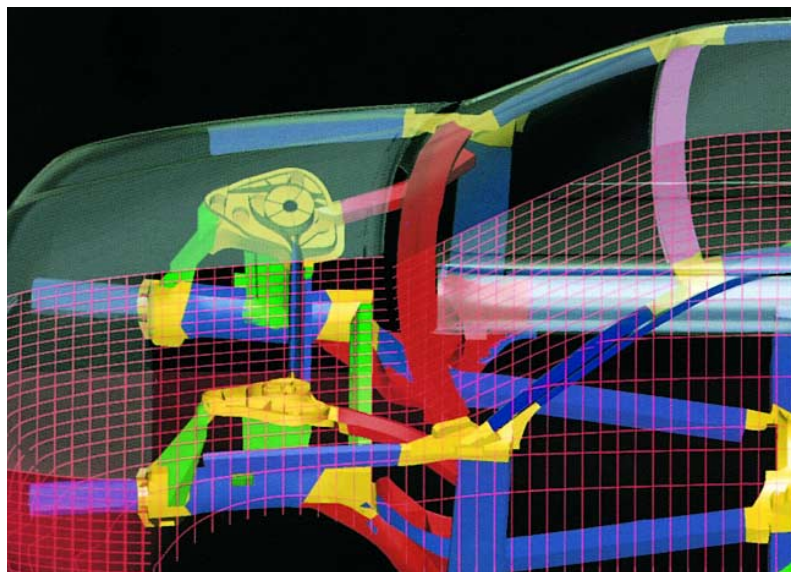




# 4 NOTIONS ÉLÉMENTAIRES DE CARROSSERIE



La reproduction totale ou partielle de ce cahier est interdite, ainsi que son enregistrement dans un système informatique ou sa transmission, sous toute forme ou à travers n'importe quel moyen, que ce soit électronique, mécanique, par photocopie, par enregistrement ou par d'autres méthodes, sans l'autorisation préalable et par écrit des titulaires du *copyright*.

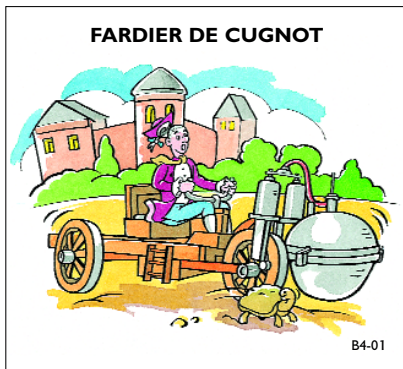
TITRE : Notions Élémentaires de Carrosserie (C.D. n° 4) - AUTEUR : Organisation de Service - SEAT, S.A. Zona Franca, Calle 2.  
Reg. du comm. Barcelone. Tome 23662, Folio 1, Page 56855

1re édition - DATE DE PUBLICATION : Juil. 97 - DEPOT LEGAL : B-10423/98  
Préimpression et impression : TECFOTO, S.L. - Ciutat de Granada, 55 - 08005 Barcelone - Design et Mise en page : WIN&KEN

| I                                                      | N | D | E | X     |
|--------------------------------------------------------|---|---|---|-------|
| LA CARROSSERIE D'UNE AUTOMOBILE                        |   |   |   | 4-5   |
| TYPES DE CARROSSERIE: ENSEMBLES CARROSSERIE ET CHÂSSIS |   |   |   | 6-7   |
| TYPES DE CARROSSERIE: LA CARROSSERIE AUTOPORTANTE      |   |   |   | 8-9   |
| LES MATÉRIAUX ET LEURS PROPRIÉTÉS                      |   |   |   | 10-12 |
| LES DÉFORMATIONS ÉLASTIQUE ET PLASTIQUE                |   |   |   | 13    |
| L'ACIER                                                |   |   |   | 14-15 |
| LES ACIERS À HAUTE LIMITE ÉLASTIQUE                    |   |   |   | 16-17 |
| LE PROCESSUS DE FABRICATION, DESIGN ET ESTAMPAGE       |   |   |   | 18-19 |
| LE PROCESSUS DE FABRICATION: L'ASSEMBLAGE              |   |   |   | 20-21 |
| LES PIÈCES D'UNE CARROSSERIE                           |   |   |   | 22-25 |
| GÉOMÉTRIE ET SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE                     |   |   |   | 26-27 |
| LES COTES D'UNE CARROSSERIE                            |   |   |   | 28-29 |
| LA SÉCURITÉ ACTIVE ET LE MOUVEMENT                     |   |   |   | 30-31 |
| LA SÉCURITÉ PASSIVE ET LA DÉFORMATION                  |   |   |   | 32-33 |
| LA RÉPARATION DE LA CARROSSERIE                        |   |   |   | 34-37 |
| AUTO-ÉVALUATION                                        |   |   |   | 38-41 |

*“Les carrosseries des véhicules modernes sont les armatures  
qui soutiennent tous les organes mécaniques,  
la charge et les passagers, en apportant sécurité et confort à leurs occupants,  
tout en respectant la beauté des lignes”.*

## LA CARROSSERIE D'UNE AUTOMOBILE



### Un peu d'histoire: les chariots à moteur

Au début, les automobiles étaient très différentes de ce qu'elles sont maintenant. On peut dire que leur seul point commun avec les voitures actuelles était d'avoir un système de traction à moteur et de servir à transporter des passagers ainsi que leurs bagages.

S'il fallait dater la naissance de l'automobile, il faudrait remonter jusqu'en 1769, quand Nicolas Cugnot fit des essais en installant un moteur à vapeur sur un fardier. À cette époque, et pendant de nombreuses années, le concept d'automobile n'avança guère et presque tous les changements concernèrent des aspects mécaniques du système de traction et le chariot lui-même, qui n'avait pas suffisamment de maniabilité ni de résistance pour supporter les efforts dérivant de la marche et de son propre poids.

Les premiers changements importants survinrent au cours de la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, quand ces “fabricants” se rendirent compte que les modifications ne devaient pas se centrer uniquement et exclusivement sur des changements mécaniques sinon concerner également des changements esthétiques et autres modifications destinées à offrir du confort aux passagers.

### Les premières automobiles

En réalité, les premières automobiles ont été des adaptations de voitures à chevaux avec plate-forme renforcée. Les premières carrosseries étaient donc des structures dont le seul but était de protéger les passagers contre les intempéries.

Le concept de carrosserie fut établi à ce moment-là et il s'est maintenu jusqu'à présent. On pourrait définir la carrosserie comme l'élément ou les éléments qui représentent le profil de la structure d'un véhicule, servant d'habitable aux passagers et qui dispose d'une zone de charge et d'un espace de logement pour les composants et les organes mécaniques de l'automobile.

Les premiers progrès concernèrent la structure portante, la plate-forme ou châssis sur laquelle étaient fixés non seulement le moteur mais aussi tout le reste des pièces qui formaient l'habitable des passagers ou carrosserie. Un grand bond en avant se produisit avec l'introduction de l'acier comme matériau qui allait remplacer le bois, en apportant plus de rigidité et de résistance.

Au début du XX<sup>e</sup> siècle, les automobiles étaient déjà “modernes” et leur définition était:

- Un châssis formé de deux longerons en acier, combiné avec d'autres pièces en bois.
- Un moteur à combustion interne en

perpétuelle évolution depuis que l'Allemand Karl Benz l'avait construit.

- Une carrosserie en bois et tôle d'acier, aux formes assez anguleuses et peu aérodynamiques.

C'est au cours de la troisième décennie du siècle présent que l'emploi de l'acier comme matériau pour la fabrication de châssis et de carrosseries s'est universalisé. Les progrès se succédèrent rapidement et c'est au cours de ces mêmes années que la première carrosserie autoportante fit son apparition. Pendant plusieurs décennies, les carrosseries ont été fabriquées selon les mêmes critères de fonctionnalité et de résistance, joints à d'autres de type esthétique.

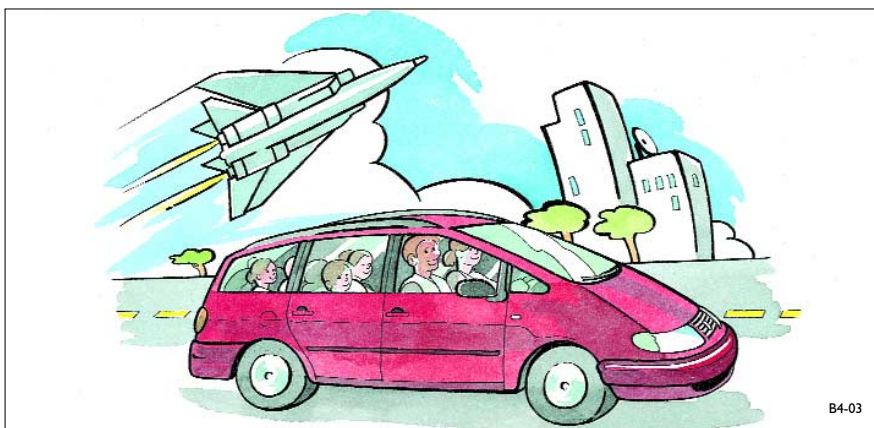
C'est en 1973, avec la première crise du pétrole, que surgit la nécessité de fabriquer des véhicules qui consommeraient moins d'essence et l'aérodynamique comme le poids furent alors introduits en tant que facteurs fondamentaux dans la

conception de l'automobile. C'est aussi à cette époque que les véhicules de petite taille ou utilitaires ainsi que les véhicules compacts se sont popularisés.

Depuis les années 80 jusqu'à présent, en plus des facteurs indiqués antérieurement, on a introduit le critère de sécurité passive comme critère fondamental de design.

Le concept de carrosserie, qui existe actuellement, n'est rien d'autre qu'un perfectionnement apporté aux carrosseries des années 30 et 40, à partir du développement des technologies de fabrication, de l'apparition de matériaux plus légers et plus résistants et des progrès réalisés dans le design industriel.

Les améliorations introduites au cours de cette décennie se sont faites en vue d'obtenir un comportement mécanique (rigidité et résistance) de la carrosserie permettant d'offrir un niveau maximum de sécurité durant la marche.



B4-03

*“Dans certains véhicules, il existe une structure portante et résistante appelée châssis et une carrosserie ou caisse, qui sert d’habitable pour le transport de personnes et d’objets”.*

## TYPES DE CARROSSERIE: ENSEMBLES CARROSSERIE ET CHÂSSIS

### EN PROFONDEUR

#### **Les carrosseries décapotables**

Les véhicules décapotables ou “cabriolets” ont des carrosseries de caractéristiques spéciales qui les différencient considérablement de celles qui ont un toit. L’absence de toit et de pièces associées (piliers, cintres, montants...) fait que les efforts doivent être supportés par un nombre inférieur de pièces, raison pour laquelle celles-ci devront être plus résistantes. Comme beaucoup d’entre elles ne peuvent pas être modifiées parce que ce sont les mêmes que celles qui sont utilisées dans les carrosseries fermées, il faut les renforcer avec d’autres pièces supplémentaires. Ce qui fait que les carrosseries de bien des véhicules décapotables sont plus lourdes que celles dont elles dérivent.

On peut donc en déduire que c’est une aberration technique de couper le toit d’un véhicule et de le transformer en une voiture de promenade amusante, si l’on ne renforce pas le reste de la carrosserie.

La carrosserie est une des parties les plus importantes de l’automobile.

Dans un véhicule de type moyen, elle peut représenter environ 30 % du poids total. Mais cela n’a pas toujours été le cas: dans les premières décennies de ce siècle, elle représentait 70 %.

La cause en est surtout dans les différentes formes de carrosserie existantes, dont nous analysons les plus importantes.

### **Carrosserie et châssis séparés**

Il s’agit du système le plus ancien et il n’est plus utilisé dans des voitures de tourisme (sauf pour certains véhicules de plaisance), réservé maintenant aux camions et aux véhicules industriels pour le transport de charges, ainsi qu’aux véhicules tout-terrain.

Il consiste essentiellement en un bâti formé de deux poutres ou longerons longitudinaux reliés par des traverses vissées ou soudées, ce qui donne rigidité et résistance au véhicule. La carrosserie se visse sur celui-ci, de même que la groupe motopropulseur, la direction, la suspension, etc.

L’ensemble formé par le bâti et les organes mécaniques est appelé châssis. Un véhicule ayant ces caractéristiques se compose donc d’un châssis et d’une carrosserie.

Grâce à ce système, on obtient:

- Grande solidité et résistance pour transporter des charges importantes.
- Haute rigidité.

Toutefois, ce système offre quelques inconvénients pour les véhicules automobiles:

- Poids élevé.
- Centre de gravité haut situé.
- Coefficient aérodynamique moins bon.
- Moins de contrôle sur les zones de déformation.
- Coût de fabrication plus élevé.

### **Carrosserie et châssis plate-forme**

D’une conception semblable à celle que l’on vient d’expliquer, le châssis se compose d’un ensemble de tôles pliées qui forment le plancher et toute la plate-forme structurale du véhicule, si bien que l’on perd les longerons comme pièces indépendantes fabriquées avec des profils déterminés.

Comme dans le cas précédent, la carrosserie est vissée sur cette plate-forme.

Ce système est surtout utilisé pour des véhicules légers de transport de marchandises et pour certains véhicules tout-terrain, mais pas pour les voitures de tourisme (sauf cas spéciaux).

Seules quelques voitures de sport présentent actuellement cette configuration.

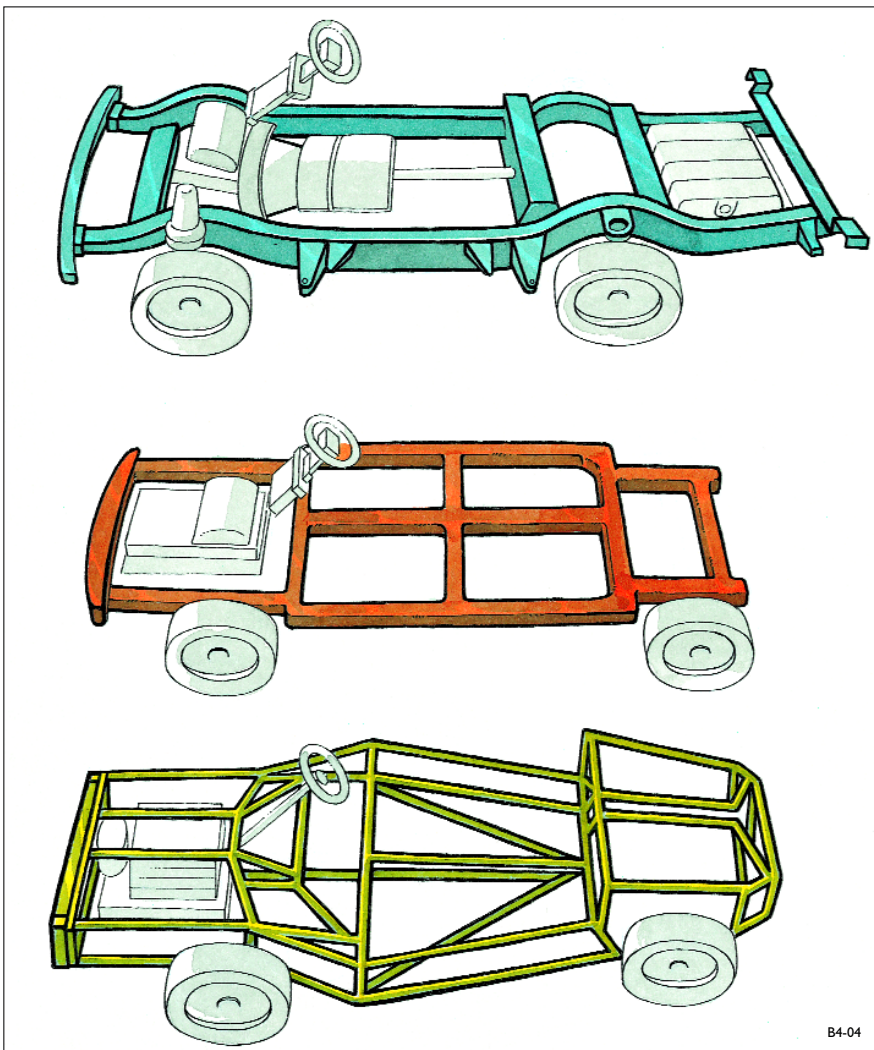
## Châssis tubulaires

Ce furent les premiers essais sérieux pour remplacer les lourds châssis antérieurs par des structures sveltes, type jalousie, sur lesquelles on puisse visser les tôles extérieures de la carrosserie. L'entrecroisement des tubes composait une structure très rigide et légère, permettant d'alléger

d'autres pièces ainsi libérées de leur responsabilité structurale.

Ce type de carrosseries s'emploie pour des véhicules de compétition, dans lesquels la carrosserie extérieure a une fonction purement esthétique et aérodynamique, et qu'il faut pouvoir disposer d'une très bonne accessibilité mécanique.

*Il existe différents types de véhicules dans lesquels une structure résistante (châssis, plate-forme ou armature tubulaire) sert de support aux organes mécaniques et à la carrosserie.*



B4-04

*“Dans la carrosserie autoportante, un nombre élevé de pièces considérées comme structurales apportent rigidité et résistance à tout l’ensemble, avec une économie de poids considérable et un accroissement de la sécurité pour les occupants”.*

## TYPES DE CARROSSERIE: LA CARROSSERIE AUTOPORTANTE

### EN PROFONDEUR

#### Le design

La façon dont une pièce est conçue est très importante pour la quantité de matériau utilisée ensuite dans sa fabrication et donc pour le coût et le poids.

Si une poutre métallique était simplement conçue d’une section triangulaire massive, elle produirait une déformation déterminée sous une charge de flexion. Cependant, si on lui donne la forme adaptée à la section et en employant la même quantité de matériau, la déformation sous charge, dite aussi flèche, peut être beaucoup plus réduite.

On se sert de ce concept de rigidité dans la conception des carrosseries autoportantes des automobiles, pour qu’elles aient un maximum de rigidité et un minimum de poids.

Dans ce type de carrosserie, il n’existe pas d’ensemble de pièces qui, sous forme de plate-forme ou bâti, soit chargé de supporter tous les efforts comme dans les cas précédents, en revanche on peut dire que tout l’ensemble des pièces participe, plus ou moins, au comportement global. Le concept de base de ce type de carrosserie correspond à une caisse résistante qui à son tour sera autoportante, sans qu’il soit besoin de châssis. Par conséquent, tous les efforts mécaniques propres des charges statiques (poids de tous les composants du véhicule, passagers et charge) et dynamiques (efforts qui apparaissent en cas de mouvement) sont absorbés par la carrosserie. C’est le système le plus répandu parmi les voitures de tourisme. Toutefois, certaines pièces supportent de plus grands efforts mécaniques que d’autres et elles sont alors considérées comme ayant une plus

forte responsabilité structurale et sont conçues à cette fin.

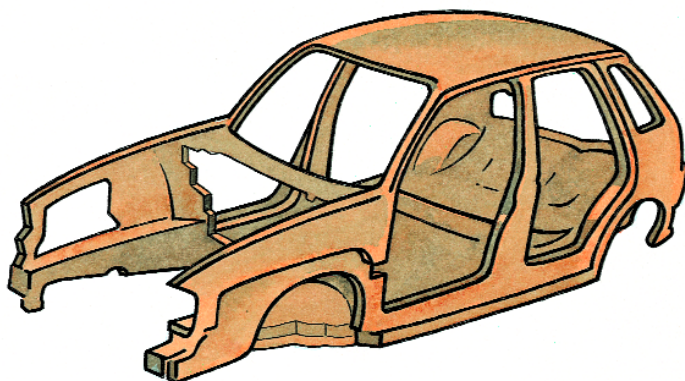
Toutes les pièces sont reliées de telle sorte qu’elles sont capables de transmettre des efforts entre elles, efforts qui proviennent du véhicule lui-même et de la route.

Ce type de carrosseries offre quelques avantages importants:

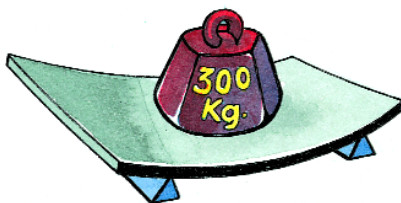
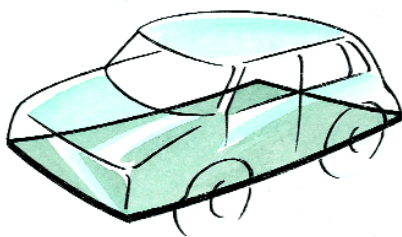
- Elles sont plus légères.
- Elles ont le centre de gravité situé plus bas.
- Elles sont d’une fabrication plus économique.

Fondamentalement, il existe deux types de carrosserie autoportante:

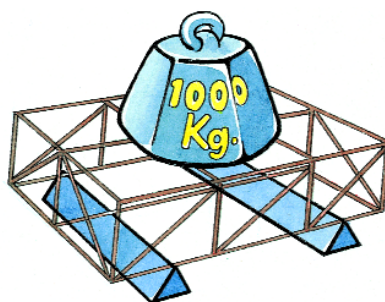
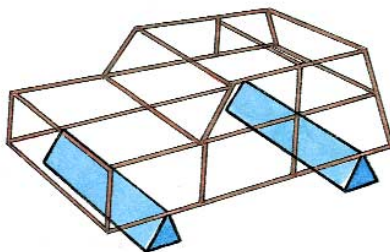
- Autoportante unie par soudure: le nombre de pièces y est réduit au maximum, puisqu’on veut créer une caisse ou habitacle le plus compact possible.
- Autoportante avec éléments démontables: conçue pour faciliter la réparation, elle présente des limitations quant aux critères de rigidité.



**CHÂSSIS SÉPARÉ**



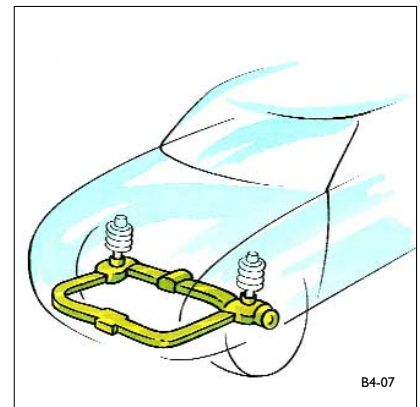
**CARROSSERIE AUTOPORTANTE**



B4-06

Dans une carrosserie avec châssis séparé, celui-ci se compose d'une structure résistante qui peut être comparée à une plaque sur laquelle un poids exerce une action.

En revanche, dans une carrosserie autoportante, toutes les pièces structurales absorbent les efforts, de même que dans le cas d'une structure à barres. On peut même dans ce dernier cas, obtenir une déformation moindre avec un poids de la structure également inférieur.



B4-07

## Les demi-châssis

Au cours des dernières années, on a introduit dans un grand nombre d'automobiles un petit châssis ou sous-châssis complémentaire et indépendant de la carrosserie, à laquelle il est accouplé rigidement au moyen d'éléments élastiques ou silentblocks fixés à l'aide de vis. C'est sur ces demi-châssis que sont

vissés et fixés les différents organes mécaniques, tels que partie motrice, direction ou suspension, ce qui augmente la rigidité dynamique de l'ensemble, la sécurité passive, tout en allongeant la vie de certains composants et en réduisant de plus bruits et vibrations ainsi que le temps total du montage en usine.

Dessin schématique d'un demi-châssis avant ou "berceau de moteur".

*“Dans la construction des carrosseries, des matériaux très divers interviennent, matériaux métalliques ou matières plastiques avec des propriétés différenciées selon l’application qui leur est réservée”.*

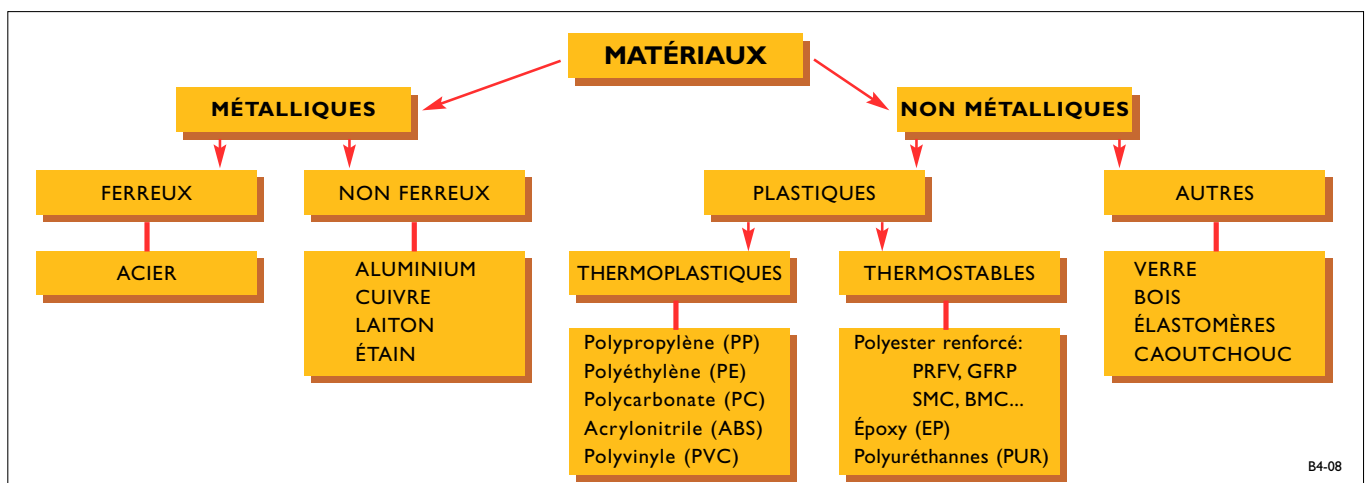
## LES MATÉRIAUX ET LEURS PROPRIÉTÉS

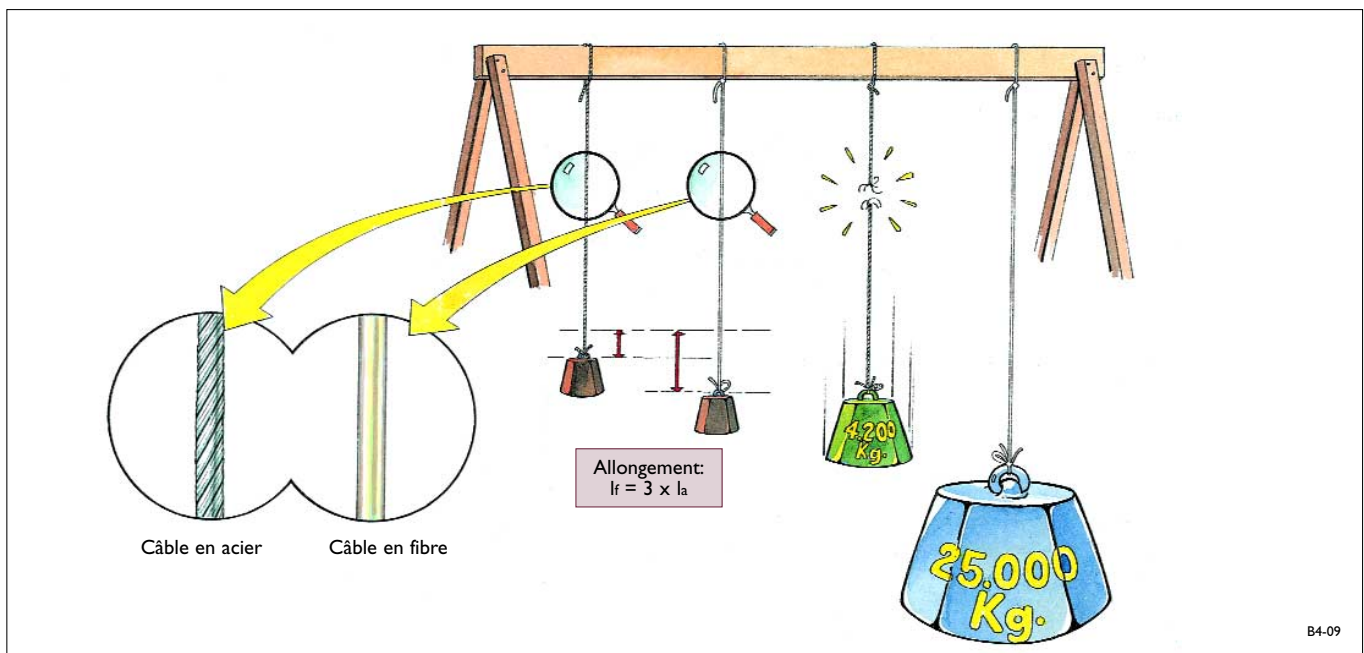
Comme nous l’avons déjà indiqué, l’acier s’est rapidement imposé comme matériau par excellence dans la construction de carrosseries. Toutefois, d’autres matériaux de type plastique ont été employés pour des applications spécifiques dans des pièces qui n’ont pas eu de grande responsabilité structurale. Récemment, dans certains véhicules de compétition, généralement de Formule 1, on utilise des plastiques renforcés avec une fibre de renfort (généralement verre ou carbone). Un autre métal qui peut aussi être employé, c’est l’aluminium, qui apporte légèreté et a d’excellentes propriétés anticorrosion. Mais ses propriétés mécaniques inférieures (sauf en cas d’alliages spéciaux) et son coût élevé font qu’il n’est pas retenu par la plupart des fabricants

dans la production de carrosseries. Certaines marques l’utilisent dans des modèles haut de gamme, comme l’AUDI A8 ou des véhicules spéciaux dont on ne produit qu’un nombre réduit d’unités.

### Les propriétés mécaniques

Comme déjà dit antérieurement, une automobile est soumise à des efforts mécaniques statiques et dynamiques, provoqués par les actions que son propre poids exerce sur elle, ainsi que celui des passagers, la charge et le revêtement de la route. Ces efforts doivent être supportés par la carrosserie et donc par les matériaux qui ont servi à construire les pièces importantes de celle-ci, également appelées résistantes ou structurales.





B4-09

Il est évident qu'avec une meilleure qualité du matériau, on aura besoin d'une moindre quantité ou d'une épaisseur inférieure de celui-ci pour fabriquer la même pièce et le poids résultant sera donc moindre lui aussi.

## Rigidité et résistance

Les propriétés mécaniques fondamentales pour caractériser un matériau sont sa rigidité et sa résistance. Par rigidité, on entend le rapport existant entre un effort mécanique et la déformation que celui-ci produit dans le matériau. Un matériau plus rigide qu'un autre est celui qui requiert l'application d'une charge plus forte pour produire la même déformation.

Ainsi, l'on pourra dire qu'un câble en acier est plus rigide qu'une corde en plastique, parce qu'il se déforme moins que celle-ci par rapport à un même effort. Le "module d'élasticité" d'un matériau est un indicateur de sa rigidité: plus le module élastique est grand, plus le matériau est rigide. Quant à la résistance, il s'agit de la capacité du matériau pour supporter un effort sans se casser. La rigidité comme la résistance se mesurent en unités de force/surface, aussi appelées unités de tension. Cependant, nous avons pu voir que ce sont des propriétés différentes. Ces deux propriétés une fois expliquées, il est difficile de dire

*Si l'on compare un câble en acier avec un autre identique formé de fibres de verre, on peut voir que, si l'on accroche aux deux un poids identique, le câble en acier va s'étirer environ trois fois moins que celui en fibre, ce qui veut dire qu'il est trois fois plus rigide. Toutefois, indépendamment de la déformation atteinte, le câble en fibre supportera un poids environ six fois plus important, si bien que dans ce cas, c'est le câble en fibre qui est le plus résistant.*

## EN PROFONDEUR

### L'aluminium en carrosserie

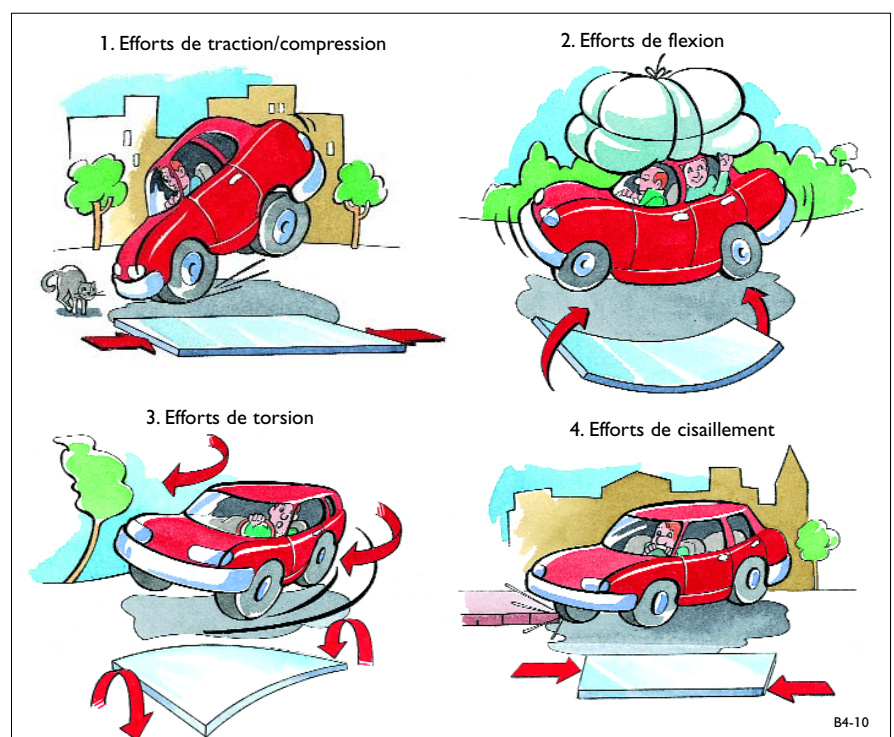
Les deux propriétés les plus importantes de l'aluminium par rapport à d'autres métaux sont sa légèreté (presque trois fois plus léger que l'acier) et sa résistance à la corrosion. Il faut toutefois dire que ses propriétés mécaniques dans certains cas créent une limitation, parce qu'elles ne sont pas aussi élevées que celles de l'acier. Ainsi, son module élastique ( $E = 70 \text{ GPa}$ ) indique qu'il est environ trois fois plus élastique que l'acier, tandis que sa limite élastique indique une résistance d'environ  $1500 \text{ kg/cm}^2$  par rapport aux  $2600 \text{ kg/cm}^2$  d'un acier normal. Et la résistance à la rupture par traction est d'environ  $2000 \text{ kg/cm}^2$  par rapport aux  $4200 \text{ kg/cm}^2$  de l'acier. Ce qui implique que pour obtenir un comportement mécanique semblable, l'épaisseur du matériau, si la pièce se fabrique en aluminium, doit être plus grande que si elle est fabriquée en acier. Cependant, vu que les propriétés par unité de poids ou propriétés spécifiques sont supérieures, on obtient une économie considérable du poids total. Les propriétés de l'aluminium pur peuvent pourtant s'améliorer si on lui allie de faibles quantités d'autres éléments. Ce qui augmente considérablement le coût final, mais implique en même temps une réduction des épaisseurs et une diminution du poids final.

quelle est la plus importante, cela dépend de l'application ou de la pièce concernée.

Dans certains cas, il conviendra d'avoir de petites déformations et l'on dira alors que la pièce est proportionnée ou conçue "à rigidité" et dans d'autres cas, il sera plus important non que la pièce ne se déforme sinon qu'elle ne se casse pas, elle sera donc conçue "à résistance". La rigidité est importante du point de vue du comportement en cours de marche. Il ne faut pas oublier que sur la carrosserie sont fixés les organes mécaniques, comme la direction. Tout le monde sait combien est importante

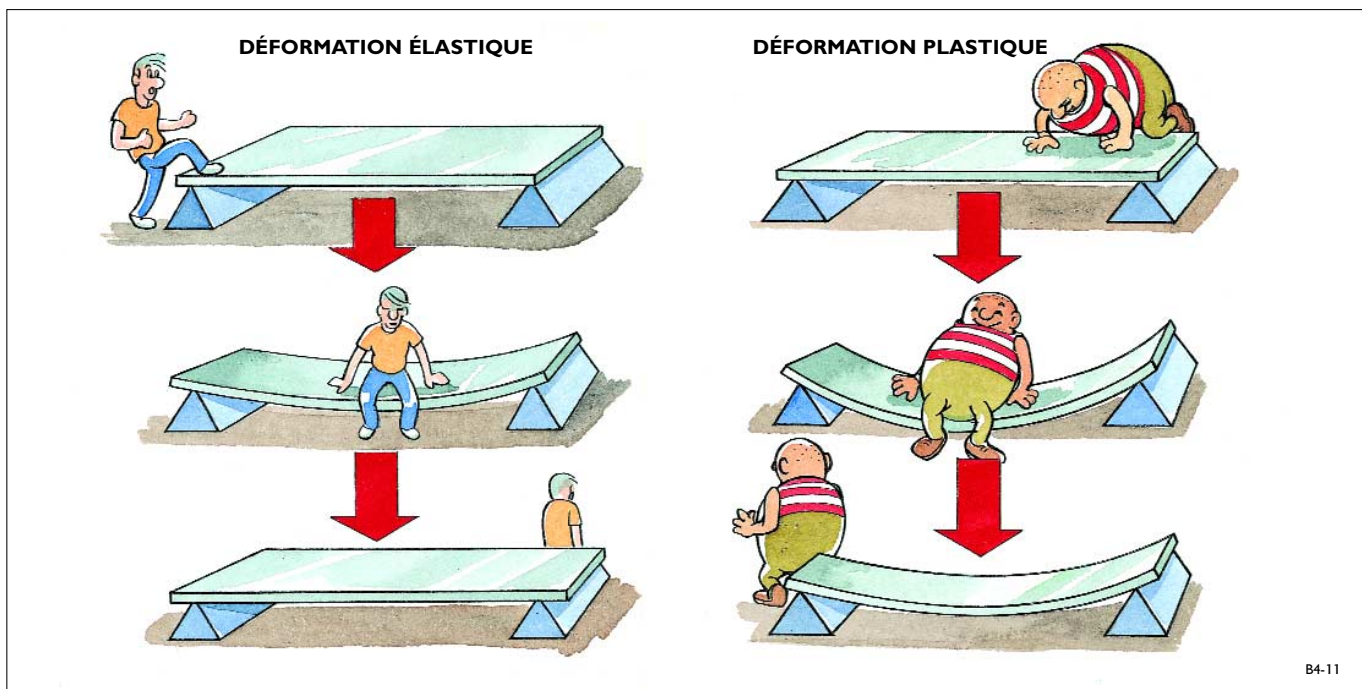
la géométrie de la direction, mesurée généralement en angles. Quand cette géométrie change, le comportement du véhicule change encore plus, en créant une possibilité d'accident.

Les voitures à carrosserie "molle" sont, généralement, des voitures qui se retournent dans des virages très aigus ou à très grande vitesse. Face aux efforts qui se produisent sur leurs carrosseries, celles-ci cèdent en se déformant, si bien que les cotes d'ancrage de la direction se perdent et avec elles, la géométrie de celle-ci. Le véhicule roule alors d'une manière instable.



*“Les pièces d’une carrosserie sont conçues pour que pendant la marche normale, elles n’atteignent pas un niveau d’efforts susceptible d’y produire des déformations permanentes”.*

## LES DÉFORMATIONS ÉLASTIQUE ET PLASTIQUE



B4-11

### Déformation élastique et déformation plastique

Les explications précédentes servent à éclaircir une partie du comportement mécanique d'un matériau, mais il reste encore des propriétés importantes à définir. Quand un matériau est soumis à un effort et donc à une tension, il subit une déformation. Si cette tension est inférieure à une valeur déterminée, connue comme limite élastique, cette déformation n'est pas permanente et dimensions et forme originelles seront récupérées quand l'effort cessera. Toutefois, si cette valeur est dépassée, il restera une déformation

résiduelle permanente même quand la charge cessera.

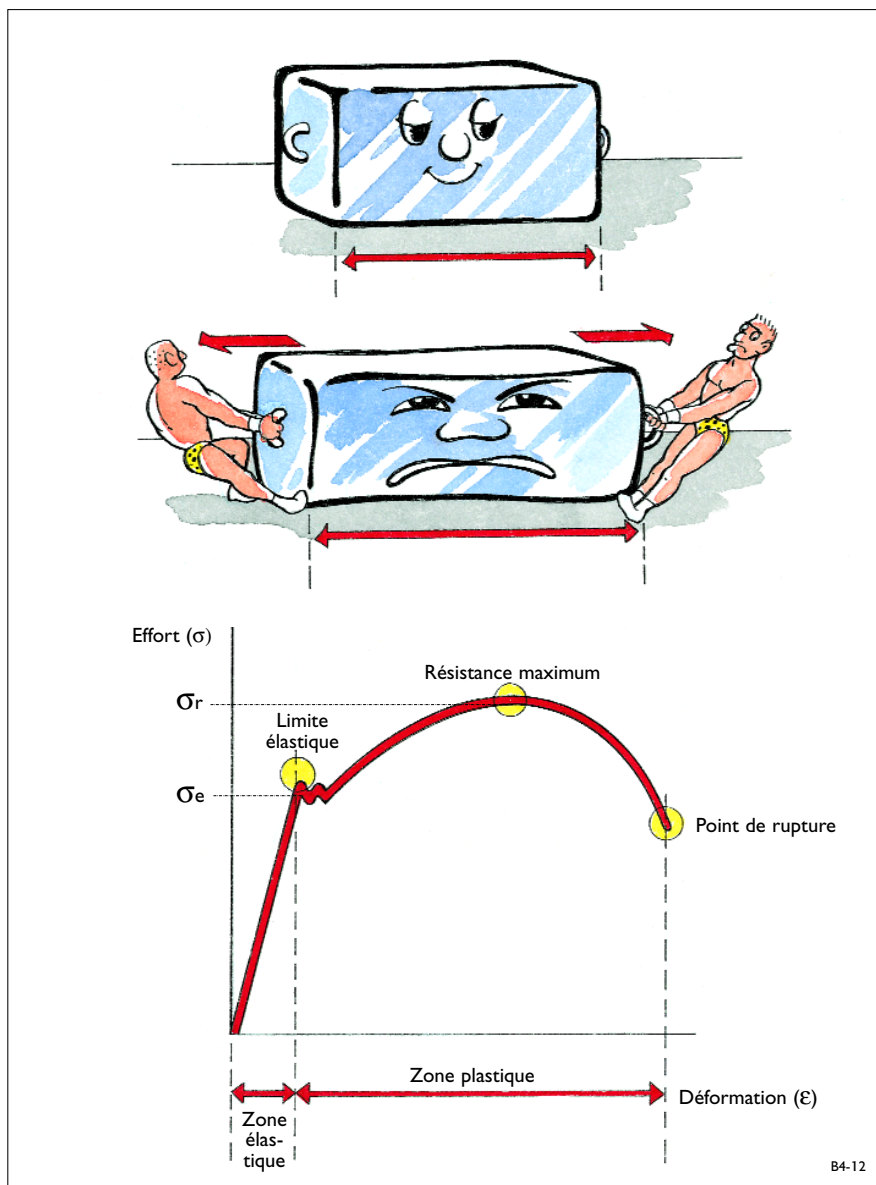
La partie tension-déformation où il n'existe pas de déformations permanentes est appelée "zone élastique" d'un matériau, tandis que la partie délimitée à partir de la limite élastique est connue comme "zone plastique" et à l'intérieur de celle-ci se trouve le point de rupture.

Dans certains matériaux, la zone élastique peut être très petite et la zone plastique très grande, alors que pour d'autres, c'est le contraire. Par exemple, l'argile est un matériau qui n'a pratiquement pas de zone élastique et le verre est un matériau sans zone plastique.

*En fonction des sollicitations mécaniques exercées sur une pièce quelconque, et même sur une carrosserie si on la considère globalement, il peut y apparaître des modes de travail suivants, connus comme "états de tension".*

*“L’acier est le matériau le plus largement employé dans la construction de carrosseries, en raison de son coût peu élevé et de ses excellentes valeurs de rigidité et de résistance”.*

## L’ACIER



L’acier est un produit sidérurgique obtenu à partir de la métallurgie du fer. En Espagne, on fabrique par mois presque un million de tonnes d’acier et dans le monde, environ 500 millions de tonnes.

Le fer (Fe) est un élément chimique métallique qui à l’état le plus pur a de faibles propriétés mécaniques: peu de résistance à la rupture, faible module d’élasticité ou de rigidité, haute ductilité, etc. Pourtant, à partir de lui et par addition de carbone (C) et d’autres éléments, d’autres produits industriels importants peuvent être obtenus.

Si la quantité de carbone présente avec le Fe est inférieure à 2 %, on obtiendra des aciers, tandis qu’avec des valeurs supérieures, les produits résultants sont les fontes. La limite maximum de carbone qui peut être associée au Fe est, au niveau pratique, de 5 %. À partir de cette valeur, le carbone figure comme de petits noyaux de couleur noire qui sont des granules de graphite, signe que l’on a dépassé la limite maximum de teneur en carbone de la fonte. En outre, les aciers ont généralement de faibles proportions d’autres éléments, comme le manganèse (0,5 %), la silice (0,2 %) et de petites quantités de phosphore, de soufre ou de chrome, qui lui donnent des propriétés de résistance ou anticorrosion spécifiques. Cependant, avec une même composition chimique, il peut y avoir des aciers ayant des comportements très différents. Parmi les facteurs indépendants de la composition

chimique qui déterminent les propriétés mécaniques, on peut citer:

- Méthode d'obtention de l'acier.
- Traitements mécaniques à froid ou à chaud.
- Traitements thermiques.

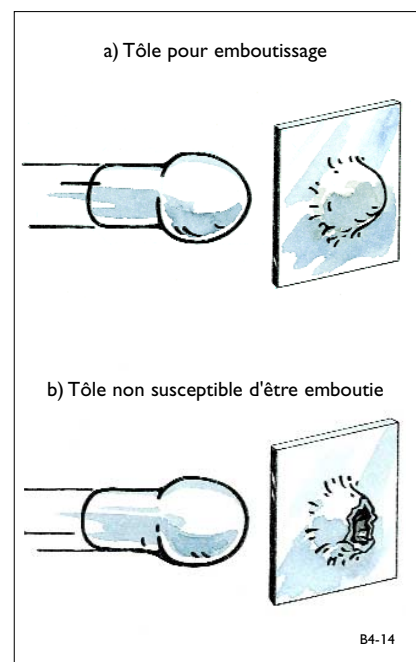
## Principes de base des traitements mécaniques

Les traitements mécaniques sont très importants en automobile, parce que ce sont eux qui donnent des propriétés adéquates à la tôle utilisée dans la fabrication de pièces de carrosserie.

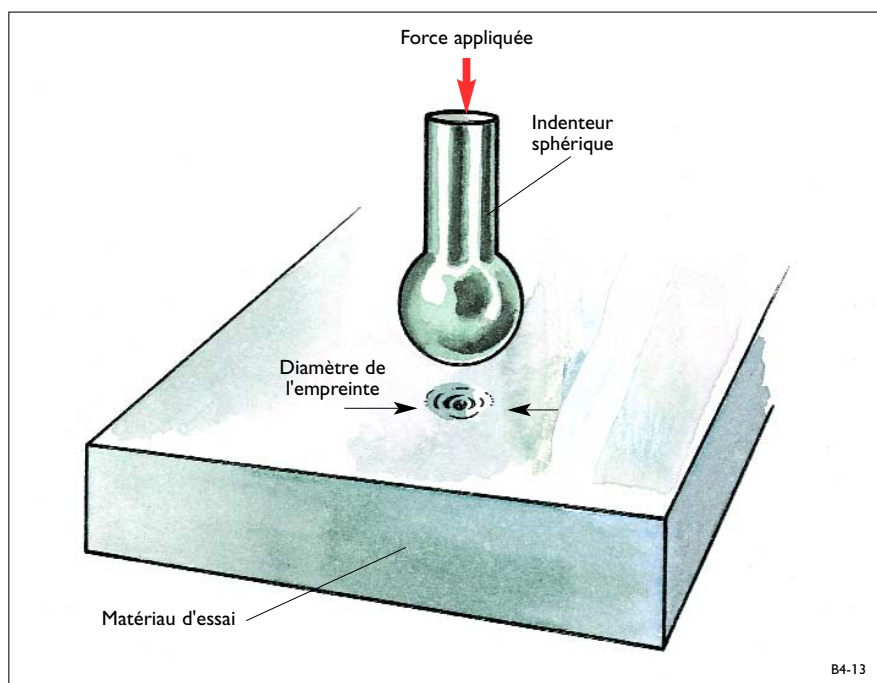
D'une manière générale, on peut dire que l'effet de la chaleur sur les métaux est de les ramollir tandis

que celui du froid est de les durcir. Avec un traitement à froid, on peut augmenter la résistance à la traction jusqu'à 80 %, même si normalement la valeur acceptable d'augmentation est de 20 %.

La tôle utilisée en automobile provient du laminage à froid d'acier avec une faible teneur en carbone (0,7 - 1,5 %), très malléable, façonnable et apte pour l'emboutissage, auquel on donne des propriétés mécaniques par laminage à température ambiante, considéré comme un traitement mécanique à froid. Présentant d'excellentes propriétés mécaniques, il arrive à offrir une capacité de déformation plastique allant jusqu'à 40 %.



*Façonnage, malléabilité et aptitude pour l'emboutissage sont des propriétés très liées entre elles, qui sont en rapport avec la capacité de la tôle à se déformer plastiquement sans se rompre.*



### La dureté et le duromètre

La dureté est une mesure indicative de la résistance d'un métal à la rayure et aussi à la déformation plastique permanente. On la mesure en faisant un essai de pénétration à l'aide d'un indenteur sphérique, pyramidal ou conique d'une force fixe et en mesurant ensuite l'empreinte laissée sur le matériau.

*“La nécessité de diminuer le poids des pièces oblige à concevoir des pièces avec une tôle de moindre épaisseur, en se servant d'aciers spéciaux dénommés ALE”.*

## LES ACIERS À HAUTE LIMITE ÉLASTIQUE

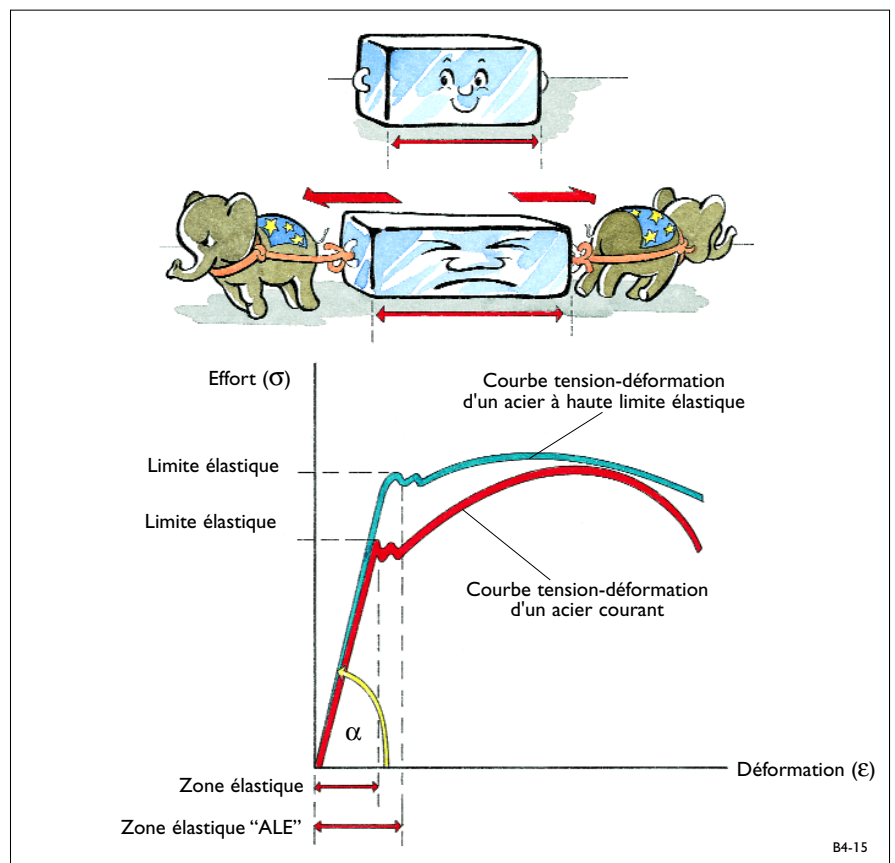
En général, quand on conçoit une pièce, on considère seulement les propriétés du matériau dans sa zone élastique. C'est-à-dire que l'on s'efforce pour que la tension de travail à laquelle on l'oblige à travailler, soit inférieure à sa limite élastique.

Ce qui ne veut pas dire, pourtant, que l'on dédaigne la valeur de la tension de rupture, qui est importante à des fins de résistance dans la sécurité passive, dont il sera question plus loin. L'épaisseur du matériau pour une

pièce déterminée dépend donc essentiellement de la tension qu'il pourra admettre ou de sa limite élastique, plus même que de la tension de rupture.

Si l'on récapitule toutes les explications données jusqu'à présent, on peut dire que la tôle d'acier doit avoir une résistance et une rigidité suffisantes pour supporter de grands efforts sans trop se déformer. Une perte de ces propriétés fait qu'il faut augmenter l'épaisseur de la tôle pour obtenir les résultats recherchés, ce

*Sur un graphique effort-déformation de comparaison entre deux aciers, l'un courant et l'autre “ALE”, on peut vérifier que la différence fondamentale entre eux n'est autre qu'une plus grande valeur de limite élastique. C'est-à-dire que le second est capable de se déformer sous de plus fortes charges sans présenter pour autant de déformations permanentes.*



qui augmente le poids, effet totalement indésirable.

La nécessité de réduire des épaisseurs pour diminuer des poids fait qu'il convient de travailler avec des matériaux d'une limite élastique élevée.

La raison en est que la propriété mécanique d'un matériau qui est utilisée pour calculer une pièce, est la valeur de tension à partir de laquelle des déformations permanentes se produisent. Si l'on maintient cette valeur à un niveau élevé, on arrive à ce que la pièce supporte des efforts plus importants sans se déformer plastiquement. Ou autrement dit, les mêmes efforts peuvent être supportés avec des quantités moindres de matériau.

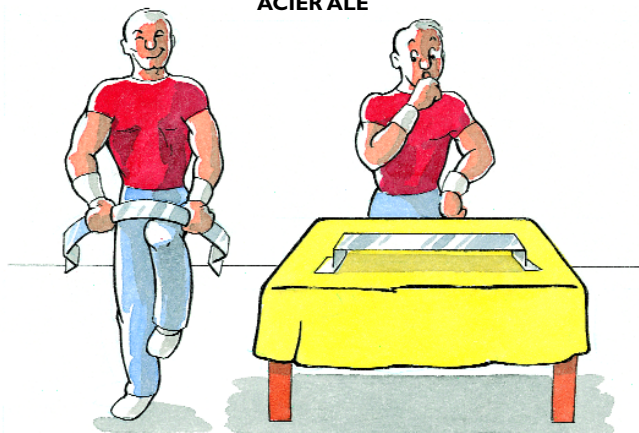
Raison pour laquelle certaines pièces sont fabriquées avec des aciers de type ALE ou à haute limite élastique, ce qui n'est pas forcément associé au fait que leur résistance à la rupture soit beaucoup plus grande, sinon que leur zone plastique est plus petite. À savoir, elles présentent moins de déformations permanentes avant de se rompre, ou autrement dit, elles sont plus fragiles, bien que la charge de rupture soit la même.

Supposons que la carrosserie d'un véhicule doive supporter des efforts déterminés, grâce à ce type d'acier on peut réduire l'épaisseur de la tôle et donc le poids total.

#### ACIER COURANT À FAIBLE ZONE ÉLASTIQUE



#### ACIER ALE



B4-16

Ces aciers sont fabriqués à partir de compositions et de procédés spéciaux, et toute réparation des tôles fabriquées avec eux doit garantir les propriétés initiales, ce qui ne s'obtient que si l'on répare d'une certaine façon, essentiellement en ne leur appliquant pas de chaleur (à cause de leur trempabilité élevée), en réparant à froid et en ne soudant que d'après les indications du fabricant.

*“La conception d'une automobile ne doit pas seulement tenir compte des critères d'usage de celle-ci, mais aussi des facteurs de fabrication qui conditionnent et sont nécessaires pour obtenir le maximum de qualité au moindre prix”.*

## LE PROCESSUS DE FABRICATION: DESIGN ET ESTAMPAGE

### EN PROFONDEUR

#### Les éléments finis

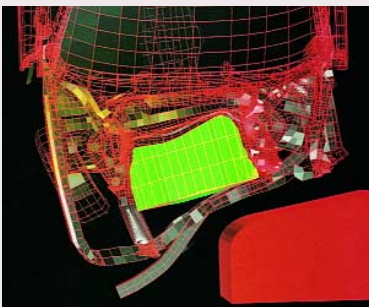
Dans le calcul de structures et de pièces de carrosserie, on utilise des programmes informatiques de calcul basés sur la technique des éléments finis.

On réalise d'abord une discrétisation finie de la pièce, consistant à la diviser en morceaux très petits, auxquels on peut appliquer les équations classiques de comportement élastique-résistant, en fonction de la géométrie, des charges et des propriétés du matériau.

Ce “maillage” une fois réalisé, on applique des charges extérieures sur certains de ces petits matériaux et l'on étudie comment ils se déforment et comment ils passent les charges à ceux qui se trouvent dans une proximité immédiate et ceux-ci à leur tour les passent aux suivants et ainsi de suite.

On peut ainsi trouver la déformation macroscopique de la pièce, de même que les points où l'effort est critique et donc susceptible de produire la rupture.

Le tout, avec la rapidité caractéristique des ordinateurs modernes.



#### Le design

Une des premières phases dans la conception d'une automobile est la définition de la ligne extérieure de la carrosserie. Une fois que les stylistes ont terminé cette tâche, on effectue sa modélisation à différentes échelles, avec des matériaux tels que l'argile ou du plâtre à modeler. À partir du modèle définitif, on tire les plans des pièces de carrosserie et l'on procède au calcul de celles qui sont considérées comme structurales, beaucoup d'entre elles n'étant pas visibles extérieurement.

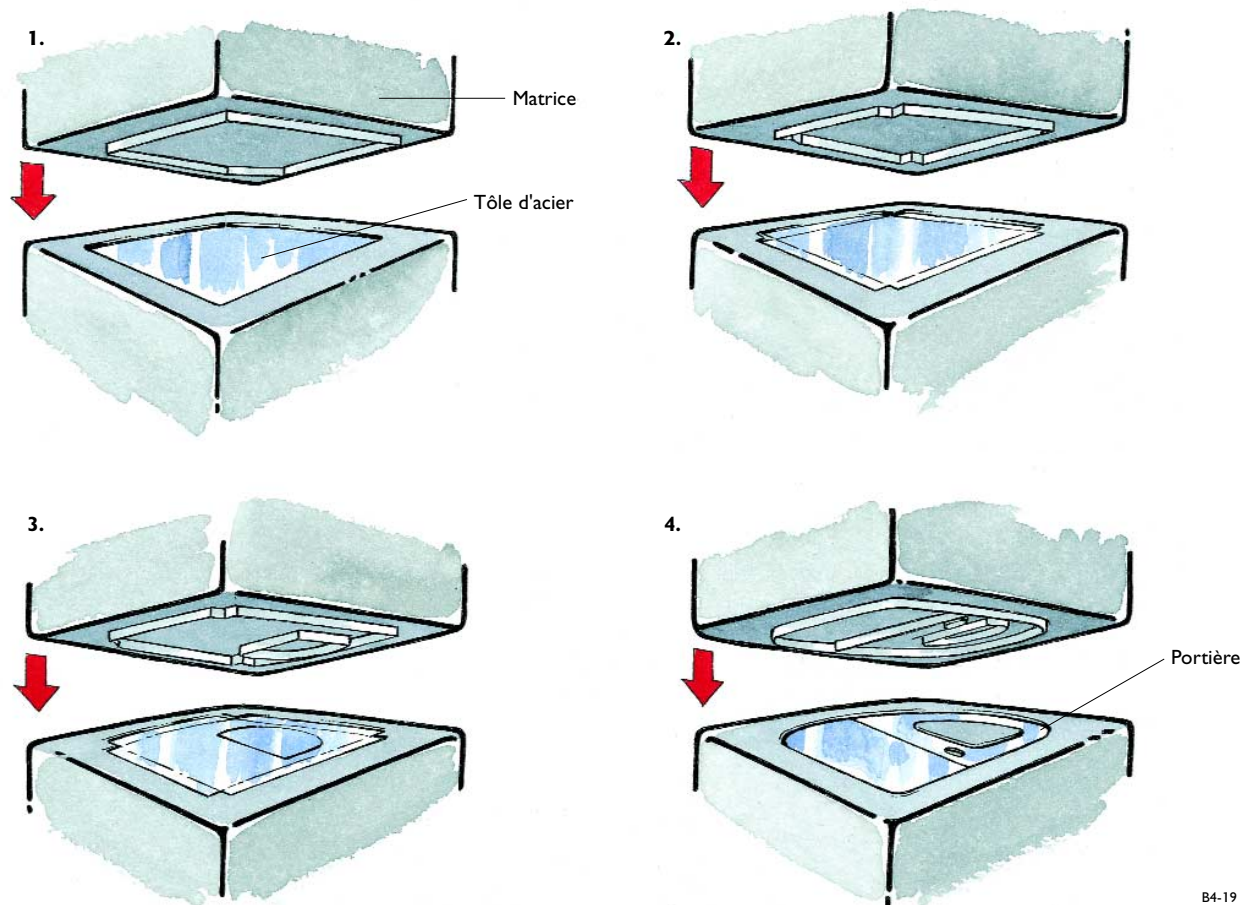
En plus du calcul, on effectue tous les travaux tendant à définir le processus de fabrication et l'assemblage des pièces.

#### Le processus d'emboutissage

La tôle d'acier peut être fournie par le fabricant d'automobiles, soit sous forme de rouleaux soit prédécoupée sur des palettes, en fonction des pièces à estamer. Dans le premier cas, il faut la faire passer par une série de rouleaux pour lui enlever la courbure et la rendre plane. Cette opération une fois faite, il faut découper les morceaux destinés à être introduits dans la chaîne d'emboutissage. Dans le second cas, les tôles arrivent prédécoupées, ce qui évite au fabricant de l'automobile d'effectuer les opérations précédentes, en économisant ainsi du matériau de déchet, du temps et du volume d'emménagement.



### EMBOUTISSAGE AVEC UNE PRESSE TRANSFER



B4-19

Chaque tôle est introduite à l'intérieur d'une presse type Transfer. Ce type de presse dispose à l'intérieur de plusieurs matrices, chacune étant chargée de réaliser une étape du formage de la pièce, laquelle est automatiquement déplacée entre matrice et matrice. La raison de procéder au formage en diverses étapes, c'est que certaines

formes ne peuvent s'obtenir d'un seul coup, mais qu'il faut concevoir correctement la forme des matrices pour permettre au matériau de "s'écouler" plastiquement sans atteindre la rupture. La dimension de l'une de ces presses peut être comprise entre 12 mètres de haut et 15 à 20 mètres de long.

*Dans une presse Transfer, une portière est emboutie en plusieurs étapes, pour obtenir qu'à chacune d'elles l'acier "s'écoule" et se déforme progressivement jusqu'à l'acquisition de la forme définitive.*

*“Les unions des carrosseries peuvent être classées en trois grands groupes:  
soudure, unions vissées et unions par adhésifs.  
Chacune d’elles présente des propriétés spécifiques  
et apporte une série de caractéristiques à la carrosserie autoportante”.*

## LE PROCESSUS DE FABRICATION: L’ASSEMBLAGE

### EN PROFONDEUR

#### **Les unions par adhésif**

Lors de la conception et de la construction d’une carrosserie autoportante, on pense à ce que l’acier servant à la fabrication de chaque pièce supporte des niveaux de charge équivalents. Les points et les cordons de soudure sont spécialement chargés de cette transmission d’efforts. Cependant, ce type d’unions implique la concentration locale d’efforts.

Ce problème peut se résoudre grâce aux unions collées, dans lesquelles la transmission de tensions se “répartit”, phénomène qui est d’une grande influence, par exemple, en cas d’accident quand il faut que le plus grand nombre de pièces possible participe à la déformation.

Les adhésifs généralement employés sont de type “époxy”, habituellement bi-composants, à cause de leur extrême résistance aux attaques chimiques, leurs excellentes propriétés mécaniques et leurs bonnes propriétés d’application.

Une fois que les différentes pièces ont été estampées, il faut procéder à leur union pour former la structure de la carrosserie.

Dans certains cas, on unit plusieurs d’entre elles pour composer une pièce plus complexe, comme par exemple l’union par soudure de diverses tôles pour former une partie de longeron.

Parmi les différents types d’unions diverses, ce sont les unions soudées et les unions vissées qui sont le plus employées. La soudure apporte une haute résistance mécanique et une bonne transmission d’efforts entre les diverses pièces. Et les unions vissées facilitent beaucoup la réparation après un accident.

L’union, en général par soudure par points, de divers sous-ensembles et d’autres pièces crée l’armature ou partie structurale de la carrosserie, à

laquelle s’unissent d’autres pièces extérieures, fixes ou mobiles.

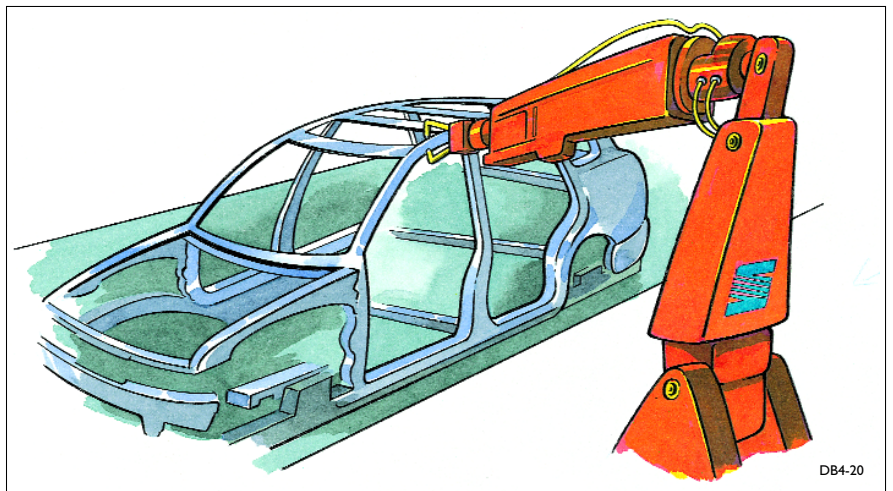
Finalement, une carrosserie peut être divisée en cinq ensembles de parties, que nous allons étudier au chapitre suivant:

- Panneaux extérieurs.
- Armature centrale et postérieure.
- Armature antérieure avant.
- Armature du plancher.
- Portières, capots et autres pièces.

La carrosserie une fois assemblée, on l’équipe des produits anticorrosion nécessaires pour la protéger contre l’oxydation pendant de nombreuses années.

Ces processus comprennent l’immersion dans des bains de cataphorèse qui garantissent même la protection des zones les plus cachées.

L’introduction des robots dans les chaînes de montage représente une rapidité et une exactitude d’assemblage difficiles à obtenir par d’autres moyens.

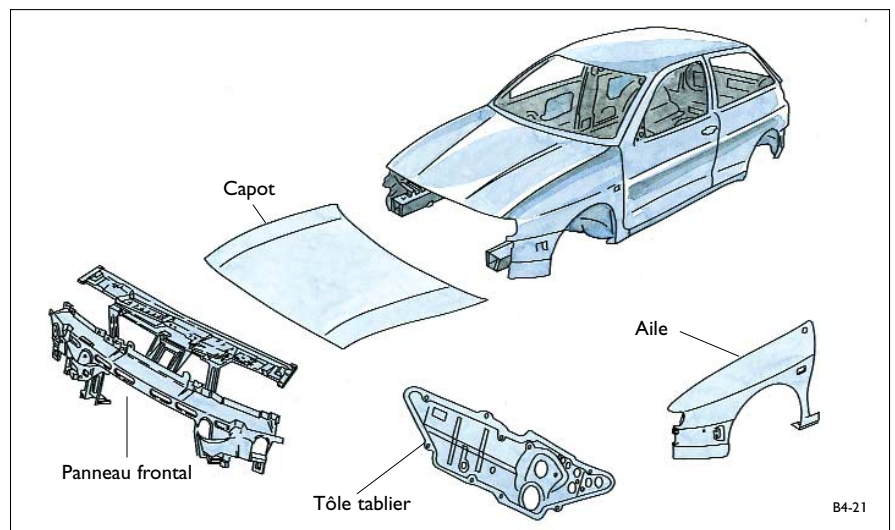


**Table des avantages et des inconvénients des unions**

| CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES PROCESSUS D'UNION                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| UNIONS DÉMONTABLES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | UNIONS PERMANENTES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p><b>UNIONS VISSÉES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Démontage facile</li> <li>• Hautes concentrations de tensions</li> <li>• Aspect de l'union avec discontinuités</li> <li>• Exécution de l'union relativement lente</li> <li>• Possibilité d'unir tout type de matériau</li> <li>• Haute résistance à la température</li> <li>• Absence de préparation préalable des matériaux à unir</li> <li>• Équipement pratiquement inexistant ou d'un coût très réduit</li> <li>• Portabilité de l'union, immédiate</li> </ul> | <p><b>SOUDURE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Démontage destructif</li> <li>• Concentration de tensions en cas de soudure par points</li> <li>• Bon aspect de l'union dans certains cas</li> <li>• Exécution de l'union relativement rapide</li> <li>• Possibilité d'union limitée à des matériaux capables de fondre</li> <li>• Haute résistance à la température</li> <li>• Peu de préparation préalable des matériaux à souder</li> <li>• Équipement cher, difficile à manier et coûteux</li> <li>• Portabilité de l'union, relative</li> </ul> | <p><b>ADHÉSIFS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Démontage très difficile</li> <li>• Distribution uniforme des efforts</li> <li>• Aspect de l'union, excellent</li> <li>• Temps d'exécution en fonction du temps de séchage de l'adhésif</li> <li>• Possibilité d'unir entre eux des matériaux divers</li> <li>• Résistance à la température limitée</li> <li>• Préparation préalable très importante des surfaces à unir</li> <li>• Équipement relativement bon marché</li> <li>• Portabilité de l'union, relative</li> </ul> |

*“La carrosserie autoportante se compose d’un grand nombre de pièces en tôle, assemblées entre elles, soit par des méthodes d’union permanente comme la soudure soit par des unions démontables ou vissées”.*

## LES PIÈCES D’UNE CARROSSERIE



### Pièces mobiles et amovibles

Comme on l’a indiqué précédemment, une carrosserie autoportante se compose d’un grand nombre de pièces en tôle unies entre elles pour transmettre les efforts et donner rigidité et résistance à tout l’ensemble.

Concernant la forme d’union, les pièces amovibles sont des pièces dont l’union est permanente et non démontable, ce qui implique que cette union doit “être cassée” pour pouvoir séparer les pièces qui y participent. Il s’agit généralement d’unions soudées.

Les pièces amovibles forment, essentiellement, la partie structurale de la carrosserie et façonnent la zone de l’habitacle et la zone-support des

organes mécaniques dans la baie moteur. À l’intérieur de cette macrostructure, on peut trouver diverses sous-structures:

- Baie moteur et face.
- Côtés, toit.
- Plancher habitacle et coffre.

Le sol ou plancher est peut-être une des parties structurales les plus importantes. Il se compose de tôles d’acier qui, embouties avec des formes spéciales et une fois soudées entre elles, forment une série d’emboîtements ou longerons et de traverses sous forme de poutres ou profils qui apportent une grande rigidité à toute la plate-forme.

Le plancher est uni à une structure qui enferme l’habitacle et qui se compose des piliers, des montants latéraux, montants du toit, etc.

Toute cette armature définit la forme de l'habitacle en jouant le rôle d'agent de rigidité global.

En outre, en cas d'accident elle est gage de sécurité pour les occupants, en leur assurant l'espace nécessaire à leur survie. Nous parlerons plus loin de l'importance de la carrosserie autoportante dans la sécurité passive.

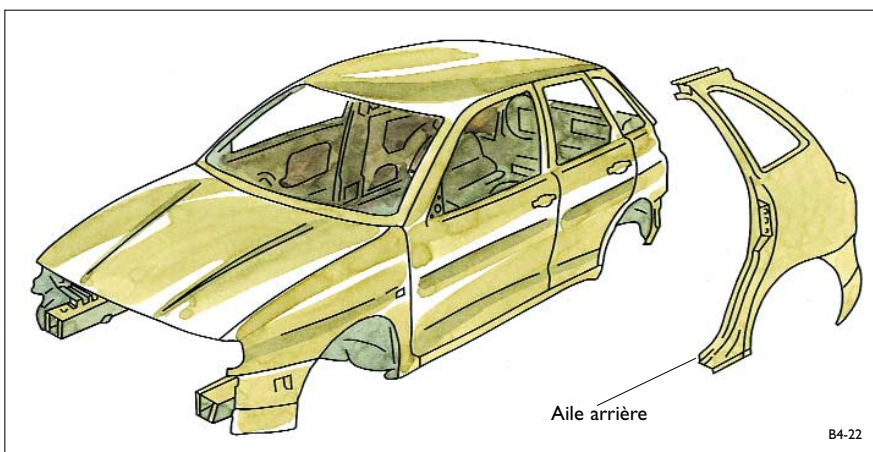
Par ailleurs, les pièces ou éléments mobiles sont toutes celles dont les unions sont démontables sans abîmer la pièce. Dans ce groupe, il entrerait portières (unies par des lacets), capots, ailes, pare-chocs, etc. On peut donc voir que, sauf pour les pièces d'une haute responsabilité structurale, le reste de celles-ci est plutôt uni par des unions de type vissage, au nom d'une possibilité de réparation plus rapide et meilleur marché. Les panneaux extérieurs

forment le revêtement extérieur du véhicule, ce sont:

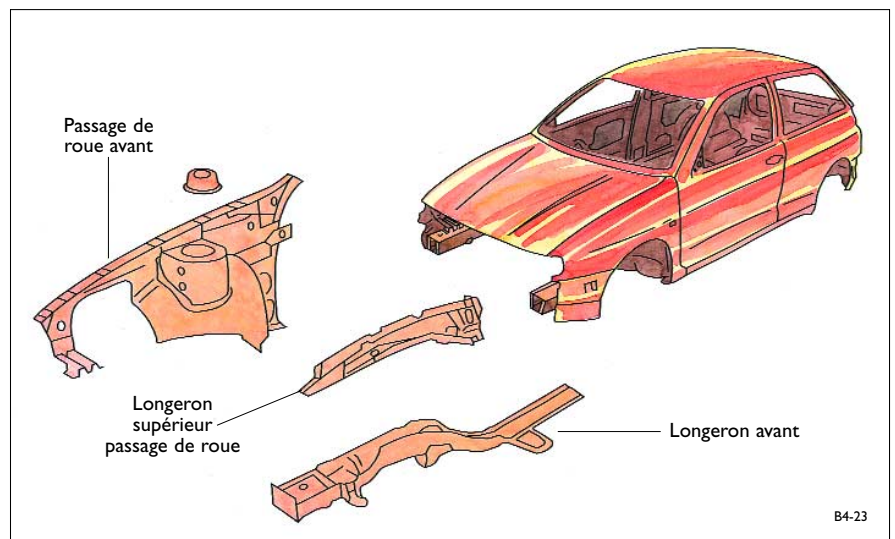
- Ailes.
- Revêtement intérieur du pare-brise.
- Cadre du pare-brise.
- Toit.
- Panneau arrière.
- Panneau avant.
- Montants.
- Piliers et cintre.
- Étrier.

L'armature centrale et postérieure est la structure qui donne de la rigidité à la partie arrière de la carrosserie et elle se compose de:

- Passages de roue intérieurs et extérieurs.
- Longerons.
- Traverses.
- Entretoises.
- Plateaux.
- Renforts.
- Montants arrière.



B4-22



L'armature antérieure ou avant est une zone très renforcée, prévue pour supporter le moteur et d'autres organes comme la direction, la boîte de transmission et de direction. Ses principaux constituants sont:

- Longérons.
- Tôle tablier.
- Autres pièces: entretoises, plaques, etc.

L'armature du plancher est la partie qui constitue le sol de l'automobile et elle se compose d'un ensemble de plaques soudées aux longerons et aux traverses.

Il faut y distinguer deux parties:

- Le plancher de l'habitacle.
- Le plancher arrière ou postérieur.

La partie postérieure du plancher est généralement formée de:

- Plancher du coffre.
- Longérons arrière.
- Entretoises unies au panneau

arrière et au plancher postérieur.

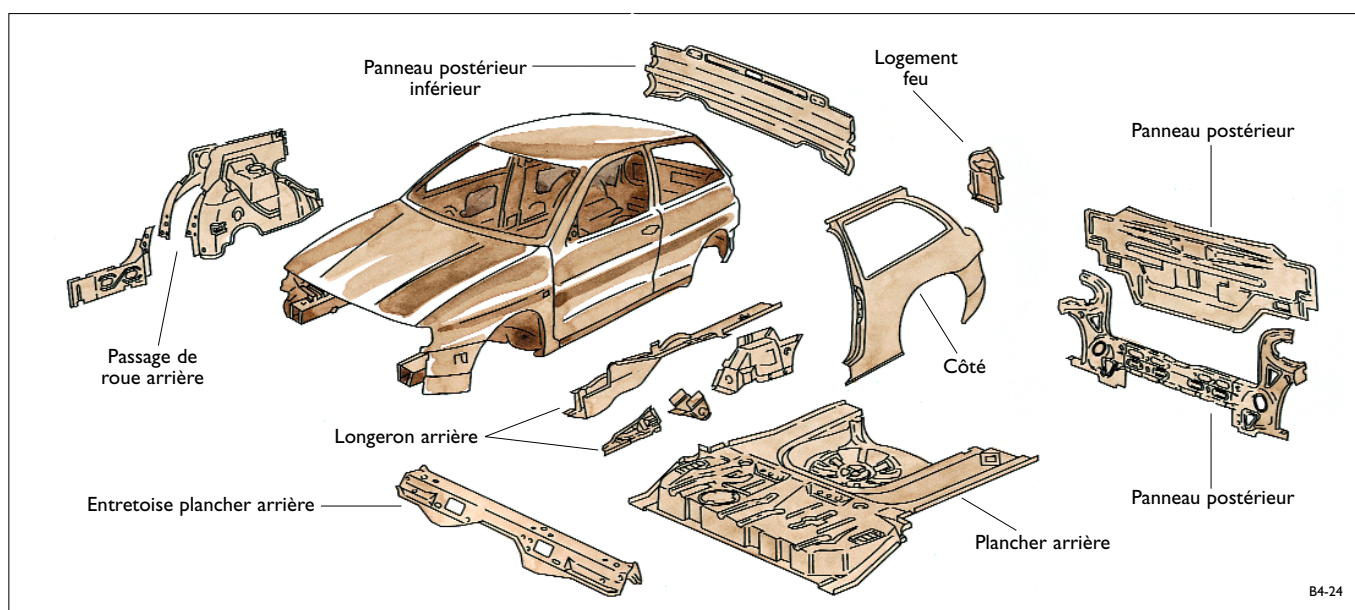
- Renforts pour traverse déformation.

Les plaques du plancher sont des panneaux très étudiés pour obtenir le maximum de rigidité et de résistance à la flexion de toute la carrosserie et pour profiter au maximum de l'espace disponible. En plus de toutes les pièces indiquées précédemment, il faut citer portières et le capots comme pièces qui sont de plus en plus soumises à un nombre chaque fois supérieur de facteurs qui conditionnent la sécurité passive.

Dans le cas des portières, pour éviter leur intrusion contre les passagers.

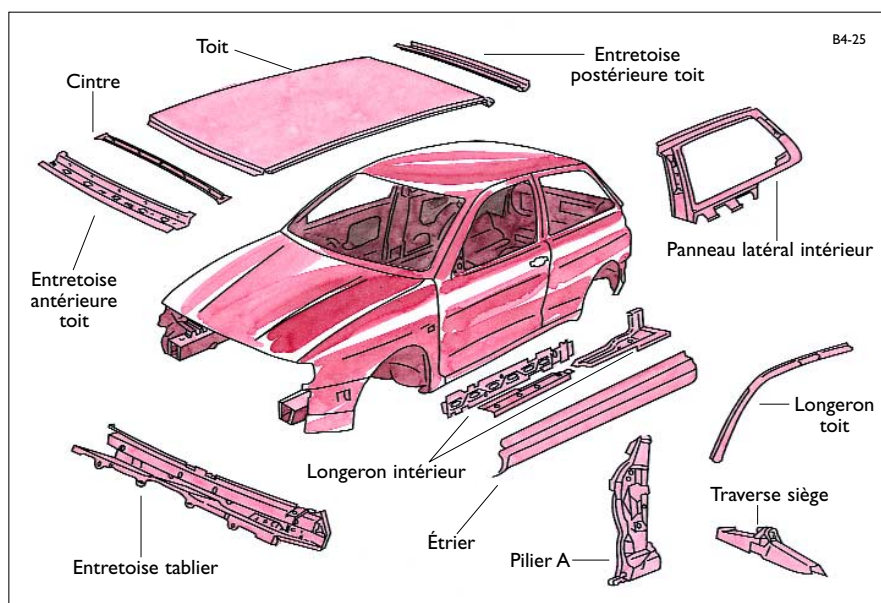
Des capots, par ailleurs, on exige un degré de plissement prédéterminé au cours d'un choc.

Enfin, il faut considérer comme pièce de la carrosserie, bien qu'elle ne soit pas métallique, le pare-brise ou glace



avant. Dans les véhicules actuels, il s'agit d'une pièce fabriquée en verre feuilleté pour éviter sa rupture en petits morceaux comme il arrive avec

les verres trempés. Le fait que la plupart du temps il soit collé à la carrosserie apporte à celle-ci un niveau de rigidité important.



*“Une carrosserie a une forme et des dimensions spécifiques qui doivent se maintenir, même en mouvement, pour que le véhicule ait un comportement de marche correct”.*

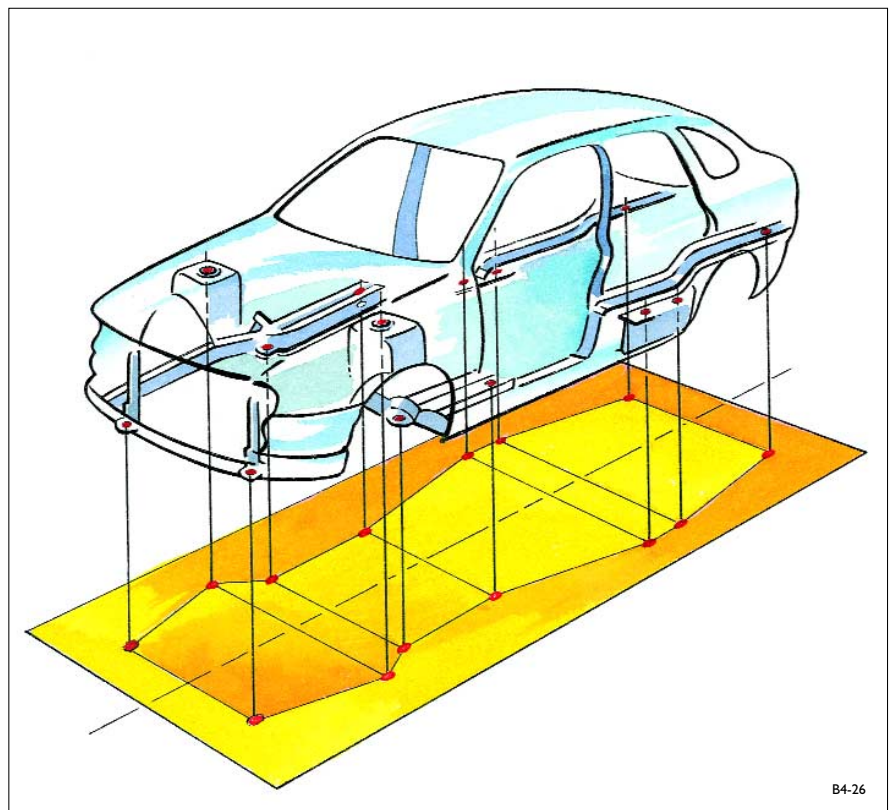
## GÉOMÉTRIE ET SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE

### La forme et les dimensions

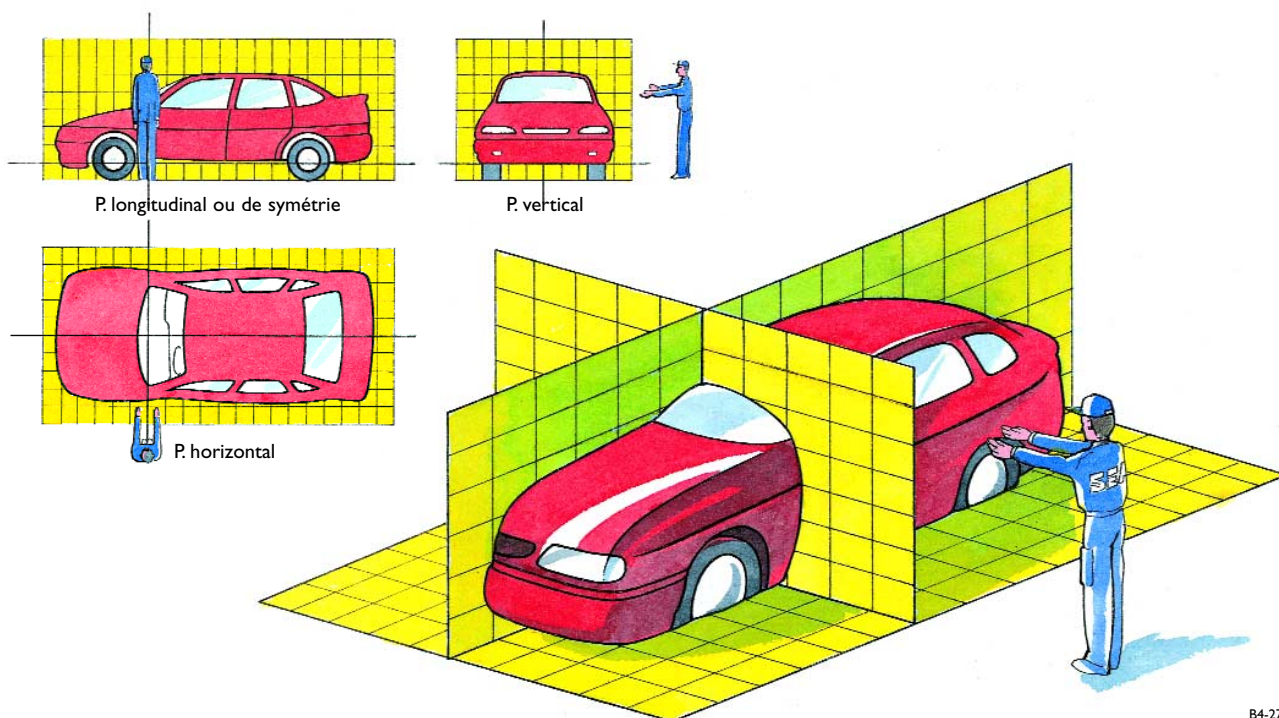
Quand on conçoit une carrosserie, on lui donne une forme et des dimensions précises qui sont établies dans les limites de marges ou tolérances acceptables, lesquelles sont en certains points strictes et ajustées. Les organes mécaniques responsables de la marche du véhicule, direction et suspensions doivent être logés et fixés de façon exacte en des points précis, afin de garantir leur fonctionnement correct et leur durabilité.

Dans le cas contraire, on ne pourrait pas maintenir, par exemple, les cotes de direction prévues pour que le comportement dynamique du véhicule soit correct.

Il en est de même pour les différentes pièces qui forment la suspension. Si leurs points de fixation ne se trouvent pas aux positions exactes, il peut se produire sur certaines pièces des efforts indésirables, pouvant les surcharger excessivement en arrivant à les déformer ou même à provoquer leur rupture.



### PLANS DE RÉFÉRENCE



B4-27

### Les points essentiels et points de référence

Le fabricant considère une série de points comme étant des points essentiels de la carrosserie, qui doivent se trouver sur des positions déterminées dans les limites des marges mentionnées précédemment. Indépendamment de cela, dans toute carrosserie il peut y avoir des points de référence qui, sans être pour autant des points essentiels, peuvent servir pour définir certaines propriétés géométriques de celle-ci.

### Les systèmes de référence

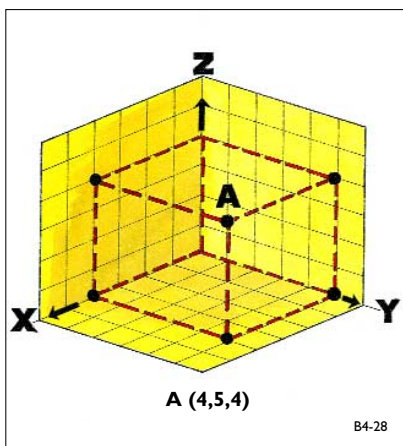
Pour définir la position dans l'espace d'un point quelconque, on se sert généralement d'un système de coordonnées comme système de référence. Les cotes ou valeurs numériques qui positionnent ce point dépendent donc du système de coordonnées choisi.

Il existe de nombreux systèmes de référence pouvant être utilisés pour positionner des points dans l'espace, mais le plus répandu en ingénierie est peut-être le système de coordonnées cartésiennes. cartesianas.

*Les plans de référence délimitent la géométrie du véhicule, ce qui facilite la réparation.*

*“La mesure des cotes d’une carrosserie doit se faire en utilisant des équipements adéquats et en suivant les directives marquées par le fabricant du véhicule”.*

## LES COTES D’UNE CARROSSERIE



Dans un système cartésien de référence, tout point de l'espace peut se situer et se définir à l'aide de trois valeurs ou coordonnées (x, y, z).

Dans le cas des carrosseries, on utilise des systèmes cartésiens à base de trois axes perpendiculaires qui forment une référence tridimensionnelle. À leur tour, ces axes définissent trois plans perpendiculaires entre eux. Les distances minimum de ces trois plans jusqu'au point sont les coordonnées de celui-ci.

Un des avantages les plus importants de ce système est que l'on peut connaître rapidement la position relative entre deux points quelconques.

### Les plans de référence

Un des plans les plus importants est le plan longitudinal ou plan de symétrie, par rapport auquel des points homologues doivent être situés de la même façon de chaque côté de la carrosserie. Lorsqu'on mesure, il faut que les points moyens de points homologues se trouvent tous dans ce plan dans les limites d'une tolérance.

L'autre plan important est le plan horizontal sur lequel on mesure la hauteur ou coordonnée z de chaque point. La base d'une carrosserie doit être "plane", en entendant par là que tous les points de celle-ci doivent avoir leur coordonnée z correcte. Lorsqu'on mesure sur ce plan, on peut trouver des déformations par torsion ou flexion de la carrosserie.

Enfin, le plan transversal sert de référence pour trouver les coordonnées longitudinales de chaque point et il permet de détecter des variations (en général des raccourcissements) de la longueur de la carrosserie.

### Contrôles relatifs

Cependant, tout en ayant parlé jusqu'à présent de l'existence de points essentiels et caractéristiques d'une carrosserie, il faut de toute façon pouvoir les mesurer ou, du moins, réaliser certaines vérifications avant, pendant et après une réparation.

Les outils qui permettent d'effectuer ces mesurages sont:

- Compas à pointes gradué.
- Banc.

Le compas à pointes gradué sert pour connaître la distance relative entre deux points. Il s'agit d'un outil ou instrument facile à manier et très utile pour détecter dans un contrôle des variations de distances. C'est un instrument précieux pour une première approche des dommages subis par une carrosserie.

### Les système de mesure

Étant donné qu'en procédant à une réparation, on s'efforce le plus possible de rendre au véhicule son état originel, il faut que la carrosserie soit "mise en cotes".

Pour ce faire, il existe des systèmes de mesure de type universel qui peuvent être utilisés avant (diagnostic), pendant et après (vérification) la réparation.

Fondamentalement, on peut établir deux grands groupes de systèmes mécaniques de mesure ou de contrôle avec leur banc d'étirage correspondant:

- Système d'outillages.
- Système de mesures ou universel.

Parmi les systèmes homologués par SEAT, le banc Celette avec les outils MZ entrerait dans le premier groupe, tandis que le Metro 2000 de la même marque correspondrait au système de mesures par règles ou universel.

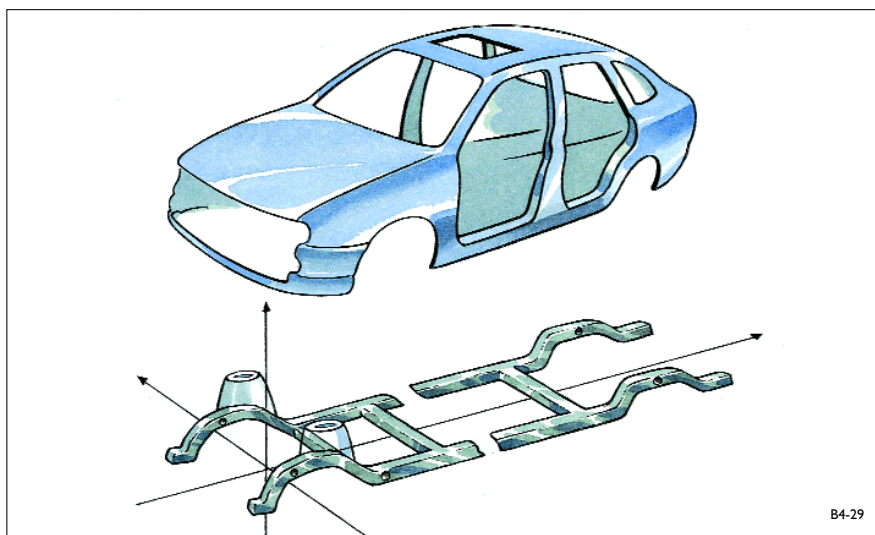
Dans le premier cas, on crée un "gabarit" dans l'espace à l'aide d'outils qui déterminent des points spatiaux

sur des positions exactes. Avec ces points il doit être possible de faire coïncider les points de la carrosserie qui servent de contrôle.

Cependant, avec le deuxième système, les points de mesure placés sur "règles" sont en coïncidence avec les points réels de la carrosserie. Si la lecture donnée par les règles coïncide avec celle qui est indiquée par le fabricant du véhicule, on peut affirmer que le véhicule se trouve "dans les limites des cotes".

Toutefois, il est apparu récemment des systèmes de mesure sophistiqués basés sur des techniques de rayon laser ou d'ultrasons, capables de mesurer une carrosserie d'une manière fiable, rapide et exacte.

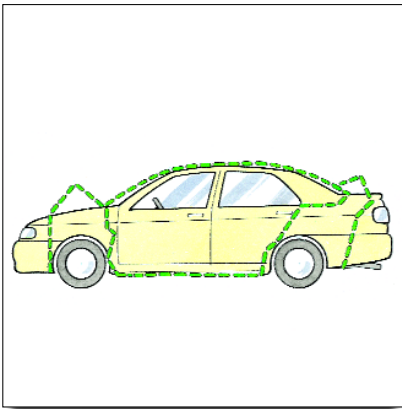
Ce sont les systèmes dits "systèmes de mesure électroniques multipoints".



*Les points les plus importants qui doivent être vérifiés dans une carrosserie correspondent généralement à ceux de sa base et aux points d'ancrage de suspensions, direction et groupe motopropulseur.*

*“Une carrosserie doit contribuer à la sécurité,  
en apportant de la stabilité en cours de marche et en garantissant le maximum  
de protection aux occupants en cas d'accident éventuel”.*

## LA SÉCURITÉ ACTIVE ET LE MOUVEMENT



Les zones déformables avant et arrière d'une carrosserie ont une grande importance dans la sécurité passive que le véhicule offre aux occupants.

### La sécurité

La sécurité est un des facteurs qui influent le plus dans la conception d'une automobile et donc de sa carrosserie. La sécurité est tout ce qui contribue à éviter un accident ou à minimiser les dommages quand celui-ci a eu lieu.

À partir de cette définition, on peut déduire les deux types de sécurité de base: sécurité active et sécurité passive respectivement.

### La sécurité active

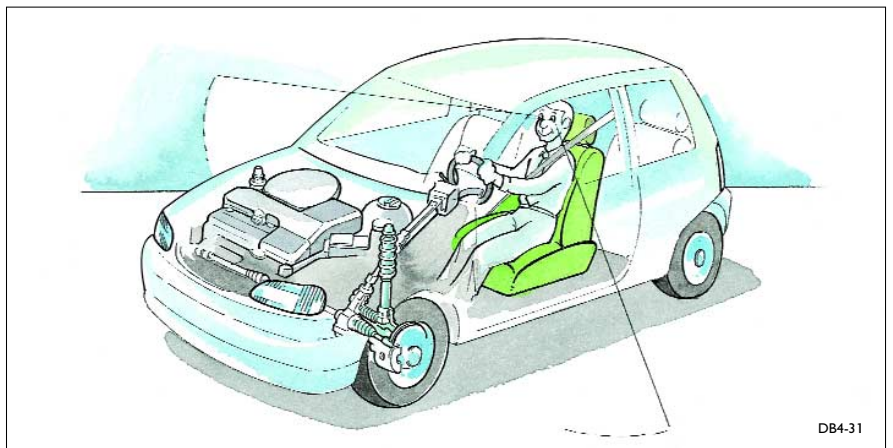
Dans la sécurité active, on peut inclure tout ce qui, d'une façon ou d'une autre, améliore la conduite, en évitant donc la possibilité d'un accident. Des mécanismes totaux comme une direction précise et confortable, des freins efficaces et résistants, un moteur puissant capable de sortir d'affaire un automobiliste

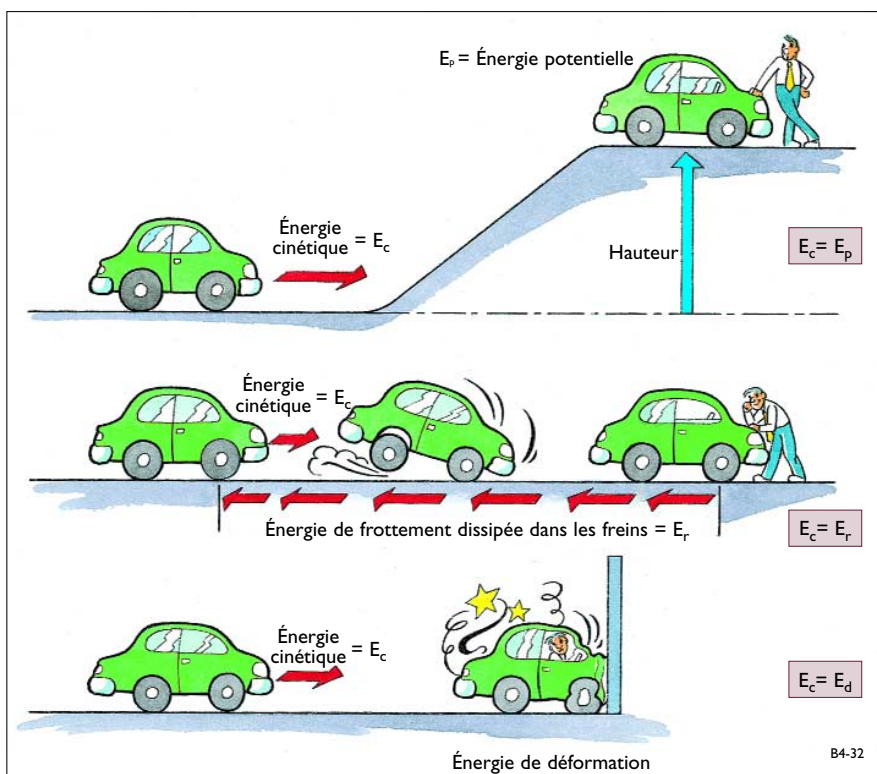
négligent, des freins en bon état ou des suspensions équilibrées entre confort et adhésion font partie de tout ce qui peut entrer dans la sécurité active.

Cependant, des aspects qui parfois sont considérés comme moins importants, tels que le confort intérieur, l'ergonomie du poste de conduite ou la visibilité diminuent la fatigue du conducteur et contribuent donc à la sécurité active. Ils font partie de ce qu'on a commencé à appeler "sécurité psychologique".

En plus de ce que l'on vient d'exposer, la carrosserie participe aussi à la sécurité active.

Une carrosserie bien conçue produit peu de bruits aérodynamiques, elle est rigide et facilite le travail de la direction et des suspensions, ce qui améliore la sécurité dynamique.





## EN PROFONDEUR

### L'énergie cinétique

L'énergie de mouvement ou cinétique d'un mobile dépend de la masse de celui-ci et de sa vitesse, selon la formule suivante:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

où:

$E_c$  = énergie cinétique.

$m$  = masse.

$v$  = vitesse.

Un mobile qui se déplacerait à la même vitesse qu'un autre, mais qui pèserait le double, aura donc le double d'énergie cinétique. Cependant, si une automobile égale à une autre se déplace à une vitesse double, son énergie sera ... 4 fois plus grande!

## Sécurité passive

Toutefois, quand la carrosserie intervient le plus, c'est en cas d'accident, puisqu'alors elle a pour mission de protéger les occupants en évitant que ceux-ci ne subissent de dommages corporels ou en minimisant ceux-ci s'ils étaient inévitables.

## Le concept d'énergie

Quand une automobile est en marche, par le simple fait de se déplacer, elle a une certaine quantité d'énergie connue comme énergie cinétique ou de mouvement.

Comme l'énergie ne peut se créer ni se détruire, mais simplement se transformer, quand le véhicule perd de la vitesse, cette énergie cinétique se transforme en un autre type d'énergie.

Si la perte de vitesse s'est produite sous l'action des freins, la transformation s'est faite en énergie calorifique qui s'est dissipée dans l'air ambiant. Cependant, si elle s'est produite par l'apparition d'une côte, le changement s'est emmagasiné dans le véhicule sous forme d'énergie potentielle ( $E_p$  = poids x hauteur).

*“En cas d'accident, l'énergie de mouvement d'un véhicule doit être absorbée par la carrosserie comme énergie de déformation”.*

## LA SÉCURITÉ PASSIVE ET LA DÉFORMATION

### EN PROFONDEUR

#### Énergie, chaleur et travail

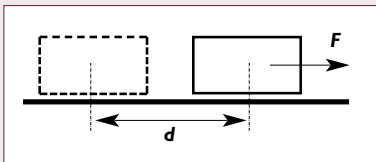
La chaleur est une forme de plus d'énergie. Il existe en fait une équivalence entre l'unité de chaleur ou “calorie” et l'unité d'énergie ou “joule”.

$$1 \text{ calorie} = 4,18 \text{ joules}$$

Le travail est aussi un peu équivalent à l'énergie et se mesure donc en joules.

Le travail est un concept énergétique qui existe chaque fois qu'il apparaît une force appliquée sur un point en mouvement.

$$\text{Travail} = \text{force} \times \text{distance}$$



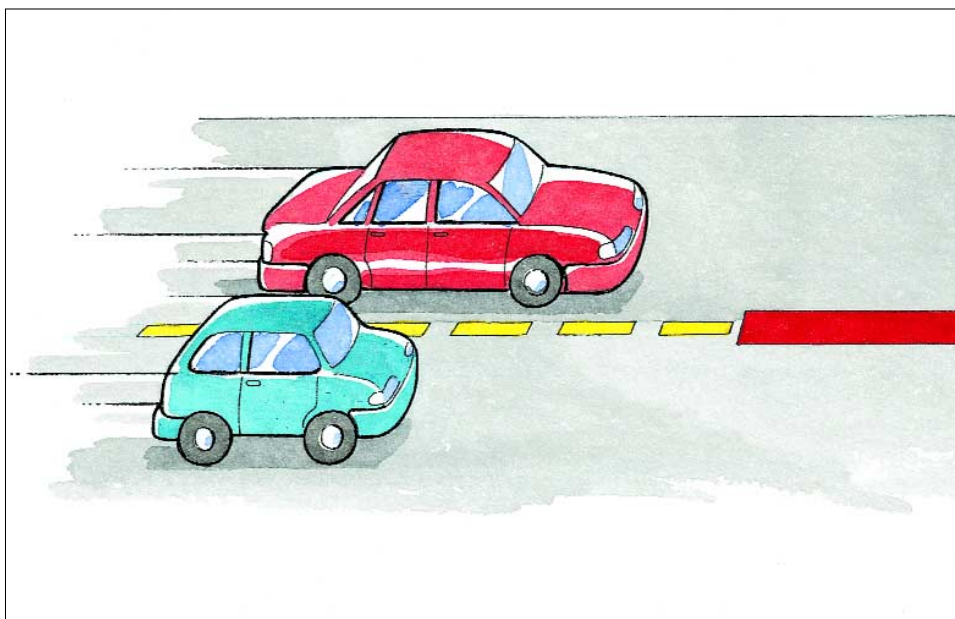
Quand un véhicule a un accident, il est évident que l'énergie de mouvement qu'il avait ne peut se perdre par une perte de vitesse, mais ce qui arrive c'est qu'elle se transforme en énergie de déformation ou de travail investi dans le pliage de la tôle. Si l'on imagine la tôle d'acier comme un ressort comprimé, l'énergie nécessaire pour la déformer pourrait se comparer à celle qui est nécessaire pour comprimer un ressort, sauf que dans ce dernier cas, cette énergie est récupérable tandis que dans l'autre, non.

Comme dans le cas d'un ressort, plus grande est la capacité de déformation de la carrosserie, meilleure est la capacité d'absorption d'énergie.

Si cette capacité d'absorption d'énergie n'existait pas, il arriverait qu'un choc serait parfaitement élastique, ce qui le rendrait beaucoup plus violent, parce que les corps tendent à ne pas perdre de vitesse mais à changer la direction de celle-ci, comme dans le cas des boules de billard. S'agissant d'un véhicule, les dommages subis seraient alors minimes, mais ses occupants recevraient un choc beaucoup plus violent et moins amorti.

Consciente de l'importance des carrosseries dans le domaine de la sécurité passive, SEAT équipe celles-ci de zones d'absorption d'énergie aussi appelées “de déformation programmée”. En cas d'impact, ces zones se déforment progressivement,

Quand deux véhicules choquent contre un obstacle rigide, le véhicule avec le plus de masse doit transformer une plus grande quantité d'énergie. Il est donc nécessaire d'augmenter le degré de déformation.



en absorbant l'énergie cinétique qu'avait le véhicule au moment du choc.

Le design de celles-ci se fait en respectant des normes ayant pour but de garantir, dans un essai à 50 km/h contre un obstacle fixe et parfaitement rigide, le maximum de déformation de la carrosserie sans une atteinte considérable de l'habitacle.

Avec ce critère, on obtient que les dommages corporels soient faibles, l'espace de survie se maintenant et les lésions internes étant minimisées par des décélérations élevées.

On voit donc que la conception des carrosseries implique un compromis entre déformation maximum pour

une quantité d'énergie donnée.

Actuellement, la plupart des fabricants considèrent que la capacité de déformation doit impliquer l'absorption de l'énergie d'un véhicule se déplaçant à 55 km/h. Ce critère pourrait être modifié, en rendant par exemple la carrosserie plus rigide pour que l'absorption soit plus grande, mais dans ce cas, les dommages se produiraient par décélérations élevées.

En plus des chocs frontaux, on tient compte de la protection contre retournement, collisions arrière ou coup latéral, de sorte que l'habitacle soit obligatoirement considéré comme la dernière partie déformable d'une carrosserie dans n'importe quel accident.

## EN PROFONDEUR

### La dimension et la sécurité

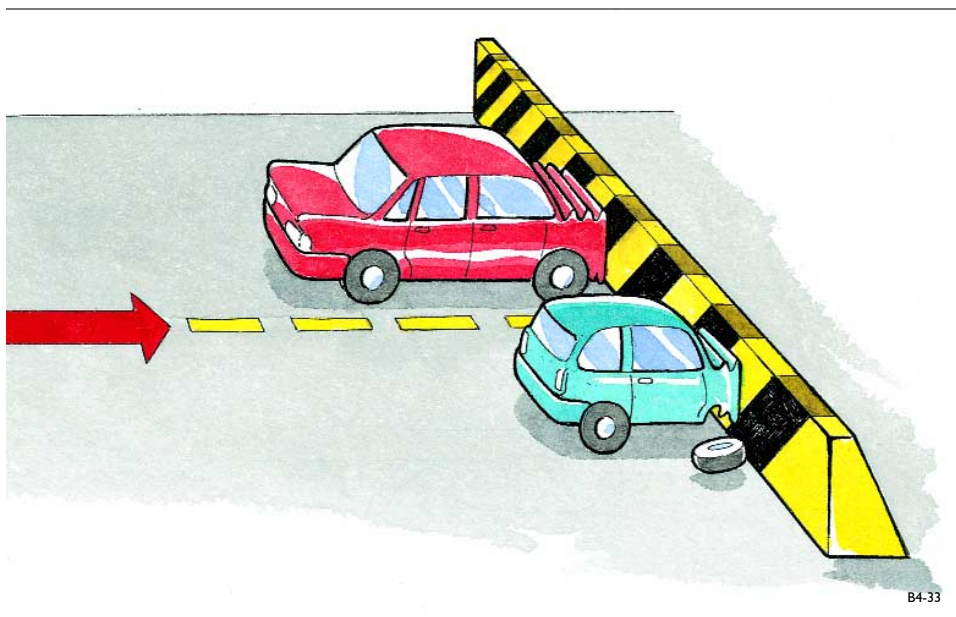
*C'est une erreur de considérer qu'entre deux voitures modernes, la plus grande est toujours la plus sûre. Ce n'est qu'une demi-vérité qui n'est pas vérifiée si le véhicule choque contre un obstacle rigide comme un mur ou un arbre.*

*L'explication en est qu'une grande voiture a plus de masse qu'une petite et donc plus de quantité d'énergie à libérer dans un choc.*

*Comme cette énergie doit se transformer en énergie de déformation et que les seules pièces déformables sont celles du véhicule lui-même, il faut ou bien augmenter le degré de déformation ou bien la quantité de masse (ou nombre de pièces à déformer). C'est-à-dire que deux voitures identiques mais d'une échelle différente l'une par rapport à l'autre, en choquant toutes les deux contre un mur à la même vitesse, se déformeraient aussi de la même façon relative.*

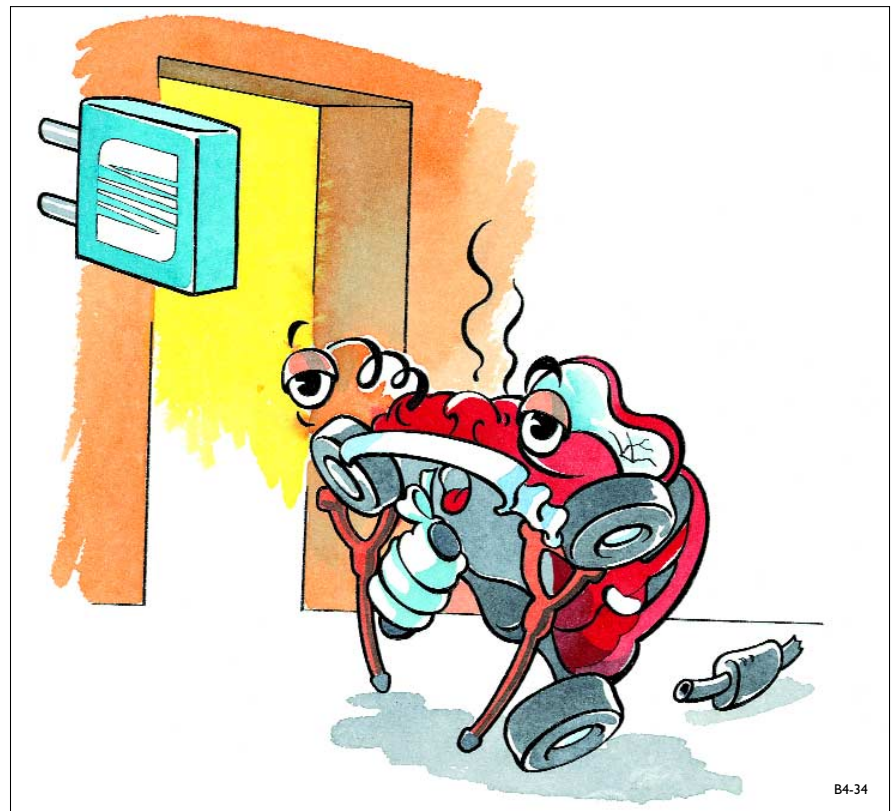
*Il n'en est pas de même si deux véhicules choquent entre eux et que l'un est considérablement plus grand que l'autre. Dans ce cas, l'énergie tend à "se répartir" entre les deux et, généralement, si tous les deux subissent les mêmes dommages, il est évident que ceux-ci atteindront avant l'habitacle de la voiture plus petite.*

*Un traitement différent est réservé aux dommages internes subis par les passagers à la suite des décélérations supportées, qui sont généralement d'autant plus importants que la carrosserie est plus petite.*



*“Quand une carrosserie a subi un dommage, le but de la réparation est de lui redonner toutes ses propriétés originelles, tant esthétiques qu’au niveau de la sécurité ou de sa durabilité”.*

## LA RÉPARATION DE LA CARROSSERIE



### La réparation

Dans les chapitres antérieurs, on a exposé très brièvement la complexité des carrosseries modernes et leur importance dans le comportement dynamique du véhicule et dans la sécurité passive offerte à ses occupants.

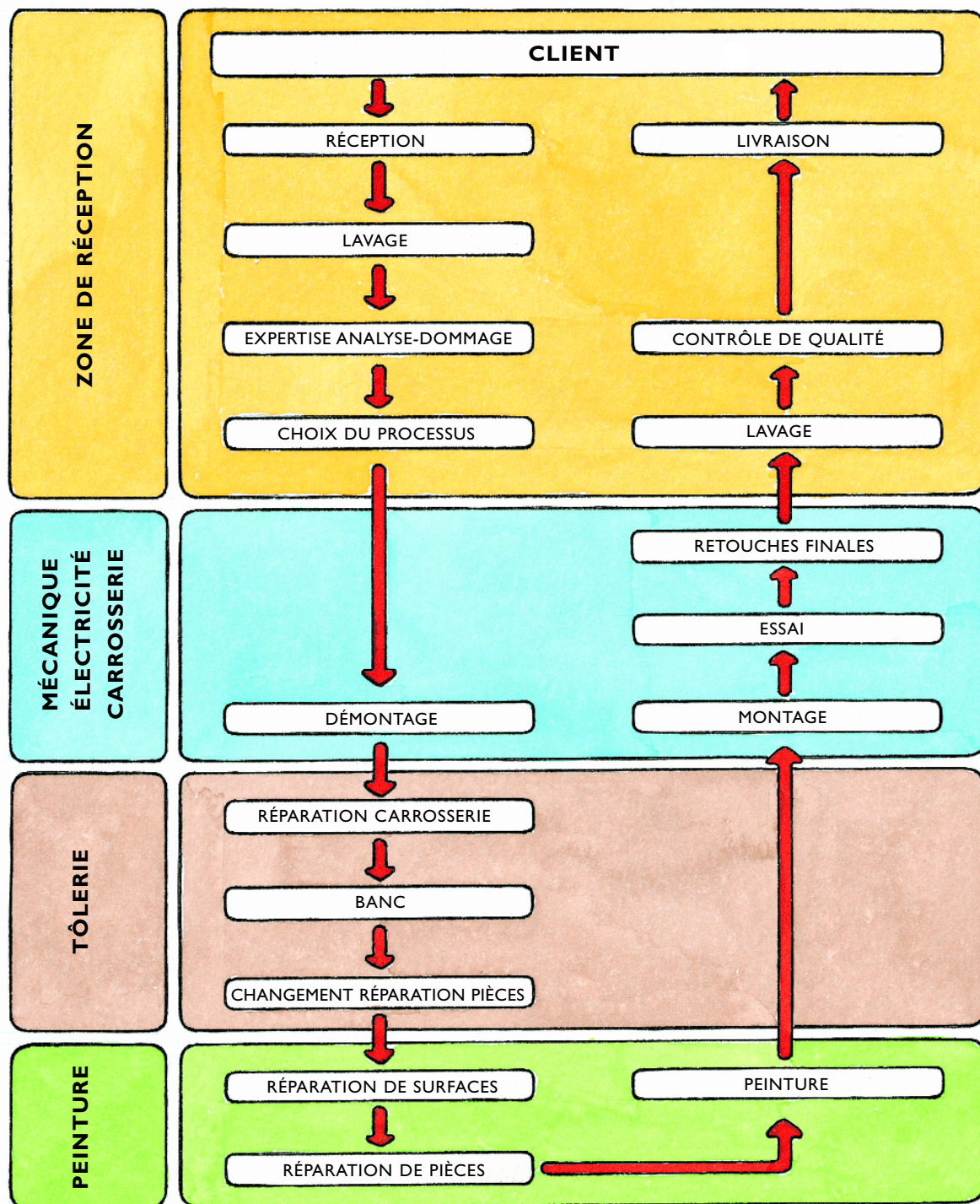
Les réparations doivent donc se faire de façon à garantir une restauration à l'état originel des caractéristiques suivantes:

- Esthétique: l'aspect de la carrosserie une fois réparée doit être au moins égal à celui qu'elle

présentait étant neuve.

- Sécurité active: la carrosserie ne doit pas être moins rigide que quand elle a été fabriquée.
- Sécurité passive: la protection à l'égard des occupants doit être garantie jusqu'au degré prévu par le fabricant, on ne devra donc pas poser de renforts inutiles, ignorer des points faibles ou des asymétries dans les propriétés mécaniques.
- Durabilité: une carrosserie réparée ne devrait pas durer moins qu'une neuve.

## Diagramme général de la réparation



## L'analyse des dommages

Quand une automobile a subi un accident qui a provoqué des déformations permanentes et qu'il faut procéder à sa réparation, la première des opérations à effectuer est d'établir le diagnostic de l'état du véhicule, surtout le contrôle de l'état de sa carrosserie et des organes mécaniques. L'apparence extérieure du sinistre ne révèle pas la portée réelle des dommages. Un processus correct et exhaustif d'analyse des dommages est fondamental pour pouvoir choisir la méthode correcte de réparation. On donne ci-dessous les étapes à suivre dans ce processus:

### • Le contrôle visuel et tactile

Il comprend:

- Vérification du degré de déformation de toutes les pièces endommagées et de celles qui sont proches.
- Estimation des dommages subis par les parties structurales de la carrosserie.
- Étudier en fonction du choc la possibilité que d'autres pièces éloignées de la zone d'impact aient pu être touchées.

### • Vérification de l'alignement des roues

Un examen des cotes de direction peut révéler des variations dans les

angles indiquant que les positions d'ancrage de celle-ci à la carrosserie se sont modifiées. Ce qui indiquera inévitablement que celle-ci a subi des variations ou des déformations permanentes dans l'impact.

### • Vérification des diagonales

Comme nous l'avons vu dans un chapitre antérieur, dans une carrosserie des points symétriques par rapport au plan longitudinal du véhicule peuvent être définis. Si l'on choisit quatre d'entre eux, il faut trouver la même distance entre deux points non symétriques et leurs homologues. Si ce n'est pas le cas, il faut procéder à la réparation des zones concernées.

### • Vérification de la plate-forme

Certaines déformations ne sont pas facilement détectables par les méthodes indiquées précédemment, puisqu'il se peut que les distances relatives entre points se maintiennent mais que pourtant la carrosserie se soit déformée. C'est le cas de déformations par torsion ou pliage.

Cette vérification peut s'effectuer soit à l'aide de compas à pointes soit par un mesurage sur banc.

#### • Vérification à l'aide de gabarits

Une méthode rapide et exacte pour vérifier l'état de la carrosserie consiste à y appliquer des gabarits-patron fournis par le fabricant pour vérifier si la carrosserie s'y ajuste. Il s'agit d'outils fabriqués spécialement pour chaque modèle et qui doivent être légers, exacts et rigides.

Avec les méthodes décrites, on peut effectuer une première approximation du degré de déformation subi par la structure de la carrosserie.

Il faut ensuite examiner l'ensemble des pièces endommagées, ce qui peut requérir, dans certains cas, de démonter une partie du véhicule.

#### Établissement de la méthode de réparation

L'analyse du diagnostic des dommages a comme fonction d'établir la possibilité de la réparation.

Les méthodes de réparation à employer sont déterminées par l'étude des facteurs suivants:

- Étendue des dommages.
- Coût de remplacement des pièces endommagées, résultant de la connaissance du coût des pièces de rechange et de celui de la main-d'oeuvre pour les remplacer.
- Possibilité de réparer au lieu de remplacer des pièces endommagées.
- Moyens de réparation disponibles.



*Le but de toute réparation est de rendre au véhicule son aspect et ses propriétés d'origine.*

# EXERCICES D'AUTO-ÉVALUATION

Dans les exercices d'auto-évaluation qui suivent, figurent des épreuves en rapport avec les thèmes traités dans ce cahier de base. L'analyse de ces exercices vous permettra de connaître votre degré de compréhension.

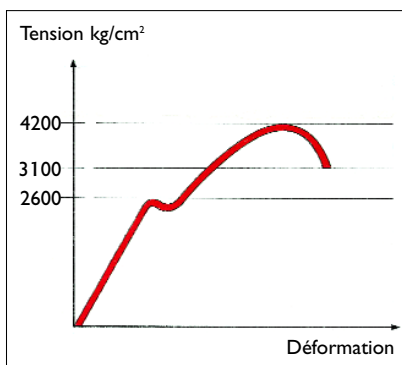
“Rappelez-vous qu'il n'y a qu'une réponse correcte pour chaque question”.

**1. Une carrosserie autoportante n'a pas de pièces structurales.**

- A. Vrai.
- B. Faux.
- C. Dépend du véhicule.

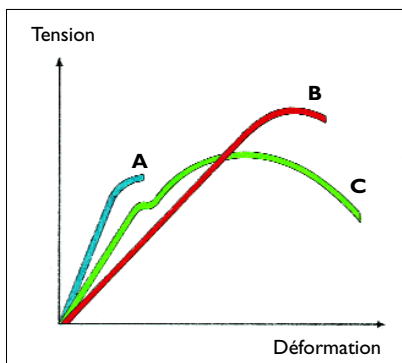
**2. La carrosserie autoportante est moins rigide que celle qui est unie à un châssis.**

- A. Vrai
- B. Faux.
- C. La carrosserie autoportante n'est unie à aucun châssis.



**3. Indiquer la valeur de résistance du matériel représenté sur le graphique.**

- A. 2600 kg/cm².
- B. 4200 kg/cm².
- C. 3100 kg/cm².



**4. Indiquer lequel des graphiques suivants correspond à un matériau plus rigide.**

- A. ☐
- B. ☐
- C. ☐

**5. La déformation plastique d'un matériau se produit quand:**

- A. Il est surchargé par rapport à sa limite élastique.
- B. Il est soumis à un impact.
- C. Il est peu rigide.

**6. Tous les aciers d'une carrosserie sont soudables de la même façon.**

- A. Vrai.
- B. Faux.
- C. Seulement les structuraux.

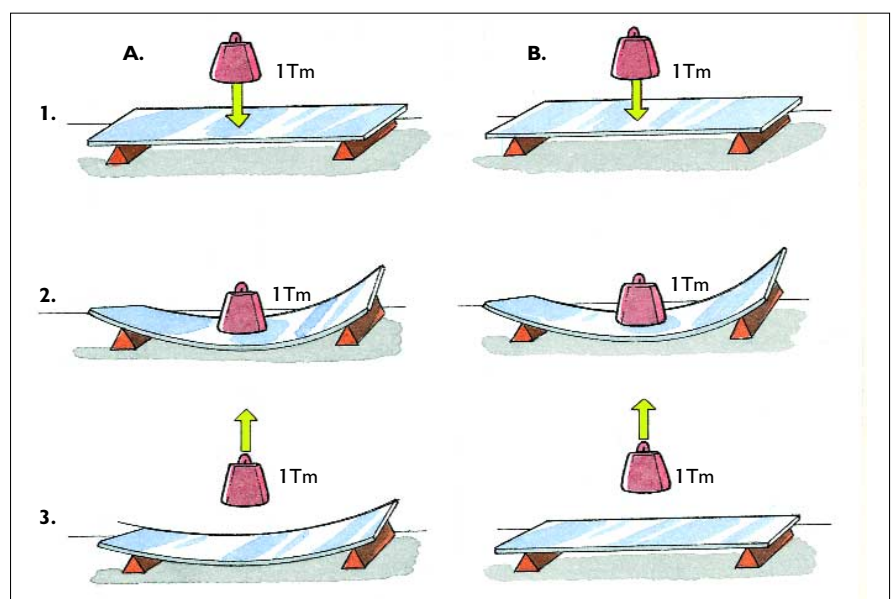
**7. L'acier utilisé dans les tôles de carrosserie est de faible teneur en carbone.**

- A. Vrai.
- B. Seulement les aciers ALE.
- C. Cela dépend de la carrosserie.

**8. Lequel des aciers suivants correspond à un acier ALE?**

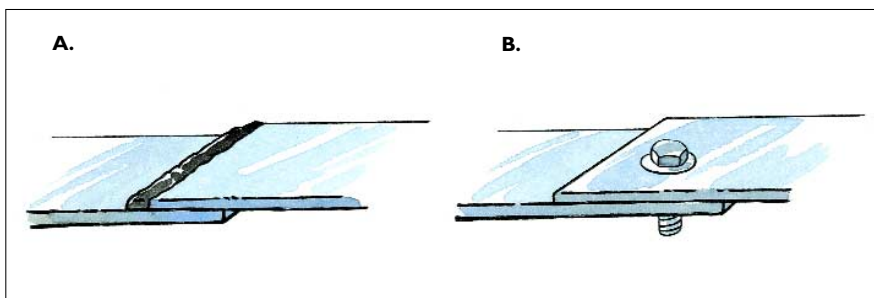
A. ☐

B. ☐



**9. L'estampage de la tôle pour la fabrication de pièces de carrosserie oblige à utiliser des aciers:**

- A. À haute limite élastique.
- B. De haute ductilité et façonnabilité.
- C. À haute résistance.

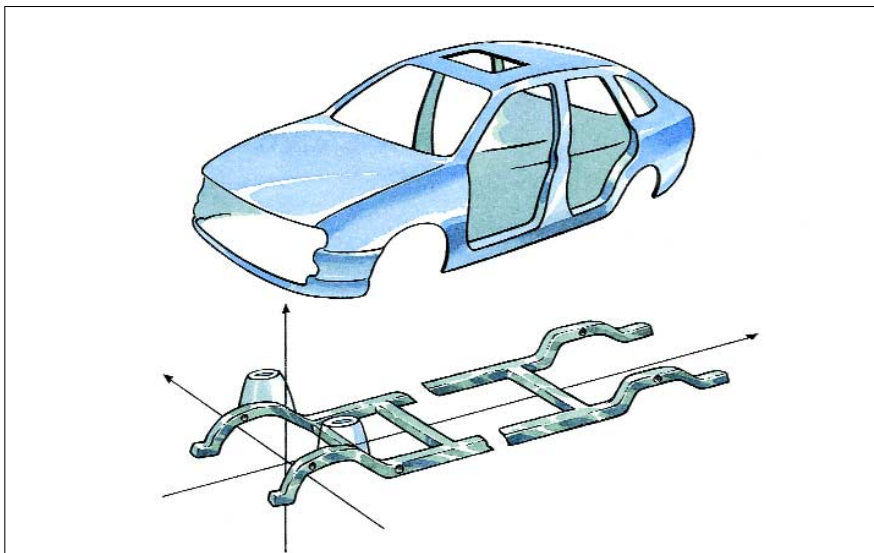


**10. Parmi les types d'union suivants, lequel est considéré comme une union "permanente"?**

- A. ☐
- B. ☐
- C. Aucun des deux.

**11. Les pièces avec responsabilité structurale sont généralement unies par:**

- A. Soudure.
- B. Adhésif.
- C. Vis et rivets.



**12. Les cotes géométriques d'une carrosserie interviennent dans:**

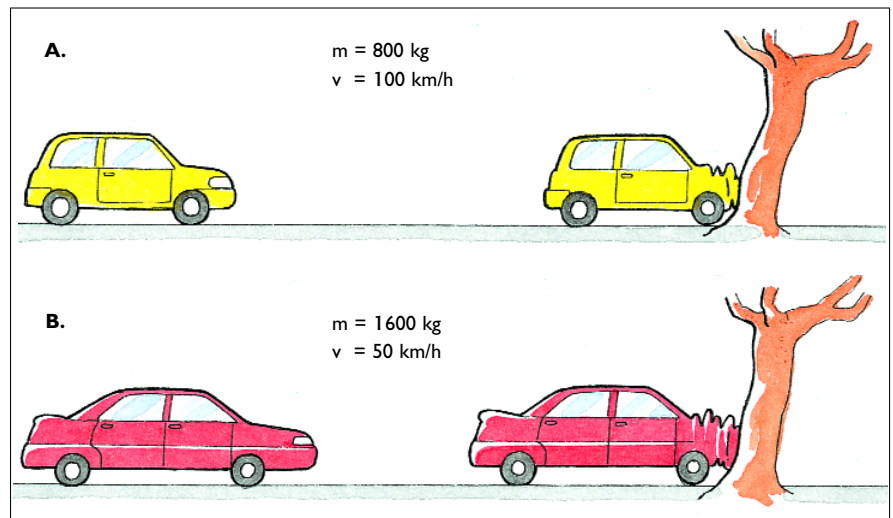
- A. La sécurité passive.
- B. La sécurité active.
- C. Le contrôle dimensionnel de la carrosserie.

**13. La rigidité de la carrosserie intervient dans la sécurité active.**

- A. Faux.
- B. Vrai.
- C. Seulement en cas de choc.

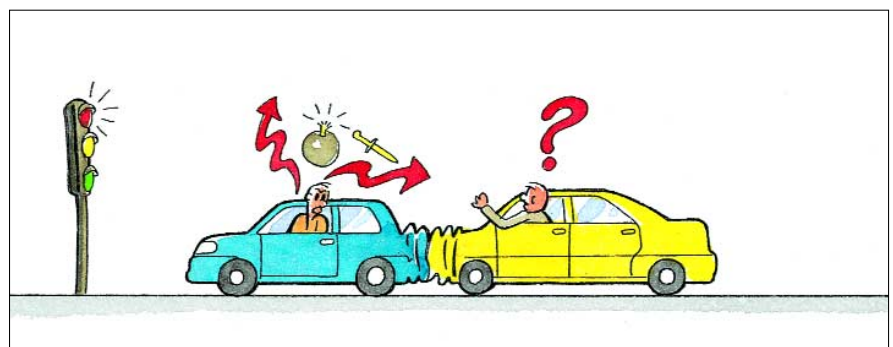
**14. Indiquer lequel des véhicules suivants a la plus grande capacité d'absorption d'énergie, compte tenu du fait que tous les deux se sont pareillement déformés.**

- A. ☐
- B. ☐



**15. Les zones de déformation programmée se situent dans:**

- A. La partie avant.
- B. La partie arrière.
- C. Toutes les deux.



**SOLUTIONS:**

1: B - 2: B - 3: B - 4: A - 5: A - 6: B - 7: A - 8: B - 9: B - 10: A - 11: A - 12: B - 13: B - 14: A - 15: C





## SERVICE AU CLIENT Organisation du Service

État technique 05.97. Dû au développement et améliorations permanents de nos produits, les données figurant dans le présent état peuvent être objet d'éventuelles modifications. L'emploi du présent état est destiné exclusivement à l'organisation commerciale SEAT.

ZSA 43807975004                      FRA04CB                      JUIL. '97 50-04