 5^\circ$  verso l'alto e verso il basso.

$\beta = 25^\circ$  a destra e a sinistra.

#### *Orientamento*

All'indietro.

#### *Altre prescrizioni*

In ogni caso la distanza tra la luce posteriore per nebbia e ciascuna luce di arresto deve essere superiore a 100 mm.

## Indicatore di Direzione

#### *Presenza*

Obbligatoria. I tipi di indicatori di direzione sono divisi in categorie ( 1, 1a, 1b, 2a, 2b, 5 e 6 ) il cui montaggio su uno stesso veicolo forma uno schema di montaggio ( A e B ).

Lo schema A si applica a tutti i veicoli a motore. Lo schema B si applica unicamente ai rimorchi.

#### *Numero*

In base allo schema di montaggio.

#### *Schema di montaggio*

A :

due indicatori di direzione anteriori delle seguenti categorie :

1 o 1a o 1b, se la distanza tra il bordo della superficie apparente in direzione dell'asse di riferimento di questa luce e quello della superficie apparente in direzione dell'asse di riferimento del proiettore anabbagliante e/o del proiettore fendinebbia anteriore, se è presente, è di almeno 40 mm.

1a o 1b, se la distanza tra il bordo della superficie apparente in direzione dell'asse di riferimento di questa luce e quello della superficie apparente in direzione dell'asse di riferimento del proiettore anabbagliante e/o del proiettore fendinebbia anteriore, se è presente, è superiore a 20 mm ed inferiore a 40 mm.

1b, se la distanza tra il bordo della superficie apparente in direzione dell'asse di riferimento di questa luce e quello della superficie apparente in direzione dell'asse di riferimento del proiettore anabbagliante e/o del proiettore fendinebbia anteriore, se è presente, è inferiore o pari a 20 mm;  
due indicatori di direzione posteriori ( categoria 2a o 2b ).

due dispositivi facoltativi ( categoria 2a o 2b ) su tutti i veicoli delle categorie M2, M3, N2, N3.

due indicatori di direzione laterali delle categorie 5 o 6 :

5 su tutti i veicoli della categoria M1;

sui veicoli delle categorie N1, M2 e M3 di lunghezza non superiore a 6 m.

6 su tutti i veicoli delle categorie N2 e N3;

sui veicoli delle categorie N1, M2 e M3 di lunghezza superiore a 6 m.

È ammessa in tutti i casi la sostituzione degli indicatori di direzione laterali della categoria 5 con indicatori di direzione laterali della categoria 6.

Se sono installati dispositivi che combinano le funzioni di indicatori di direzione anteriori ( categorie 1, 1a e 1b ) e laterali ( categorie 5 o 6 ), possono essere installati due indicatori di direzione laterali ( categorie 5 o 6 ) supplementari per soddisfare i requisiti di visibilità.

B:

due indicatori di direzione posteriori ( categorie 2a or 2b ).

due dispositivi facoltativi (categoria 2a o 2b) su tutti i veicoli delle categorie O2, O3 e O4.

#### *Posizione*

In larghezza: il bordo della superficie apparente in direzione dell'asse di riferimento più lontano dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dall'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo. La distanza tra i bordi interni delle due superfici apparenti in direzione dell'asse di riferimento non deve essere inferiore a 600 mm. Tale distanza può essere ridotta a 400 mm quando la larghezza fuori tutto del veicolo è inferiore a 1300 mm.

In altezza: dal suolo, l'altezza della superficie di uscita della luce degli indicatori di direzione laterali delle categorie 5 o 6 non deve essere inferiore a: 350 mm per i veicoli delle categorie M1 e N1 e 500 mm per i veicoli delle altre categorie, misurati dal punto più basso, superiore a: 1500 mm, misurati dal punto più elevato.

L'altezza degli indicatori di direzione delle categorie 1, 1a, 1b, 2a e 2b non deve essere inferiore a 350 mm né superiore a 1500 mm. Se la struttura del veicolo non consente di rispettare questi limiti massimi misurati con il metodo suesposto e se sul veicolo non sono installati dispositivi facoltativi, questi limiti possono essere elevati a 2300 mm per gli indicatori di direzione laterali delle categorie 5 e 6 ed a 2100 mm per gli indicatori di direzione delle categorie 1, 1a, 1b, 2a e 2b.

Se sul veicolo sono installate le luci facoltative, esse devono essere poste a un'altezza compatibile con le prescrizioni relative alla posizione e con quelle sulla simmetria delle luci, e alla massima distanza verticale consentita dalla forma della carrozzeria, in ogni caso almeno 600 mm più in alto delle luci obbligatorie.

In lunghezza la distanza tra la superficie di uscita della luce dell'indicatore di direzione laterale ( categorie 5 e 6 ) e il piano trasversale che delimita anteriormente la lunghezza fuori tutto del veicolo non deve essere superiore a 1800 mm.

Tuttavia, tale distanza non deve essere superiore a 2500 mm :

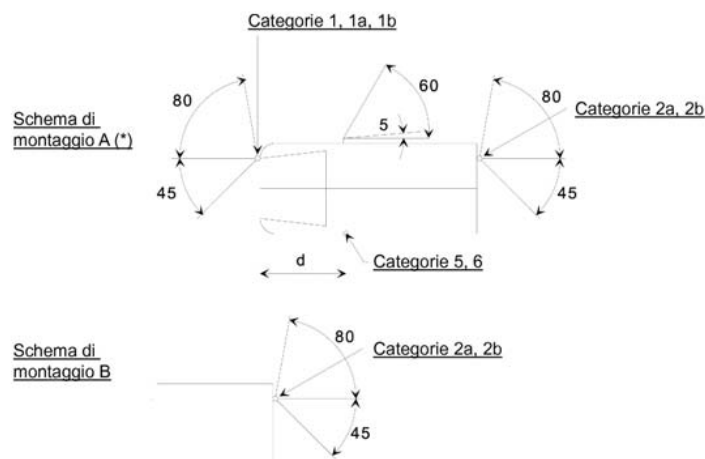
a) per i veicoli delle categorie M1 e N1

b) per tutte le altre categorie di veicoli se la struttura del veicolo non consente di rispettare gli angoli minimi di visibilità.

### *Visibilità geometrica*

Angoli orizzontali : vedi figura sottostante.

Angoli verticali : 15° sopra e sotto l'orizzontale per gli indicatori di direzione delle categorie 1, 1a, 1b, 2a, 2b e 5. L'angolo verticale al di sotto dell'orizzontale può essere ridotto a 5° se l'altezza dal suolo degli indicatori è inferiore a 750 mm; 30° sopra e 5° sotto l'orizzontale per gli indicatori di direzione della categoria 6. L'angolo verticale al di sopra dell'orizzontale può essere ridotto a 5° se i dispositivi facoltativi non sono a meno di 2100 mm di altezza dal suolo.



Angoli di visibilità geometrica orizzontale degli indicatori di direzione. Schema di montaggio A per veicoli di categoria M1

### *Orientamento*

Devono essere rispettate le eventuali disposizioni particolari di montaggio previste dal costruttore.

### *Altre prescrizioni*

La luce deve essere lampeggiante con una frequenza di  $90 \pm 30$  periodi al minuto.

## Luce di Arresto

### *Presenza*

Dispositivi delle categorie S1 o S2: obbligatoria in tutte le categorie di veicoli.

Dispositivi delle categorie S3 o S4: obbligatoria nei veicoli delle categorie M1 e N1, ad eccezione dei telai cabinati e dei veicoli della categoria N1 con spazio aperto per il carico.

### *Numero*

Due dispositivi delle categorie S1 o S2 e un dispositivo delle categorie S3 o S4 in tutte le categorie di veicoli. Tranne nei casi in cui viene installato un dispositivo delle categorie S3 o S4, è ammessa l'installazione di due dispositivi facoltativi delle categorie S1 o S2 sui veicoli delle categorie M2, M3, N2, N3, O2, O3 e O4. Unicamente se il piano longitudinale mediano del veicolo non si trova su un pannello fisso della carrozzeria, ma separa una o più parti mobili del veicolo ( ad es. porte ) e quindi manca lo spazio sufficiente per installare un unico dispositivo delle categorie S3 o S4 nel piano longitudinale mediano sopra dette parti mobili, si possono installare: due dispositivi delle categorie S3 o S4 di tipo D, oppure un dispositivo delle categorie S3 o S4 disassato sulla destra o sulla sinistra del piano longitudinale mediano.

### *Schema di montaggio*

Nessuna prescrizione particolare.

### *Posizione*

In larghezza :

Per i veicoli delle categorie M1 o N1

Per i dispositivi delle categorie S1 o S2: il punto della superficie apparente in direzione dell'asse di riferimento più distante dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dall'estremità della larghezza fuoritutto del veicolo. Per la distanza tra i bordi interni delle superfici apparenti in direzione dell'asse di riferimento non sono previste prescrizioni particolari.

Per tutte le altre categorie di veicoli

Per i dispositivi delle categorie S1 o S2 la distanza tra i bordi interni delle superfici apparenti in direzione dell'asse di riferimento non deve essere inferiore a 600 mm. Tale distanza può essere ridotta a 400 mm quando la larghezza fuori tutto del veicolo è inferiore a 1300 mm.

Per i dispositivi delle categorie S3 o S4 il centro di riferimento deve trovarsi sul piano longitudinale mediano del veicolo. Tuttavia, nel caso in cui siano installati due dispositivi delle categorie S3 o S4, essi devono trovarsi uno su ogni lato di tale piano e il più possibile vicini ad esso.



In altezza :

Per i dispositivi delle categorie S1 o S2 : dal suolo, minima 350 mm, massima 1500 mm ( 2100 mm se la forma della carrozzeria non permette di rispettare i 1 500 mm e se non sono installate le luci facoltative ). Le eventuali luci facoltative devono trovarsi a un'altezza compatibile con le prescrizioni riguardanti la larghezza e la simmetria delle luci, e alla distanza verticale massima consentita dalla forma della carrozzeria, in ogni caso almeno 600 mm più in alto delle luci obbligatorie.

Per i dispositivi delle categorie S3 o S4 : il piano orizzontale tangente al bordo inferiore della superficie apparente deve trovarsi: a non più di 150 mm sotto il piano orizzontale tangente al bordo inferiore della superficie esposta del vetro o del materiale trasparente del lunotto posteriore o a non meno di 850 mm dal suolo. Tuttavia, il piano orizzontale tangente al bordo inferiore della superficie apparente del dispositivo delle categorie S3 o S4 deve trovarsi sopra il piano orizzontale tangente al bordo superiore della superficie apparente dei dispositivi delle categorie S1 o S2.

In lunghezza :

Per i dispositivi delle categorie S1 o S2 : nella parte posteriore del veicolo

Per i dispositivi delle categorie S3 o S4: nessuna prescrizione particolare.

#### *Visibilità geometrica*

Angolo orizzontale :

Per i dispositivi delle categorie S1 o S2: 45° a destra e a sinistra dell'asse longitudinale del veicolo.

Per i dispositivi delle categorie S3 o S4: 10° a destra e a sinistra dell'asse longitudinale del veicolo.

Angolo verticale:

Per i dispositivi delle categorie S1 o S2 : 15° sopra e sotto l'orizzontale. Tuttavia, l'angolo verticale al di sotto dell'orizzontale può essere ridotto a 5° se l'altezza del dispositivo è inferiore a 750 mm.

L'angolo verticale al di sopra dell'orizzontale può essere ridotto a 5° se l'altezza delle luci facoltative dal suolo è almeno 2100 mm. Per i dispositivi delle categorie S3 o S4: 10° sopra e 5° sotto l'orizzontale.

#### *Orientamento*

All'indietro.

#### *Altre prescrizioni*

Il dispositivo delle categorie S3 o S4 non deve essere incorporato reciprocamente con altre luci.

Il dispositivo delle categorie S3 o S4 può essere montato all'esterno o all'interno del veicolo.

## Proiettore di Retromarcia

### *Presenza*

Obbligatoria sui veicoli a motore e sui rimorchi delle categorie O2, O3 e O4. Facoltativa sui rimorchi della categoria O1.

### *Numero*

Un dispositivo obbligatorio e un secondo dispositivo facoltativo sui veicoli a motore della categoria M1 e su tutti gli altri veicoli di lunghezza non superiore a 6000 mm.

Due dispositivi obbligatori e due dispositivi facoltativi su tutti i veicoli di lunghezza superiore a 6000 mm, tranne i veicoli della categoria M1.

### *Schema di montaggio*

Nessuna prescrizione particolare.

### *Posizione*

In larghezza: nessuna prescrizione particolare.

In altezza: dal suolo, minima 250 mm, massima 1200 mm.

In lunghezza: nella parte posteriore del veicolo.

Tuttavia, i due dispositivi facoltativi, se installati, devono essere montati nella parte laterale o posteriore del veicolo.

### *Visibilità geometrica*

È definita dagli angoli  $\alpha$  e  $\beta$  :

$\alpha = 15^\circ$  verso l'alto e  $5^\circ$  verso il basso,

$\beta = 45^\circ$  a destra e a sinistra se è presente un solo dispositivo,

$45^\circ$  verso l'esterno e  $30^\circ$  verso l'interno se sono presenti due dispositivi.

L'asse di riferimento dei due dispositivi facoltativi, se montati sul lato del veicolo, deve essere orientato lateralmente in senso orizzontale con un'inclinazione di  $10^\circ \pm 5^\circ$  rispetto al piano longitudinale mediano del veicolo.

### *Orientamento*

All'indietro.

Le prescrizioni di visibilità geometrica non si applicano ai due dispositivi facoltativi, qualora siano montati sul lato del veicolo. Tuttavia, l'asse di riferimento di questi dispositivi deve essere orientato verso l'esterno di non più di  $15^\circ$  in senso orizzontale all'indietro rispetto al piano longitudinale mediano del veicolo.

## Catadiottero Posteriore - Non Triangolare

### *Presenza*

Obbligatoria sui veicoli a motore.

Facoltativa sui rimorchi, purché siano raggruppati con altri dispositivi posteriori di segnalazione.

### *Numero*

Due

### *Schema di montaggio*

Nessuna prescrizione particolare.

### *Posizione*

In larghezza: il punto della superficie illuminante più lontano dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dall'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo.

La distanza tra i bordi interni delle due superfici apparenti in direzione dell'asse di riferimento è soggetta alle prescrizioni seguenti :

Per i veicoli delle categorie M1 o N1: nessuna prescrizione particolare.

Per tutte le altre categorie di veicoli: la distanza non deve essere inferiore a 600 mm. Tale distanza può essere ridotta a 400 mm quando la larghezza fuori tutto del veicolo è inferiore a 1300 mm.

In altezza: dal suolo, minima 250 mm, massima 900 mm ( 1500 mm se la forma della carrozzeria non permette di rispettare i 900 mm ).

In lunghezza: nella parte posteriore del veicolo.

### *Visibilità geometrica*

Angolo orizzontale: 30° verso l'interno e verso l'esterno.

Angolo verticale: 10° sopra e sotto l'orizzontale. L'angolo verticale al di sotto dell'orizzontale può essere ridotto a 5° se l'altezza dal suolo del catadiottero è inferiore a 750 mm.

### *Orientamento*

All'indietro.

### *Altre prescrizioni*

La superficie illuminante del catadiottero può avere parti comuni con la superficie apparente di qualsiasi altra luce situata posteriormente.

## Luce di Posizione Laterale e Catadriotto Laterale – Non Triangolare

### *Presenza*

Obbligatoria: su tutti i veicoli a motore di lunghezza superiore a 6 metri e su tutti i rimorchi.

Facoltativa: sui veicoli a motore di lunghezza inferiore o uguale a 6 metri.

### *Numero*

Tale che siano rispettate le prescrizioni di posizione in lunghezza.

### *Schema di montaggio*

Nessuna prescrizione particolare.

### *Posizione*

In larghezza: nessuna prescrizione particolare.

In altezza: dal suolo, minima 250 mm, massima 1500 per le luci di posizione e 900 mm per i catadriotti ( 2100 e 1500 mm rispettivamente, se la forma della carrozzeria non li permette di rispettare ).

In lunghezza: almeno un dispositivo di ogni tipo deve trovarsi nel terzo intermedio del veicolo; il dispositivo situato più avanti non deve trovarsi a più di 3 metri dalla parte anteriore; per i rimorchi si tiene conto anche della lunghezza del timone. La distanza fra due dispositivi successivi non deve superare 3 metri. Se la struttura del veicolo non consente di rispettare tale prescrizione, questa distanza può essere aumentata fino a 4 metri. La distanza fra il dispositivo più arretrato e il retro del veicolo non deve superare 1 m. Tuttavia, per i veicoli di lunghezza non superiore a 6 metri sono sufficienti un dispositivo che si trovi nel primo terzo e/o uno che si trovi nell'ultimo terzo della lunghezza del veicolo.

### *Visibilità geometrica*

Angolo orizzontale: 45° verso l'avanti e all'indietro.

Angolo verticale : 10° sopra e sotto l'orizzontale. L'angolo verticale al di sotto dell'orizzontale può essere ridotto a 5° se l'altezza dal suolo del dispositivo è inferiore a 750 mm.

### *Orientamento*

Verso il lato del veicolo.

### *Altre prescrizioni*

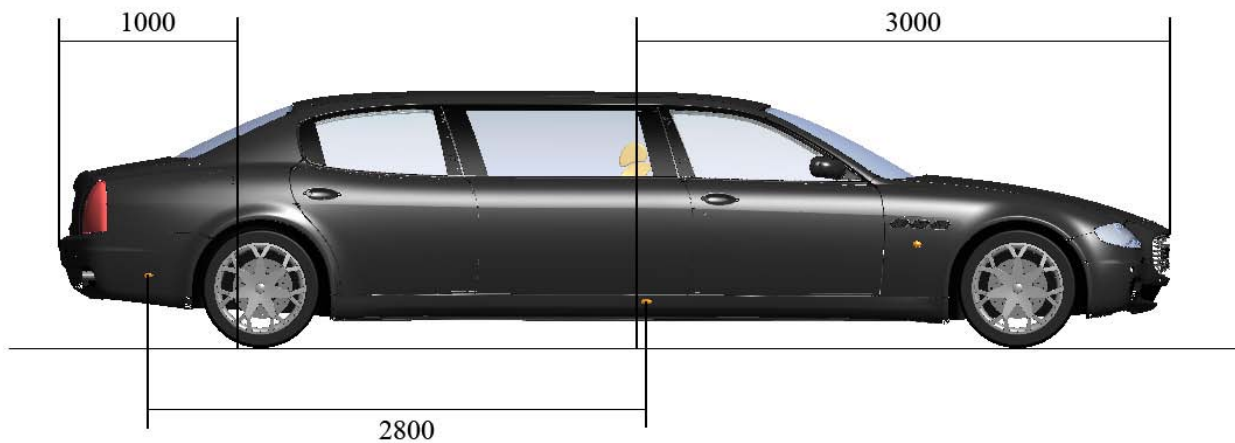
La superfici dei dispositivi possono essere reciprocamente incorporate

Le luci laterali sono le uniche che devono essere obbligatoriamente aggiunte alla vettura modificata, in quanto la sua lunghezza risulta superiore ai 6 metri. Sono stati messi due dispositivi aftermarket di una azienda specializzata, formati da una luce di posizione e un catadiottero ciascuno.



Luce laterale comprensiva di luce di posizione e catadiottero

Nella seguente figura viene mostrato il loro posizionamento.



Disposizione delle luci laterali secondo normativa. Le misure sono in mm.



## 6.5 SPORGENZE ESTERNE

E' possibile che, nel personalizzare l'estetica di una vettura, si possa ricorrere a motivi ornamentali, griglie, o comunque componenti sporgenti dal corpo vettura che potrebbero risultare non conformi a quanto predisposto dalla normativa. Sono direttive atte anche a ridurre il rischio o la gravità delle lesioni corporali subite da una persona urtata o sfiorata dalla carrozzeria in caso di scontro. La superficie esterna dei veicoli infatti non deve comportare ne parti spigolose o taglienti, ne sporgenze esterne che per la loro forma, per le loro dimensioni, per il loro orientamento o per la loro durezza, aumenterebbero il rischio o la gravità delle lesioni corporali subite da una persona urtata o sfiorata dalla carrozzeria in caso di scontro. Parliamo di motivi ornamentali, proiettori, griglie, tergicristalli, paraurti, maniglie e pulsanti, coprimozzi, e ovviamente spigoli e pannelli della carrozzeria.

Innanzitutto bisogna precisare che nessun motivo sporgente dalla superficie esterna, deve avere un raggio di curvatura inferiore a 2,5 mm, fatte salve le parti che si trovano a più di 2mt di altezza, al di sotto della linea base, oppure situate in modo che non possono essere toccate, in condizioni statiche, da una sfera di 100mm di diametro.

### Motivi ornamentali

I motivi ornamentali applicati, che sporgono più di 10 mm rispetto al loro sostegno, devono annullarsi, staccarsi o abbassarsi sotto una forza di 10 N esercitata in una direzione qualsiasi sul loro punto più sporgente, su un piano approssimativamente parallelo alla superficie sulla quale sono montati. Queste disposizioni non si applicano ai motivi ornamentali esistenti sulle griglie dei radiatori, per i quali vige quanto detto sopra.

### Proiettori

Le visiere e le incorniciature sporgenti sono ammesse sui proiettori a condizione che non sporgano più di 30 mm rispetto alla superficie esterna del vetro del proiettore e che il loro raggio di curvatura non sia in nessun punto inferiore a 2,5 mm.

## Griglie ed intervalli tra elementi

Per quanto riguarda gli elementi di griglie di entrata o di uscita dell'aria e della calandra se la distanza tra due elementi consecutivi è compresa tra i 25 e i 40 mm i raggi di curvatura devono essere uguali o superiori ad un mm. Se la distanza tra due elementi consecutivi è invece uguale o inferiore a 25mm, i raggi di curvatura delle superfici esterne degli elementi devono essere almeno di 0,5 m. Se tali distanze sono superiori a 40mm i raggi di curvatura devono essere di almeno 2,5 mm.

## Tergicristallo

I tergicristalli devono essere fissati in maniera tale che l'albero portante sia ricoperto da un elemento protettore che abbia un raggio di curvatura maggiore di 2,5 mm e una superficie minima di 150 mm<sup>2</sup>.

## Paraurti

Le estremità laterali dei paraurti devono incurvarsi verso la superficie esterna in modo da ridurre il pericolo di agganci. Inoltre gli elementi costitutivi del paraurti devono essere progettati in modo che tutte le superfici rigide volte verso l'esterno abbiano un raggio di curvatura minimo di 5 mm.

## Maniglie , cerniere e pulsanti delle porte, cofani e sportelli: orifici e coperchi di serbatoio

Questi elementi non devono sporgere di oltre 40 mm per le maniglie laterali e di 30 mm in tutti gli altri casi. Se le maniglie delle porte laterali sono del tipo girevole, devono presentare i seguenti requisiti: l'estremità aperta della maniglia deve essere orientata verso la parte posteriore e la maniglia deve essere disposta in modo da girare parallelamente al piano della porta e non girare verso l'esterno. L'estremità della maniglia deve essere incurvata verso la porta e alloggiata in un alveolo.



## Dadi delle ruote

Quando un veicolo procede in linea retta, nessuna parte delle ruote, fatta eccezione dei pneumatici, situata al di sopra del piano orizzontale che passa attraverso il loro asse di rotazione, deve sporgere al di là della proiezione verticale, su un piano orizzontale, della superficie o struttura esterna.

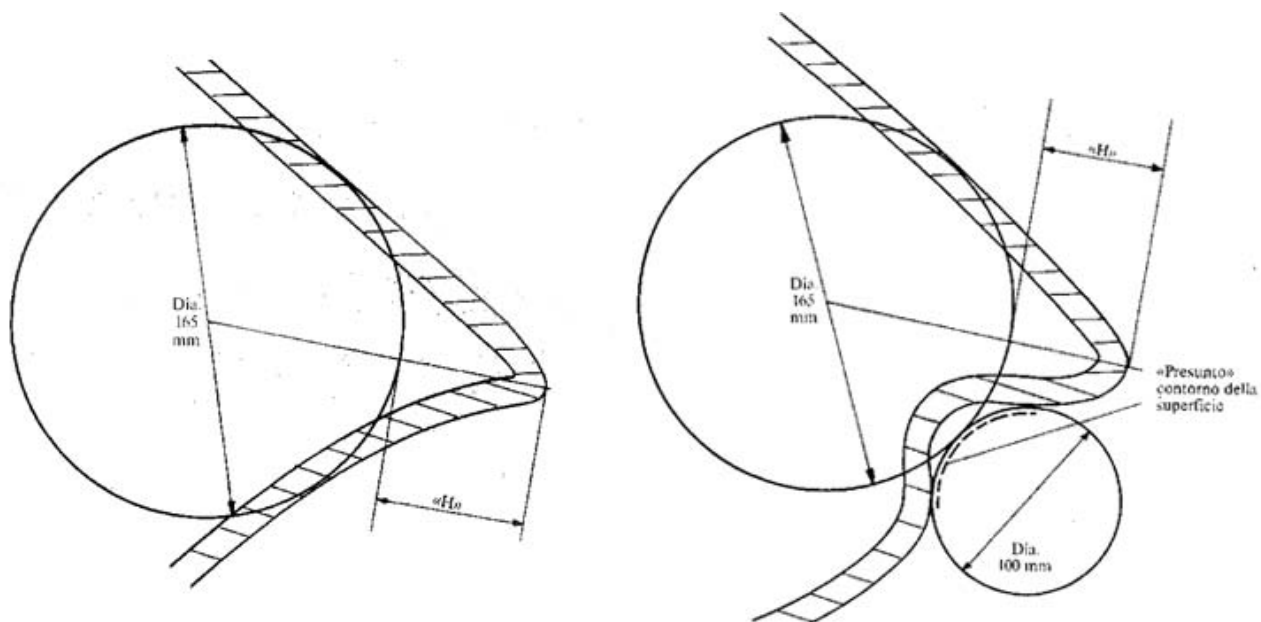
Spigoli di lamiera, quali i bordi di gocciolatoi e le slitte di porte scorrevoli, sono ammessi a condizione che i loro bordi siano incurvati o che questi spigoli siano ricoperti da un elemento protettore conforme alle disposizioni ad esso applicabili.

## Pannelli di carrozzeria

Il raggio di curvatura delle pieghe dei pannelli di carrozzeria può essere inferiore a 2,5 mm a condizione che non sia inferiore al decimo di altezza H della sporgenza misurata conformemente al metodo esposto nella direttiva.

## Deflettori laterali per l'aria e per la pioggia

Gli spigoli dei deflettori laterali che possono essere volti verso l'esterno debbono avere un raggio di curvatura di almeno 1 mm.

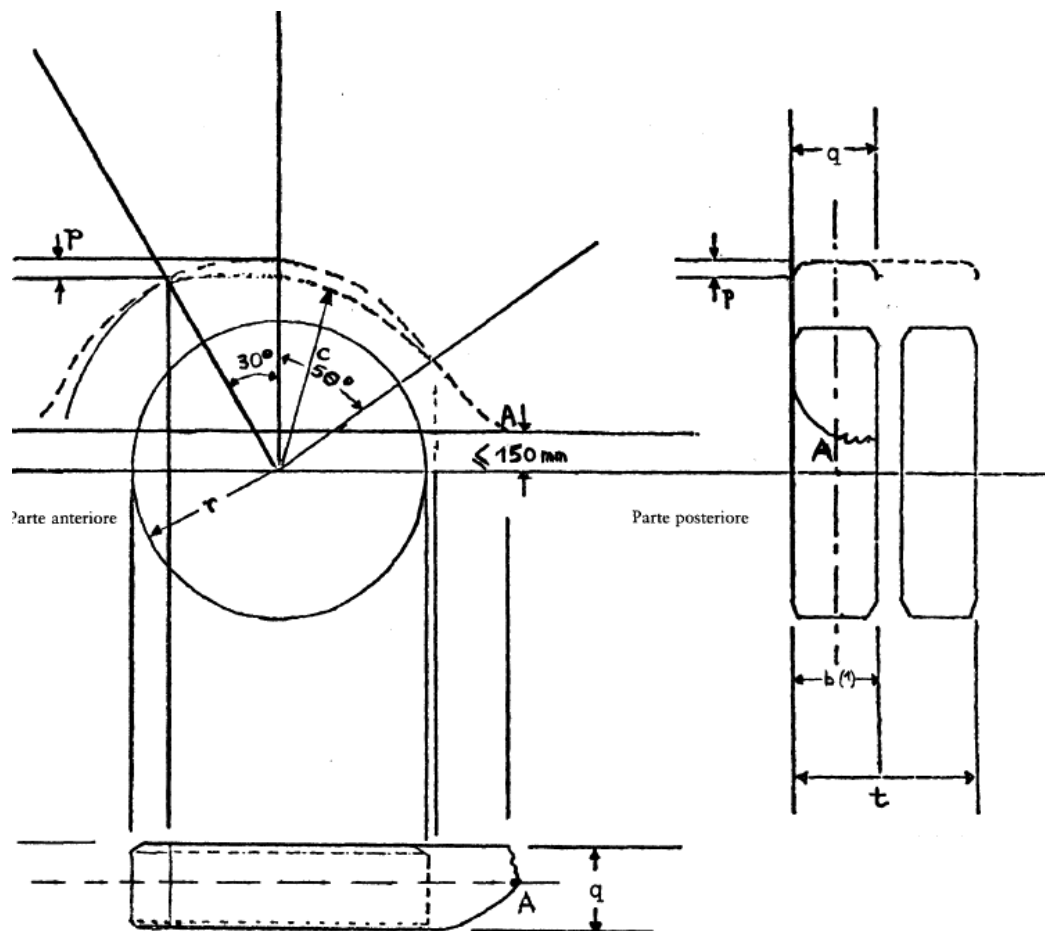


### Metodo per determinare l'altezza delle sporgenze sulla superficie esterna

- 1) L'altezza  $H$  di una sporgenza si determina graficamente rispetto alla circonferenza di un cerchio di 165 mm di diametro, tangente internamente ai contorni esterni della superficie esterna della parte da verificare.
- 2) L'altezza  $H$  è il valore massimale della distanza, misurata su una retta che passi per il centro del cerchio di 165 mm di diametro, tra la circonferenza del suddetto cerchio e il contorno esterno della sporgenza.
- 3) Se la sporgenza ha una forma tale che una parte del contorno esterno della superficie esterna della parte esaminata non possa essere toccata dall'esterno da un cerchio di 100 mm di diametro, si presume che il contorno della superficie di questa zona corrisponde a quello della circonferenza del cerchio di 100 mm di diametro tra i suoi punti di tangenza con il contorno esterno.
- 4) Schemi in sezione della superficie esterna delle parti esaminate devono essere forniti dal fabbricante per permettere di determinare in base a tale metodo l'altezza delle sporgenze.

## 6.6 PARAFANGHI

I veicoli a motore devono essere muniti di parafanghi ( facenti parte della carrozzeria o montati separatamente ). I parafanghi devono essere progettati e costruiti in modo da proteggere nella misura del possibile agli altri utenti della strada dalle protezioni da pietre, fango, ghiaccio, neve e acqua, nonché in modo da ridurre per detti utenti i rischi di contatto con le ruote in movimento.



Dimensioni significative riguardanti il parafango. La misura  $b$  si effettua nella parte superiore del pneumatico.

La figura mostra le dimensioni massime all'interno delle quali può essere collocato il parafrangente.

Nel settore formato dai piani radiali costituenti un angolo di  $30^\circ$  davanti e di  $50^\circ$  dietro il centro delle ruote, la larghezza totale (  $q$  ) del parafrangente deve essere almeno sufficiente a coprire la larghezza (  $b$  ) del pneumatico, tenendo conto delle condizioni estreme della combinazione pneumatico/ruota, quali sono specificate dal costruttore . Nel determinare queste larghezze non devono essere prese in considerazione le iscrizioni, le decorazioni, i cordoni, o le nervature di protezione dei fianchi dei pneumatici. Inoltre la parte posteriore dei parafrangenti non deve terminare oltre un piano orizzontale situato a 150 mm al di sopra dell'asse di rotazione delle ruote ( distanza misurata rispetto all'asse delle ruote ) l'intersezione del bordo del parafrangente con tale piano ( punto A ) deve trovarsi all'esterno del piano longitudinale mediano del pneumatico della ruota più esterna.

Per quanto riguarda il profilo e la collocazione dei parafrangenti:

La proiezione ( situata nel piano assiale verticale del pneumatico) della profondità (  $p$  ) dei bordi esterni dei parafrangenti, misurata sul piano verticale longitudinale passante per il centro del pneumatico, deve essere almeno 30mm. Tale profondità (  $p$  ) può ridursi progressivamente a 0 sui piani radiali sopra descritti. La distanza (  $c$  ) tra i bordi inferiori dei parafrangenti e l'asse passante per il centro delle ruote non deve superare due volte  $r$ , dove  $r$  è il raggio statico del pneumatico.

Importante : i parafrangenti non possono essere costituiti da più elementi purché, una volta montati, non esistano fessure tra i singoli elementi o all'interno di questi.

I parafrangenti infine devono essere solidamente fissati, anche se tuttavia devono essere amovibili interamente o parzialmente.

## 6.7 SICUREZZA

La sicurezza di un veicolo viene normalmente classificata sotto 3 diversi aspetti :

- Sicurezza *preventiva*, definita come la proprietà del veicolo di tenere il pilota costantemente informato su quanto avviene e concentrato sulle azioni correttive da intraprendere in caso di necessità; esempi di questa categoria sono la visibilità esterna e la visibilità di alcuni strumenti ( ad esempio tachimetro, termometro temperatura esterna, ecc... ), senza distogliere chi guida dall'attenzione su quanto sta accadendo.
- Sicurezza *attiva* , intesa come la proprietà del veicolo di rispondere in modo immediato, stabile ed efficace alle azioni che il pilota è chiamato ad intraprendere , per evitare gli ostacoli o le situazioni di pericolo.
- Sicurezza *passiva* , definita come la proprietà del veicolo, in caso di impatto inevitabile, di limitare le lesioni agli occupanti del veicolo, a quelli di altri veicoli coinvolti ed ai pedoni.

E' chiaro che per la sicurezza passiva non si possono richiedere requisiti che rendano immuni da danni gli occupanti, in qualsiasi situazione , ma solo quelle che sono state ritenute statisticamente significative; in questo campo assumono particolare importanza i regolamenti omologativi e la prassi tecnica dei costruttori.

Secondo quanto prescritto dalle normative, un veicolo per essere omologato deve superare alcuni test di *urto frontale* ed *impatto laterale*.

Nella normativa viene riportato esattamente come questi test devono essere svolti, nonché come deve essere preparato il veicolo e quali parametri devono essere rilevati.

Nel nostro caso non verranno eseguite prove di urto in quanto la normativa non lo prevede ; e quindi non approfondiremo gli aspetti legati alle modalità con cui si svolgono tali prove. Questo sicuramente inciderà in modo positivo sui *costi di realizzazione* del veicolo.

La sicurezza passiva resta comunque un aspetto molto importante nella progettazione di un veicolo: perciò in sede di modifica si tenderà a non intervenire sui componenti che maggiormente influiscono sulla sicurezza passiva.

La carrozzeria risulta in particolare coinvolta per la sicurezza preventiva ( visibilità esterna ed interna, illuminazione esterna ), e per la sicurezza passiva ( comportamento strutturale , sistemi di ritenuta passiva e attiva, disposizione degli organi interni , finizioni esterne ed esterne).

L'autotelaio determina i principali requisiti della sicurezza attiva, attraverso sospensioni, freni e pneumatici, e della sicurezza passiva, limitando l'eventuale intrusione nell'abitacolo di organi meccanici in seguito agli urti.

Il motore stesso è coinvolto nella sicurezza passiva per quanto riguarda l'immunità da perdite di carburante ed incendi, in conseguenza agli urti.

## 7 Design

Una volta definiti tutti i vincoli strutturali, legali ed economici legati al progetto, si vuole ora trovare una soluzione stilistica, di restyling, che dia un'impronta più originale al nuovo veicolo. È questa sicuramente la parte più creativa di tutto il progetto.

Prima di analizzare le tappe e le procedure che abbiamo seguito nella scelta dello stile per il veicolo trasformato, cercheremo di dare qualche informazione in più sulla figura del designer/progettista moderno. Come si sono evolute le tecniche del disegno di carrozzeria nel corso della storia, e soprattutto come al giorno d'oggi interagiscono i moderni metodi di design ( cad , modellatori virtuali ecc... ) con le tecniche usate nel passato dove mancava l'appoggio tecnologico e computazionale.

### 7.1 IMPORTANZA DELLO STILE

Nonostante il comfort, la sicurezza, la stabilità e molte altre caratteristiche prettamente funzionali del veicolo dipendono dalle soluzioni tecniche adottate, le quali sono sempre in continua evoluzione, il design della carrozzeria è sicuramente ciò che apporta il contributo maggiore alla personalità, ed al primo impatto estetico che offre il veicolo, tant'è che oggi la ricerca dello stile sembra essere un'esigenza quasi irrinunciabile. E' ricorrente la considerazione che, in un mercato altamente competitivo e globalizzato come quello attuale, un aspetto estetico accattivante costituisce un valore aggiunto in grado di conquistare il cliente. In altri termini, il valore reale dell'oggetto, cioè la sua capacità di soddisfare le esigenze dell'utente mediante la sua funzionalità, viene integrato da fattori che soddisfino ulteriori esigenze, meno razionali, ma non per questo meno rilevanti, anche in oggetti non destinati al largo consumo. L'aspetto degli oggetti dovrebbe certamente derivare in primo luogo dal soddisfacimento delle esigenze funzionali prima accennate, indipendentemente da teorie estetiche o concezioni puramente formali, ma è anche vero che queste affiorano nel momento in cui gli oggetti vengono osservati. E se l'osservazione viene fatta da un potenziale utente, in particolare nella sua veste di potenziale acquirente, l'aspetto acquista una valenza primaria.

Nel campo automobilistico questo aspetto ha assunto un'importanza sempre maggiore. Nei progetti sono ormai sempre presenti simulazioni al computer che riproducono il modello virtuale in un contesto urbano, proprio per valutarne l'impatto nell'ambiente circostante. Si è arrivati oggi ad una ricerca quasi sfrontata da parte delle case automobilistiche di una linea stilistica. Vi è stata una netta presa di coscienza che il consumatore, molto più di un tempo, spende i soldi per un'automobile bella. Nel settore automobilistico è in atto un processo che si potrebbe definire “ democratizzazione dello stile ”, tale per cui ogni casa investe molto in ricerca e sviluppo, non potendo più permettersi il lusso di immettere nel mercato auto ottime, magari tecnologicamente all'avanguardia, ma di scarso appeal. Fino a qualche anno fa l'accento era posto più sulla tecnologia che sullo stile: le evoluzioni tecniche erano fonte di vantaggio competitivo. Oggi, in parte la prospettiva è differente : tutte le case continuano a innovare, a rincorrersi e a superarsi su questo campo ( motori sempre più potenti, sospensioni intelligenti, sensori per il parcheggio ecc... ), ma questo campo non fa più la differenza come un tempo: ormai si dà per scontato che un'auto nuova sia sufficientemente sicura, potente e accessoriata ( abs ,servosterzo, clima ecc... ). I dispositivi di sicurezza e confort bene o male sono infatti ormai di serie su qualsiasi vettura di fascia media ( intendendo per fascia media il posizionamento, non il segmento d'appartenenza ). Inoltre col diffondersi della progettazione a piattaforma molte auto hanno la stessa base di partenza e condividono le stesse parti meccaniche. Anche il rapporto prezzo/equipaggiamento, pur sempre molto importante come fattore di scelta, propone meno differenze all'interno della categoria.



## 7.2 IL DISEGNO DI UNA CARROZZERIA

Nel seguente capitolo analizzeremo ciò che sta alla base nel progetto di una carrozzeria di un'automobile: questo non solo aiuterà a rapportarsi meglio con l'approccio computazionale, ma rappresenta un elemento in più per il progettista.

### Piano di Forma

In passato, ciò che definiva interamente il progetto della carrozzeria di un'automobile era il *piano di forma*. Si tratta del disegno di progetto tra i più importanti per la realizzazione pratica dell'oggetto stesso che si è rappresentato. Il piano di forma consiste nel rappresentare fedelmente ( con tutte le misure ), su *due dimensioni* ( il foglio) quello che poi verrà tradotto esattamente nelle tre dimensioni: cioè l'oggetto reale, la carrozzeria dell'automobile. Generalmente segue i primi bozzetti a matita ( che sono senza dimensioni ), con cui il designer definisce la linea generale, ovvero lo stile della futura auto.

Per la corretta realizzazione di un piano di forma devono essere seguite alcune regole.

- *Scelta della scala di rappresentazione* : Per prima cosa occorre subito scegliere la scala di rappresentazione dell'oggetto, che può essere sia quella reale 1:1, che pur essendo la più difficile da realizzare resta sempre la più precisa, oppure si può optare per altre scale ridotte; come la scala 1:10 che per praticità è spesso usata per studi preliminari, o anche, prevalentemente, le scale 1:5 e 1:4 che sono le più usate anche per la realizzazione di *modelli*, perché uniscono il vantaggio di non essere troppo voluminose ed impegnative, pur rimanendo sempre sufficientemente precise.

- *Tracciatura del reticolo di riferimento quotato* : A questo punto occorre tracciare sul foglio un reticolo di riferimento formato da una serie di linee longitudinali e trasversali, equidistanti tra loro, e munite di quote; per suddividere lo spazio e creare così il maggior numero di punti di riferimento possibile. Tali punti di riferimento saranno di grande aiuto nella realizzazione delle *proiezioni ortogonali della vettura* le quali dovranno essere il più possibile precise, ma soprattutto combaciare perfettamente tra di loro.

Le proiezioni ortogonali della vettura consistono in una serie di disegni, di altrettante viste dell'auto stessa, sempre perfettamente ortogonali rispetto a chi guarda; cioè riprese perfettamente perpendicolari, vale a dire proprio con un angolo formato dall'oggetto di chi lo guarda, sempre esattamente di 90 gradi.

Si tratta principalmente di quattro viste fondamentali :

Il fianco

La pianta

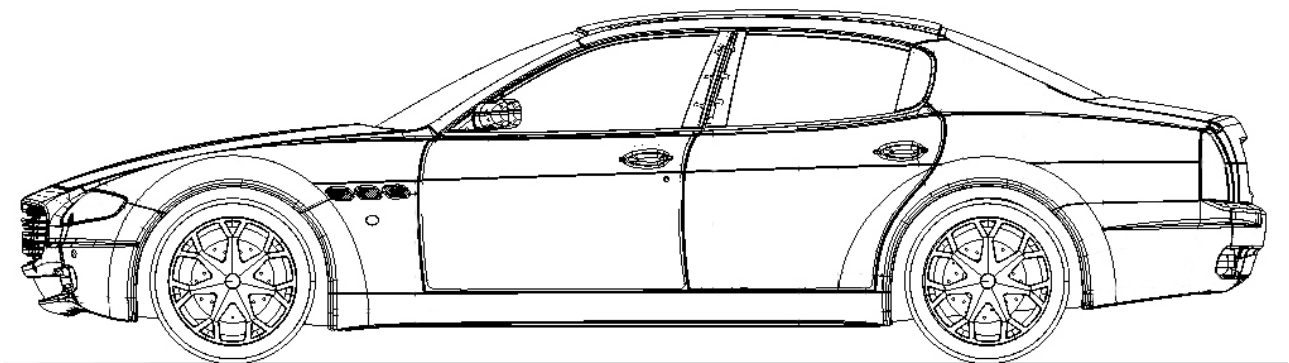
Prospetto anteriore

Prospetto posteriore

### Tracciatura Fianco Sinistro

Il fianco è generalmente la prima vista da realizzare perché è la più semplice ed intuitiva, ma anche la più rappresentativa.

Si tratta della vettura vista lateralmente secondo la sua lunghezza , che risulta così essere la misura principale della vista. Non esiste una regola particolare che indica quale fianco destro o sinistro della vettura scegliere per la rappresentazione. Noi sceglieremo il fianco sinistro, cioè col frontale dell'auto direzionato verso la vostra sinistra del foglio.



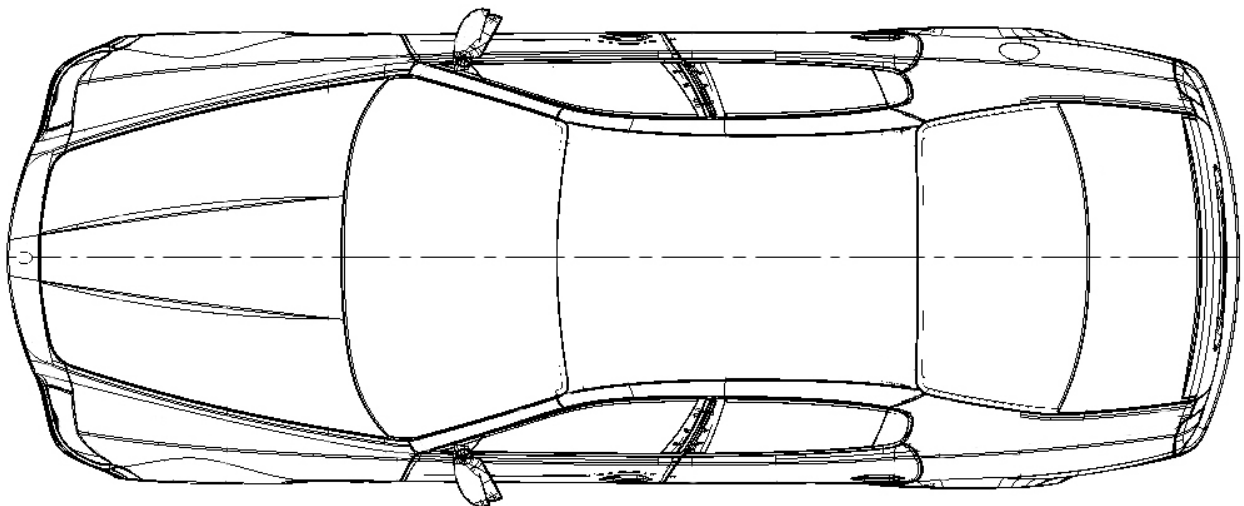
Fianco Sinistro

## Tracciatura della Pianta

La seconda vista da realizzare è la pianta : si tratta praticamente della vettura vista dall'alto, nel senso del suo asse, ovvero l'altezza stessa dell'auto.

La pianta va sempre posizionata in corrispondenza dell'omonimo fianco sinistro, cioè perfettamente perpendicolare e parallela, con le sue quote principali coincidenti, per comodità di rappresentazione e realizzazione, ma soprattutto anche per riferimento di controllo delle quote, e delle forme, che devono sempre combaciare perfettamente.

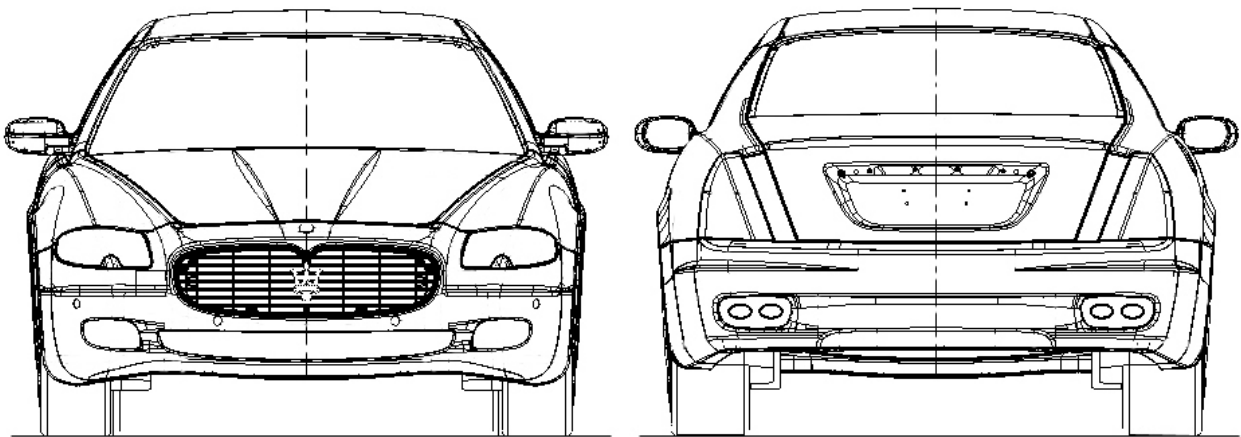
Si usa indifferentemente a seconda della superficie a disposizione sul foglio la rappresentazione della pianta completa divisa in due parti uguali dalla linea di mezzeria ( che va sempre rappresentata ) oppure solo della metà di sinistra della vettura essendo l'altra parte generalmente perfettamente speculare e perciò riproducibile semplicemente ribaltando il disegno.



Pianta

## Tracciatura dei Prospetti Anteriore e Posteriore

A questo punto si può passare alla rappresentazione dei due prospetti anteriore e posteriore, cioè delle due viste anteriore e posteriore, naturalmente sempre perfettamente a 90° rispetto a chi guarda. Questi andranno a loro volta posizionati con le quote principali perfettamente coincidenti al fianco sinistro. Per comodità si usa mettere il prospetto anteriore a sinistra del fianco proprio in corrispondenza della stessa parte anteriore dell'auto mentre viceversa, il prospetto posteriore andrà rispettivamente a destra del fianco, sempre in corrispondenza della parte posteriore dell'auto; questo sempre per motivi di controllo e praticità.



Prospetti Anteriore e Posteriore

A questo punto è chiaro che queste 4 viste dovranno, come già ricordato, risultare sempre perfettamente coincidenti, e perciò ogni eventuale modifica di quote su una delle viste, andrà poi sempre riportata sulle altre viste interessate.

Uguualmente, ogni quota della vista considerata definitiva, dovrà perciò coincidere con le corrispondenti quote delle altre viste interessate, che dovranno così necessariamente essere costruite ( o ricostruite ) esattamente sulla base di quelle precise informazioni e quote.

Risulta anche altrettanto chiaro che queste quattro viste, perfettamente ortogonali, insieme possono definire l'oggetto su tre dimensioni, con rappresentazione su due dimensioni.

Per definire completamente la forma della vettura nelle tre dimensioni tuttavia, il semplice disegno della carrozzeria non è sufficiente. Si possono infatti avere ampie zone in cui la forma non è esattamente definita. Si ricorre allora alle sezioni delle quattro viste appena descritte.

Le sezioni si dividono in :

Sezioni Trasversali

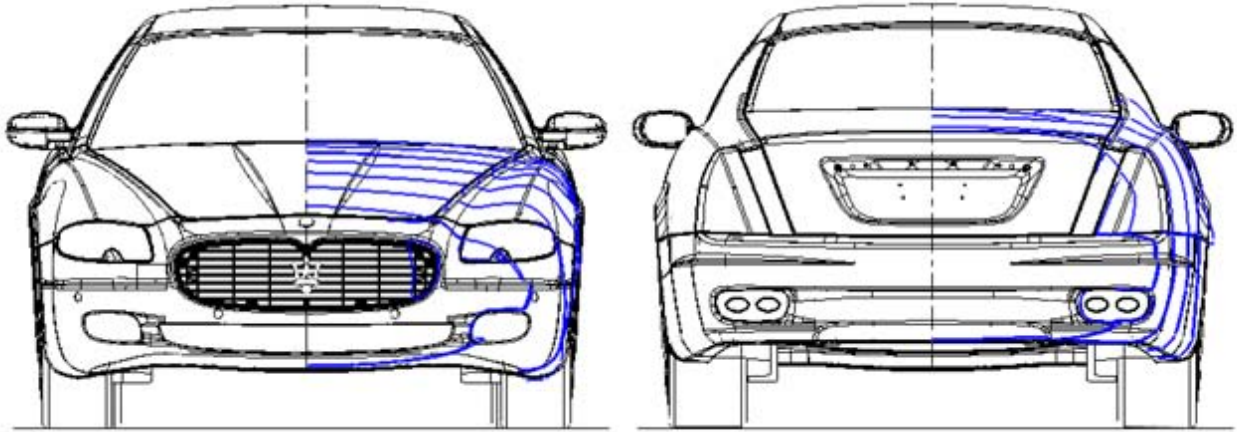
Sezioni Longitudinali

Sezioni Assiali

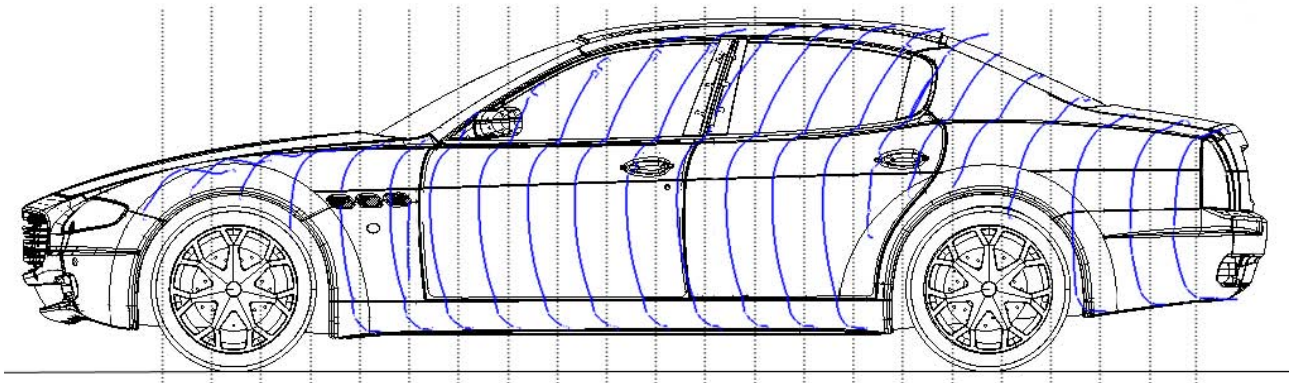
### Realizzazione delle Sezioni Trasversali

In genere nella rappresentazione di un piano di forma della carrozzeria di un'automobile, le sezioni più importanti, sono sempre quelle trasversali, che vengono così tracciate in due modi : si tratta della vettura sezionata trasversalmente, cioè in vari punti della sua lunghezza; quello che interessa sono le linee o contorni dell'auto sezionata, che danno così lo sviluppo della forma della carrozzeria nello spazio ( le “ famose “ tre dimensioni reali ) mettendo in evidenza le eventuali variazioni del profilo nel suo sviluppo.

Generalmente queste sezioni vengono rappresentate sul disegno in questo modo : sui due prospetti anteriore e posteriore vengono tracciate in loco, cioè direttamente sulla vista interessata, ed in corrispondenza della quota fissata data dal reticolo di riferimento, mentre quelle sul fianco sinistro vengono sempre realizzate in corrispondenza della quota fissata, ma ribaltate a 90 gradi, per poter essere agevolmente rilevate ( la rispettiva rappresentazione in loco, darebbe in questo caso sempre ed invariabilmente luogo ad una linea retta più o meno estesa, di nessuna utilità ); questa convenzione è molto sfruttata soprattutto per poter così rappresentare meglio la parte centrale dell'auto, generalmente quasi impossibile da realizzare sui due prospetti.



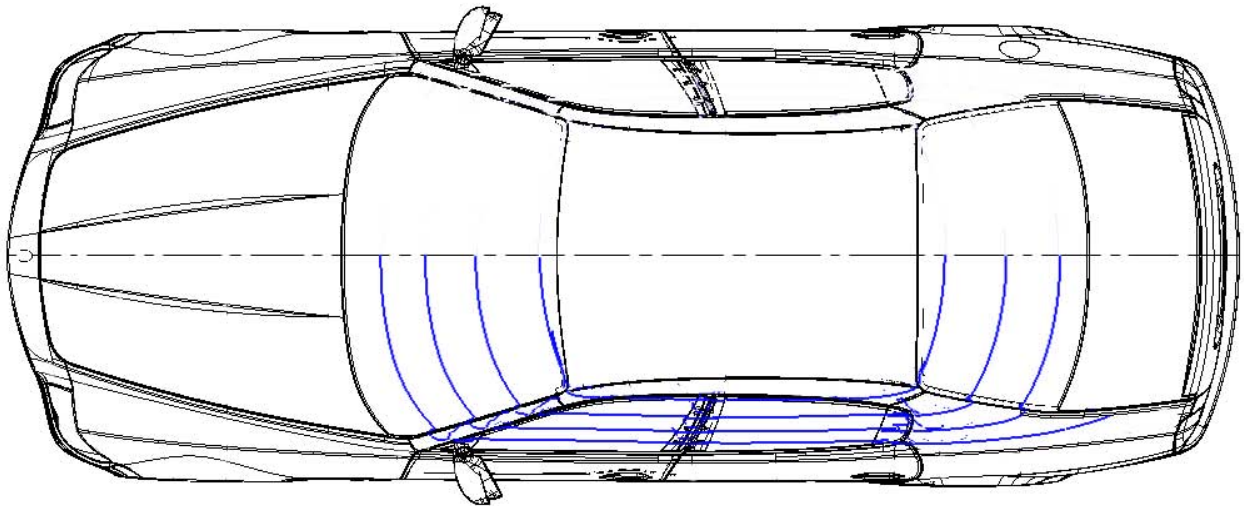
Sezioni Trasversali in Loco



Sezioni Trasversali ribaltate a 90°

## Realizzazione delle Sezioni Assiali

Le sezioni assiali possono talvolta servire per definire meglio l'andamento di un cristallo o del padiglione dell'auto; si tratta di sezioni nel senso dell'asse, in questo caso l'altezza dell'auto, e vengono rappresentate soprattutto in pianta.



Sezioni Assiali

## Realizzazione delle Sezioni Longitudinali

Le sezioni longitudinali, sono le meno importanti, e non vengono quasi mai usate perché le informazioni che contengono si possono semplicemente “ estrapolare ” con le trasversali. Si tratta di sezioni nel senso della longitudine o lunghezza dell'autoveicolo.

Naturalmente è chiaro che la frequenza delle sezioni ( cioè la loro distanza), viene di volta in volta stabilita a seconda della complessità ( o meno ) della forma tridimensionale ( la carrozzeria ) da rappresentare: tanto più complessa e ricca di variazioni sarà la forma studiata, tante più sezioni occorreranno per non perdere dettagli fondamentali. Certamente, anche per forme tridimensionali molto complesse e “ variate ” non si potrà mai eccedere nel numero delle sezioni sul foglio pena l'inevitabile perdita di comprensibilità e leggibilità dello studio stesso.

## Layout Meccanico

Un importante fattore da tenere presente quando si disegna una carrozzeria è l'ingombro degli organi meccanici, tra cui il più importante è il motore, per via delle sue dimensioni. Altre misure importanti sono gli ingombri delle sospensioni, la larghezza degli pneumatici, l'ingombro del serbatoio del carburante, ed in generale tutti i radiatori, che determineranno poi la posizione, l'ampiezza ed in alcuni casi anche la forma delle prese d'aria, che dovranno poi essere presenti anche per l'aerazione dell'abitacolo, oppure per le uscite, o sfoghi di raffreddamento.

## Impostazione Moderna

Come abbiamo visto, il piano di forma ci fornisce tutte le informazioni necessarie per la costruzione dell'oggetto 3D. Un approccio di questo tipo, presenta tuttavia dei limiti legati ai lunghi tempi di realizzazione e comunque ad una difficoltà di lettura del disegno stesso sempre molto maggiore rispetto ad un modello tridimensionale realizzato con un moderno software cad.

Modifiche e correzioni al progetto di partenza, per esempio, le quali devono essere ovviamente riportate su ogni vista, implicano un'operazione laboriosa, che si traduce in lunghi tempi di lavoro.

Con le moderne tecnologie, computer, CAD, CAM, è oggi possibile tradurre le idee dei bozzetti degli stilisti in un modello tridimensionale. Se necessario si possono ricavare con apposite funzioni, gli stessi piani di forma del modello. Inoltre modifiche, correzioni, possono essere effettuate direttamente sul modello 3d comprimendo notevolmente i tempi che tali procedure avrebbero richiesto se compiute manualmente. Talvolta la realizzazione dei piani di forma viene addirittura saltata, passando direttamente dalla traduzione delle idee iniziali direttamente al disegno CAD.

Questi metodi inoltre consentono ancora meglio di organizzare progetti che valutano contemporaneamente più di una soluzione, giungendo poi alla delineazione del *concept* finale attraverso un percorso di iterazione tra designers, ingegneri e marketing. Ciò che si vuole sottolineare però, è che tali strumenti, devono rappresentare solo lo strumento di supporto alle idee ed alla creatività. In altre parole, in questo contesto cercheremo di raggiungere il nostro scopo cercando di implementare i moderni strumenti di design e progettazione con i metodi grafici convenzionali, cercando di sfruttare i *vantaggi di entrambi gli approcci* : l'obiettivo è di fare in modo che il computer diventi lo strumento con cui il designer possa concretizzare le proprie idee, evitando che si trasformi in un fattore limitante, che induca cioè il designer ad accontentarsi degli strumenti fornitigli dal software.



### 7.3 DEFINIZIONE DELLO STILE

Ora ci proponiamo di realizzare un veicolo dal design originale.

Un' *analisi del mercato ( bench-marking )* per venire a conoscenza di quali prodotti simili ci sono in commercio è sicuramente utile al progettista per capire in quale direzione lavorare. Nel nostro caso tuttavia non è stata trovata nessuna Maserati Quattroporte modificata nel progetto e nel design che ci potesse fornire idee utili. Avere avuto informazioni aggiuntive su altri progetti simili sarebbe stato utile per valutare soluzioni stilistiche sicuramente valide, definire le dimensioni ottimali per il veicolo, i costi, capire meglio cosa cerca il cliente e quindi farsi un'idea di quali elementi è meglio mantenere e quali, con l'intervento del designer, potrebbero contribuire a rendere più valido il proprio prodotto. Non avendo trovato strade utili da seguire per definire il nuovo veicolo, è stato necessario trovare una soluzione stilistica partendo da zero.

Tenendo conto di tutto ciò che è stato definito riguardo a costi, norme di omologazione, stile dell'auto originale, è stato deciso di considerare due livelli di modifica :

- Modifica dei paraurti, mantenendo inalterati i punti di congiunzione con il resto della carrozzeria
- Ulteriore modifica dei dispositivi di illuminazione, con conseguente modifica dei parafanghi anteriori per quanto riguarda i gruppi ottici anteriori, e del baule per quanto riguarda i gruppi ottici posteriori.

Mentre la prima soluzione risulta particolarmente economica in quanto necessita di una semplice modifica della forma dei paraurti, la seconda richiede uno studio più accurato, che complica il progetto rendendolo più costoso, ma anche più originale. Per non complicare troppo la progettazione dei gruppi ottici, con conseguente aumento dei costi, si è deciso di utilizzare luci aftermarket già omologate posizionate opportunamente.

Come già detto in precedenza, modificare altre parti della carrozzeria ( soprattutto i componenti centrali come le portiere e i montanti ) sarebbe risultato troppo costoso e avrebbe richiesto una riprogettazione di altre parti del veicolo, tra cui per esempio il telaio. Si potrà eventualmente personalizzare lo stile di questi componenti tramite l'incollaggio di fascioni in vetroresina o piastre in acciaio, senza intervenire sulla parte strutturale.

Per altre parti della carrozzeria ( come il cofano , i parafranghi anteriori, i brancardi e il baule ) è stato deciso di non apportare modifiche sostanziali nella forma; soprattutto i bordi di congiunzione con altre parti della carrozzeria sono rimasti invariati ( pena una riprogettazione dei sistemi di chiusura e tenuta ). Questo logicamente per limitare i costi.

Una riprogettazione del cofano e dei parafranghi anteriori sarebbe stata tuttavia da effettuare : la Maserati Quattroporte infatti è stata immessa sul mercato nel 2002 quando ancora non esisteva la normativa sull'urto pedone. In pratica, per superare la prova sull'urto pedone, il cofano e i parafranghi anteriori devono poter assorbire una determinata quantità di energia di deformazione in caso di urto con un pedone : nel caso della Maserati la struttura cofano – parafranghi - organi sottostanti risulta essere troppo rigida e in caso di incidente con un pedone, quest'ultimo rischierebbe di subire danni considerevoli. Poiché la riprogettazione di questi componenti della carrozzeria richiederebbe studi molto accurati, oltre che prove pratiche non effettuabili in questa sede, è stato deciso di tralasciare questo punto.

A questo punto, abbiamo tutto il materiale necessario per realizzare il modello matematico della limousine coi paraurti ridisegnati.

Procederemo secondo questo schema:

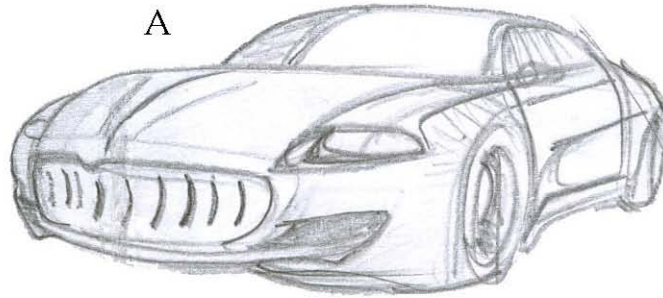
- Definizione della linea generale attraverso bozzetti preliminari
- Realizzazione dei piani di forma del nuovo veicolo
- Creazione delle matematiche con l'utilizzo di ThinkDesign sfruttando i piani di forma prima realizzati.

I nuovi dispositivi di illuminazione verranno invece inseriti nel nuovo modello, creando una apposita maschera che segue la forma della carrozzeria.

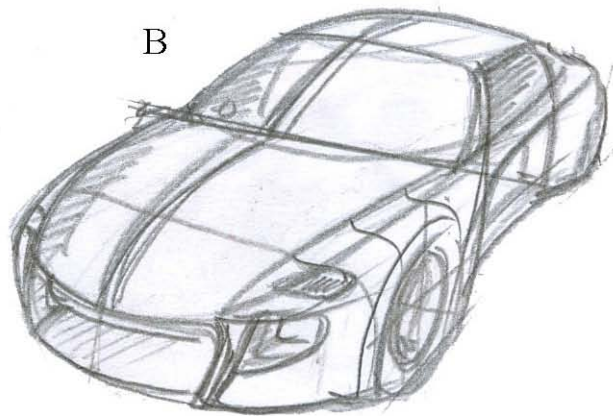
#### 7.4 BOZZETTI PRELIMINARI

Le seguenti figure mostrano disegni realizzati a mano libera il cui scopo è stato quello di definire la linea del nuovo veicolo. Questi bozzetti, secondo ciò che già è stato specificato nei capitoli precedenti sono privi di quote o proporzioni esatte, ma sono stati realizzati sulla base di tutto l'iter descritto in questa tesi.

A



B



C



Tra le varie proposte espresse coi bozzetti è stato scelto il bozzetto A



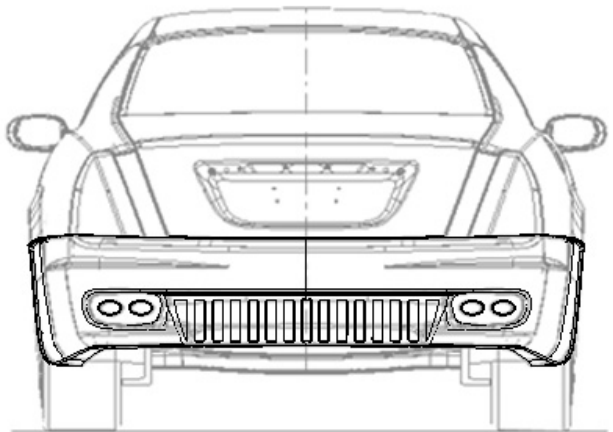
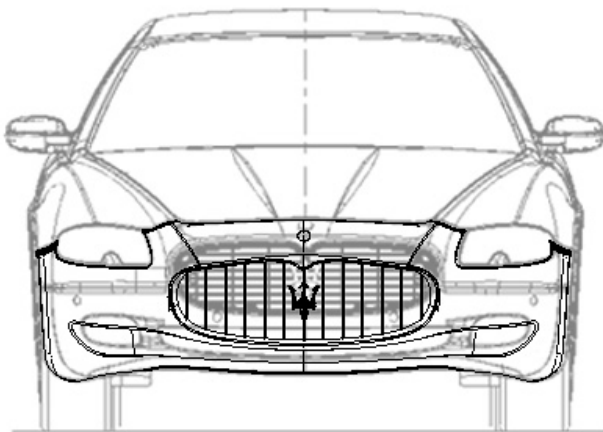
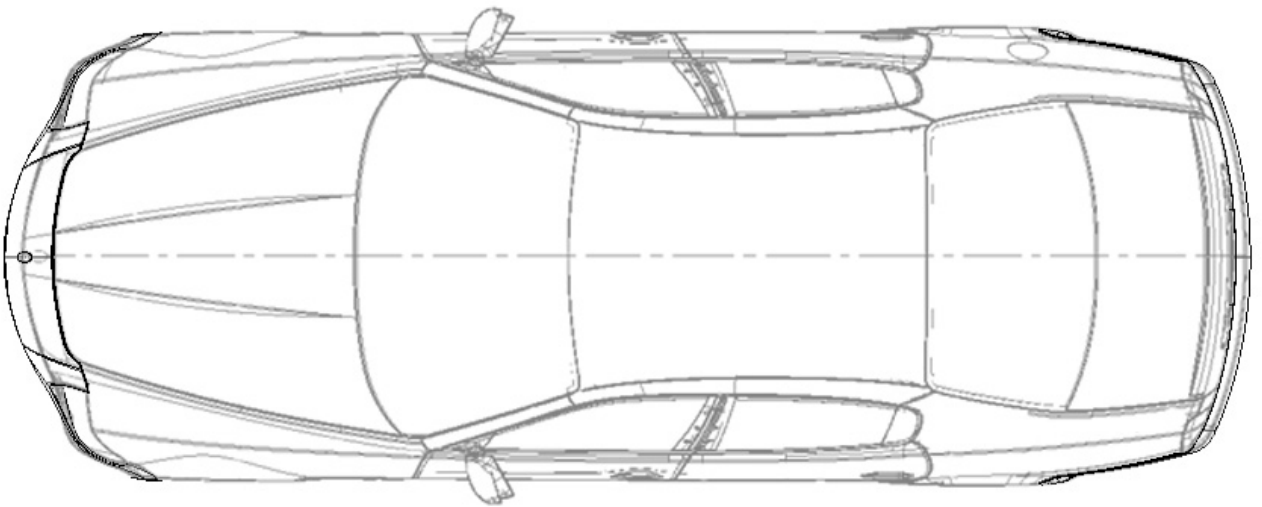
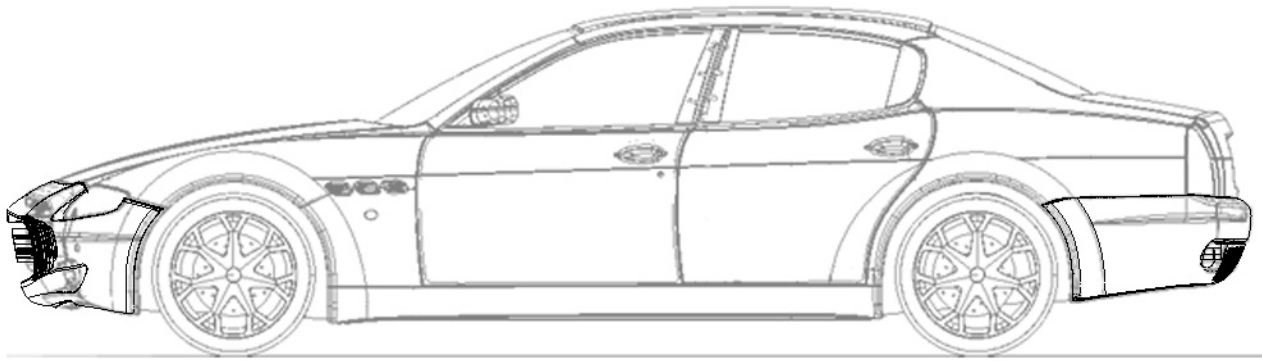
## 7.5 REALIZZAZIONE DEI PIANI DI FORMA

Si può ora procedere alla stesura dei *piani di forma* del nuovo veicolo.

Cercheremo come detto di sfruttare i vantaggi sia dell'approccio grafico che di quello computazionale. Infatti, per il nuovo veicolo, non sono stati realizzati dei piani di forma completi. Sfruttando quelli realizzati dal modello matematico del veicolo originale sono state realizzate le viste del nuovo veicolo senza però ricavare le relative sezioni. I disegni così ottenuti, che però rispettano tutte le proporzioni desiderate verranno importati sul computer : in questo modo sulla base delle viste, disegnate dal progettista, e il modello matematico del mezzo scansionato, viene ricostruito il modello 3d della nuova vettura. La lunga procedura di realizzazione delle sezioni sui disegni è stata saltata, con un notevole guadagno di tempo, ma allo stesso tempo il modello rappresenta esattamente ciò che il progettista ha stabilito. In più, il modello 3d fornisce una visualizzazione molto più realistica e completa del veicolo, fornendo tutte le informazioni necessarie sull'andamento delle superfici ( uno dei problemi maggiori del metodo grafico ). Eventuali correzioni, o cambiamenti possono poi essere effettuati velocemente direttamente sul modello cad, evitando un lungo lavoro di modifica delle viste disegnate.

Per quanto riguarda l'anteriore è stato deciso di dare un'impronta più moderna alla vettura. A fronte di un piccolo aumento dello sbalzo anteriore è stato infatti possibile arrotondare il muso, rendendolo più aggressivo. E' stata inoltre ingrandita la presa d'aria centrale.

Per quanto riguarda il posteriore invece, è stato deciso di arrotondarne la forma : questo sempre per rendere la vettura più moderna. E' stata infine aggiunta una griglia nella parte bassa del paraurti che può anche essere verniciata di un colore differente a quello della carrozzeria.



Queste figure rappresentano i piani di forma del nuovo veicolo. I disegni sono stati ottenuti sfruttando direttamente i piani di forma del modello base: queste fungono da *lay-out* meccanico per lo sviluppo della nuova carrozzeria.

Nota : Poiché nel bozzetto non sono rispettate proporzioni o dimensioni esatte, può capitare, che alcuni particolari presenti sullo schizzo, qualora si discostino dalle proporzioni reali o non rispettino i limiti imposti dalle norme, debbano essere lievemente modificati durante la realizzazione dei piani di forma influenzando negativamente sull'idea di partenza.

## 7.6 CREAZIONE DELLE MATEMATICHE

Importando i disegni 2d nel software cad, e utilizzandoli come profili guida sulle tre viste, si può facilmente ricavare la rispettiva forma tridimensionale, che andrà poi migliorata manualmente utilizzando i comandi di ThinkDesign.

Le seguenti figure mostrano il risultato finale.



Successivamente è stato pensato di dare una maggiore sportività al modello ingrandendo le aperture anteriori sotto i fanali.



Questa modifica è stata effettuata direttamente tramite l'uso del cad, a dimostrazione appunto come correzioni che vengono decise successivamente, in base all'analisi del modello 3d possono essere apportate in modo rapido e preciso, e confrontate con quelle precedenti per arrivare alla soluzione definitiva.



## 7.7 MODIFICA DEI DISPOSITIVI DI ILLUMINAZIONE

Dopo aver effettuato un restyling della vettura, tramite la modifica dei paraurti, è stato deciso di dare un tocco di originalità alla vettura modificando completamente i gruppi ottici, sia anteriori che posteriori.

### Luci Anteriori

L'anabbagliante, l'abbagliante e l'indicatore di direzione sono stati reciprocamente incorporati in un unico gruppo ottico unico, mentre le luci di posizione e i fendinebbia sono stati posizionati separatamente nella carrozzeria. Il gruppo ottico è stato disegnato in modo da avere una forma allungata



Dall' alto fanale anabbagliante , abbagliante e indicatore di direzione, incorporati poi in un unico gruppo ottico



Luce di posizione anteriore a LED



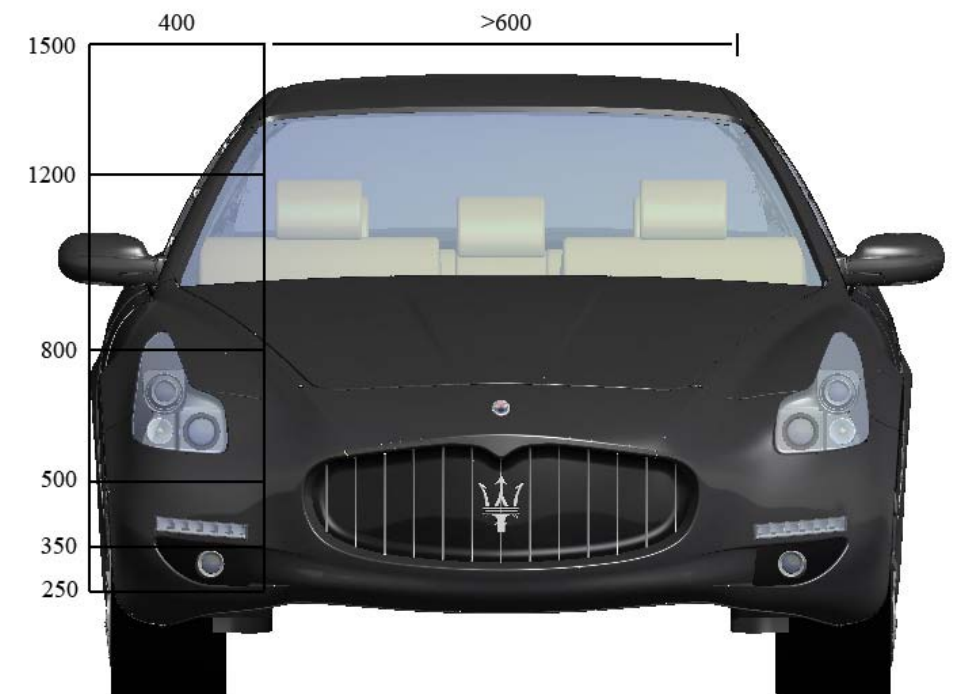
Fendinebbia Anteriore

La seguente figura mostra le luci anteriori integrate opportunamente nella carrozzeria della limousine.



Tutti i dispositivi sono stati posizionati secondo normativa.

Dapprima si è verificato il corretto posizionamento di ogni dispositivo in senso trasversale, in modo da rispettare le disposizioni riguardanti la posizione in altezza e in larghezza.



Limiti di posizionamento dei dispositivi di illuminazione anteriori

Poi è stata verificata la loro posizione in senso longitudinale, in modo che fossero rispettate le disposizioni riguardanti gli angoli di visibilità.



Angoli di visibilità dei proiettori abbaglianti

Per gli anabbaglianti, gli indicatori di direzione e i fendinebbia anteriori sono stati disegnati i rispettivi angoli solidi, verificando poi che la superficie illuminante del fanale fosse visibile nelle quattro direzioni parallele alle facce di ogni angolo solido.



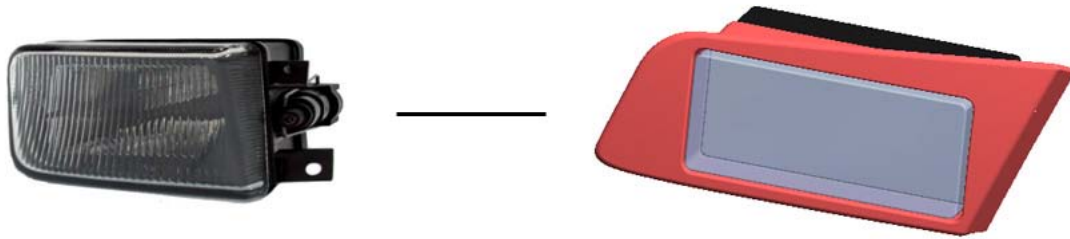
Angoli solidi rispettivamente degli anabbaglianti, degli indicatori di direzione e dei fendinebbia anteriori

## Luci Posteriori

La luce di arresto, di posizione, l'indicatore di direzione, la luce di arresto e il catadiottero sono stati incorporati in un unico gruppo ottico, diviso poi in due per via del baule. La luce per nebbia invece è stata inserita nella mascherina posteriore.



Dall'alto luce di arresto + luce di posizione a LED, indicatore di direzione e catadiottero, incorporati poi in un unico gruppo ottico



Luce di retromarcia, incorporata poi in un apposita mascherina, facente parte del gruppo ottico



Fendinebbia posteriore

La seguente figura mostra le luci posteriori integrate opportunamente nella carrozzeria della limousine. A differenza di quello originale, il gruppo ottico posteriore è stato sviluppato in larghezza, andando a coprire una parte del baule.



Tutti i dispositivi sono stati posizionati secondo normativa.

Si è verificato il corretto posizionamento di ogni dispositivo in senso trasversale, in modo da rispettare le disposizioni riguardanti la posizione in altezza e in larghezza.



Limiti di posizionamento dei dispositivi di illuminazione posteriori

Per quanto riguarda gli angoli di visibilità non è stato necessario effettuare alcuna verifica, in quanto la forma abbastanza appiattita del posteriore non genera evidenti ostacoli alla corretta propagazione della luce di ogni dispositivo.