



AUDI A2 - Carrosserie

Conception et fonctionnement

Programme autodidactique 239

L'Audi Space Frame ASF® de l'A2

Les objectifs de conception de l'Audi A2

Economie de poids d'au moins 40 % sur la carrosserie par rapport à son homologue acier, posant les bases d'un futur véhicule de 3 litres.

Exploitation du potentiel de construction allégée.

Mesures

Réalisée grâce à une carrosserie aluminium de type Space Frame.

Conception rendue possible par mise en oeuvre des demi-produits perfectionnés de l'aluminium : pièces coulées, profilés extrudés et tôles.



SSP239_007

Rentabilité au niveau production pour la première fabrication en grande série d'un véhicule aluminium.

Cela a pu être réalisé par une méthode de conception permettant un degré d'automatisation élevé lors de la production de la coque nue.

Satisfaction des exigences les plus sévères en matière de rigidité et excellent comportement en cas de collision - "best in class".

Aluminium : le matériau

Développement historique chez Audi	4
Fabrication	6
Propriétés	8
Recyclage	12

L'Audi Space Frame – ASF® de l'A2

Concept technique	14
Vue d'ensemble des ASF® - A8 et A2	16
Composants	18

Techniques d'assemblage

Vue d'ensemble	24
Méthodes de fabrication	25
Rivetage par poinçonnage	25
Hydroformage	26
Soudage au gaz inerte avec apport de métal	28
Soudage laser	29

Toit OPEN SKY

Conception et fonctionnement	34
Travaux de montage	38

Protection des occupants 39

Concept de réparation 46

Peinture 52

Rétrospective : technologie aluminium de l'A8

L'ASF® de l'Audi A8	54
Concept de réparation	58

Le Programme autodidactique renseigne sur la conception et le fonctionnement.

Le programme autodidactique n'est pas un Manuel de réparation !

Pour les travaux de maintenance et de réparation, toujours utiliser les ouvrages techniques les plus récents.

Nouveau !



**Attention !
Nota !**

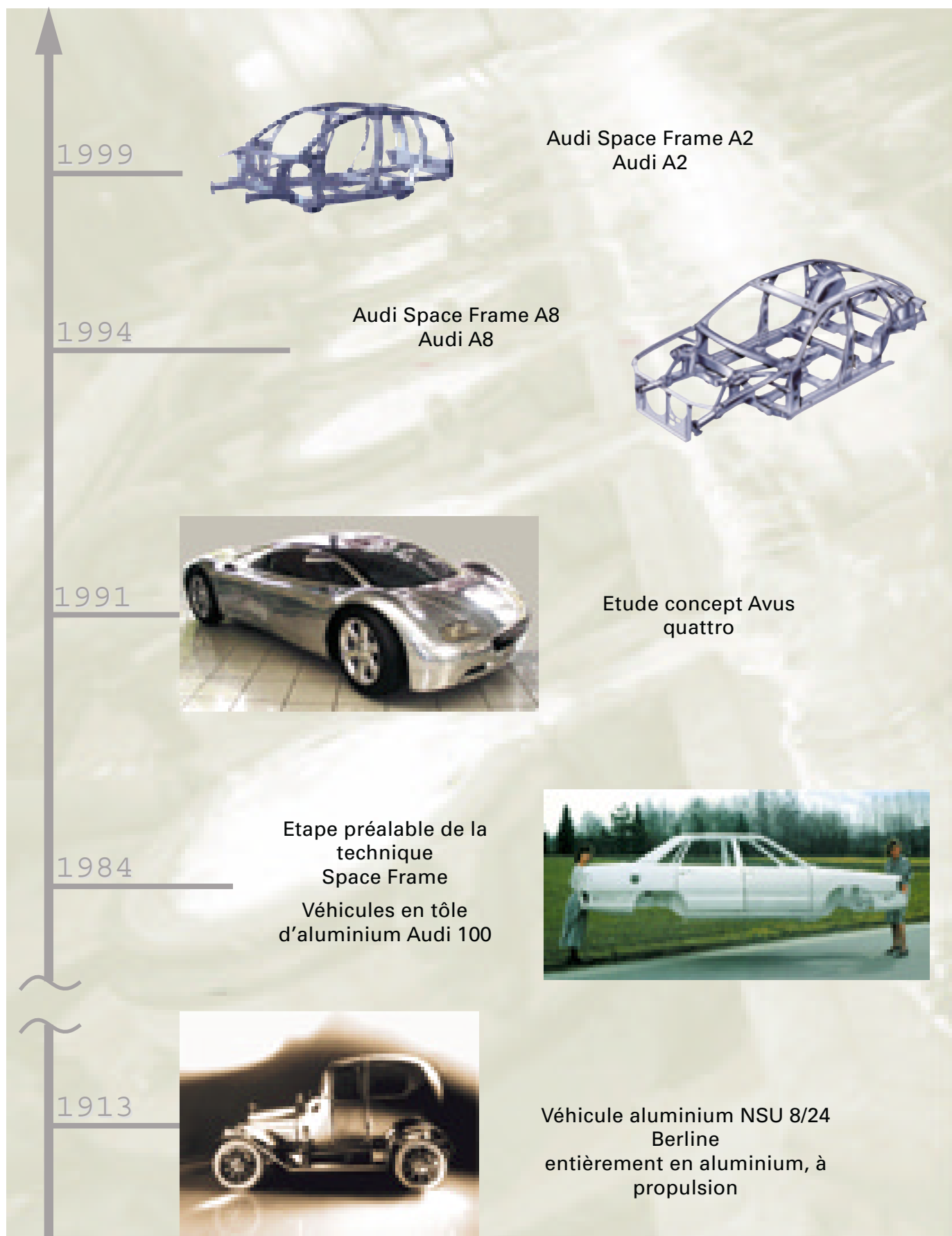


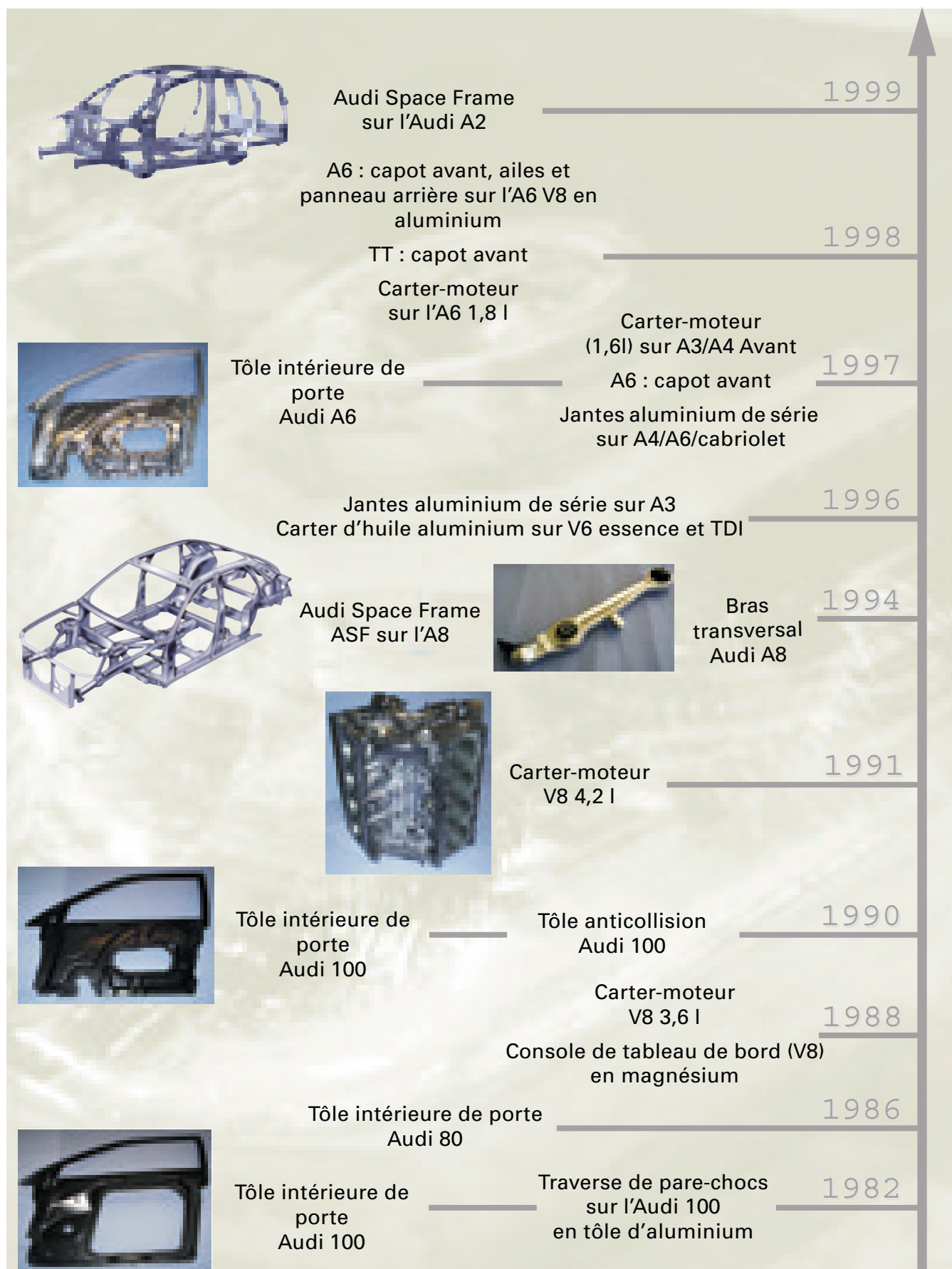
Aluminium : le matériau



Développement historique chez Audi

Concepts de véhicules





Aluminium : le matériau

Fabrication

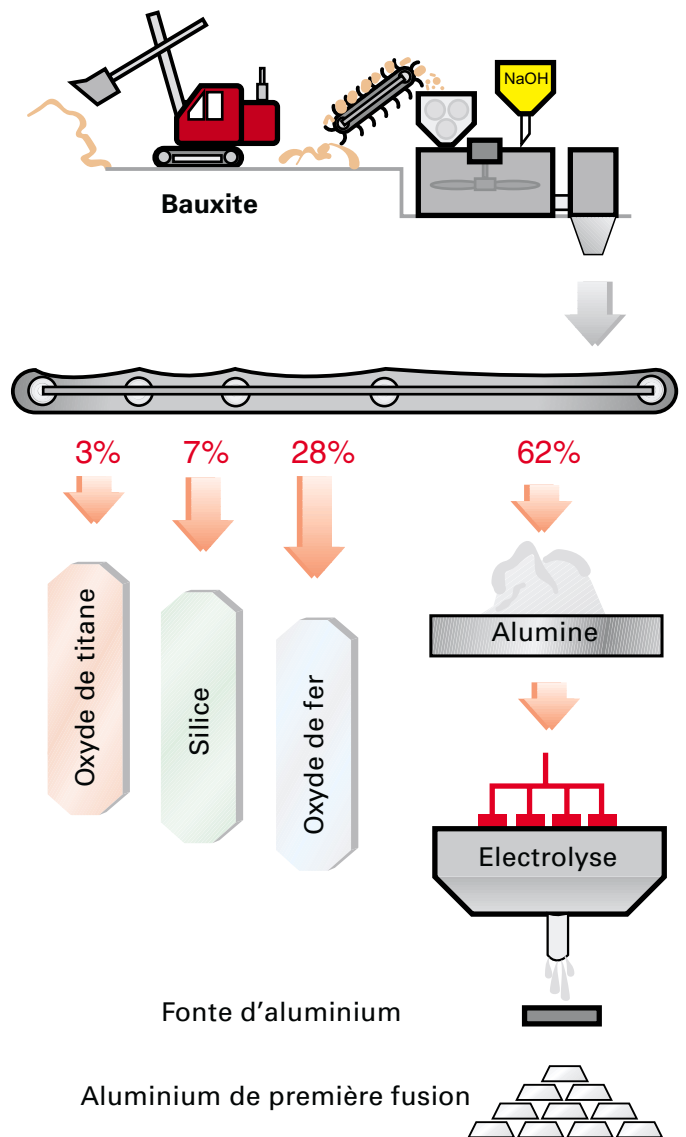
La matière première de l'aluminium est la bauxite

- Il s'agit d'un produit d'évolution des roches silico-calcaires dans des conditions climatiques particulières.
- Elle tire son nom du gisement des Baux-de-Provence (près d'Arles).

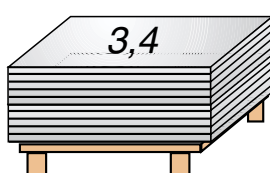
Il s'agit actuellement du métal le plus fréquemment utilisé après l'acier, bien qu'il ne soit passé dans le domaine industriel que depuis une centaine d'années.

La difficulté résidait dans son extraction du minerai, étant donné que l'aluminium forme avec l'oxygène une liaison oxydique très stable et ne peut donc pas, comme dans le cas du fer ou du cuivre, être extrait par fusion en utilisant le carbone comme auxiliaire.

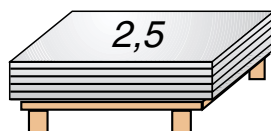
Il a fallu attendre la dynamo de Werner von Siemens, vers la fin du 19^e siècle, pour pouvoir produire de l'aluminium à l'échelle industrielle par voie électrolytique.



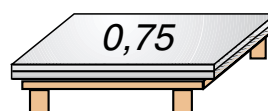
Production [in million de t, 1980] de différents pays producteurs



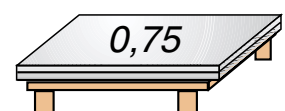
Etats-Unis



ex-
U.R.S.S.



RFA



Norvège

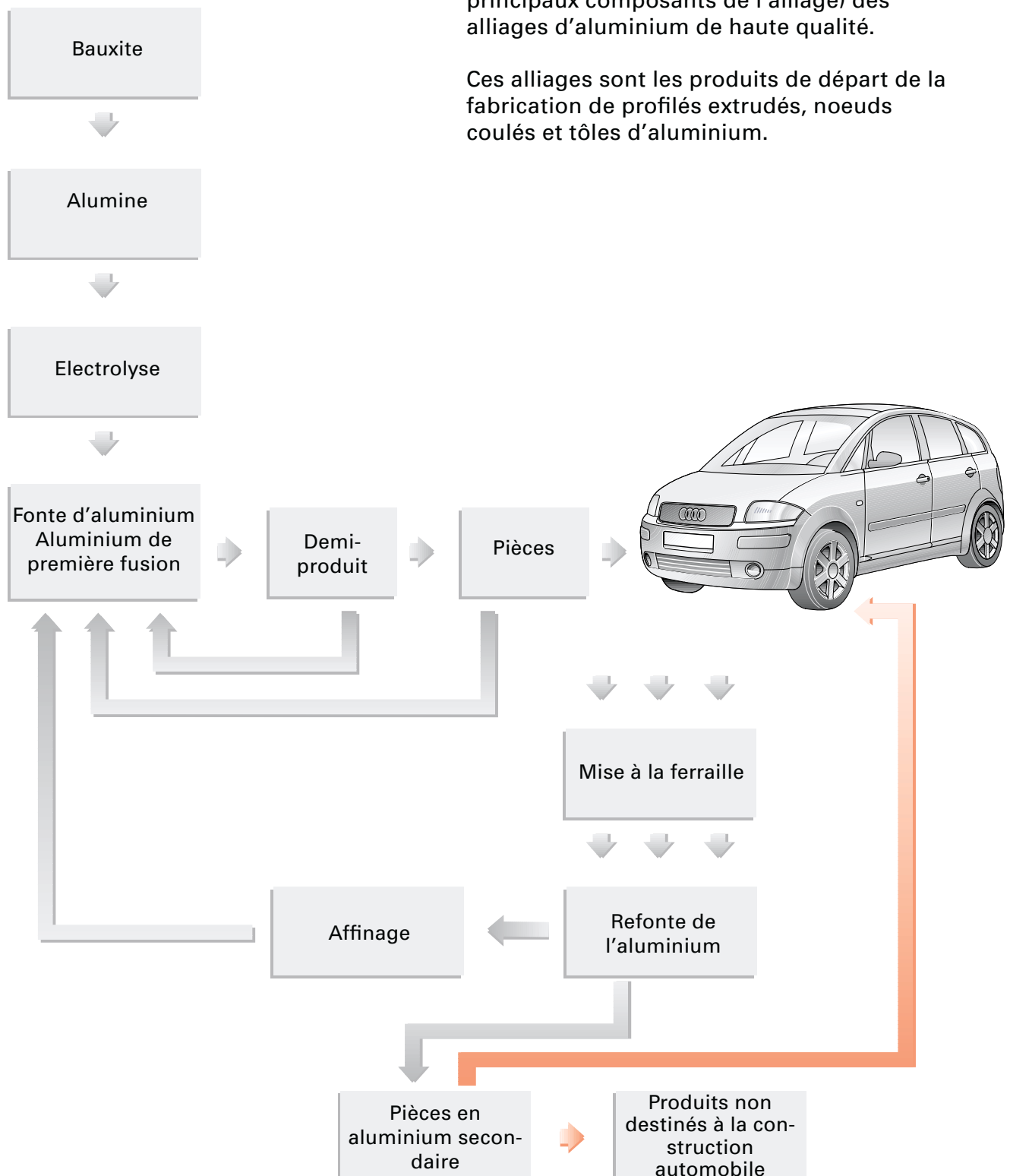
SSP239_069

Aluminium - production et recyclage

On requiert beaucoup d'énergie pour transformer la bauxite en alumine puis, par électrolyse, en aluminium de première fusion.

A partir de cet aluminium, on fabrique, par adjonction de magnésium et de silicium (les principaux composants de l'alliage) des alliages d'aluminium de haute qualité.

Ces alliages sont les produits de départ de la fabrication de profilés extrudés, noeuds coulés et tôles d'aluminium.



SSP239_060

Aluminium - le matériau



Propriétés

Avantages de l'aluminium

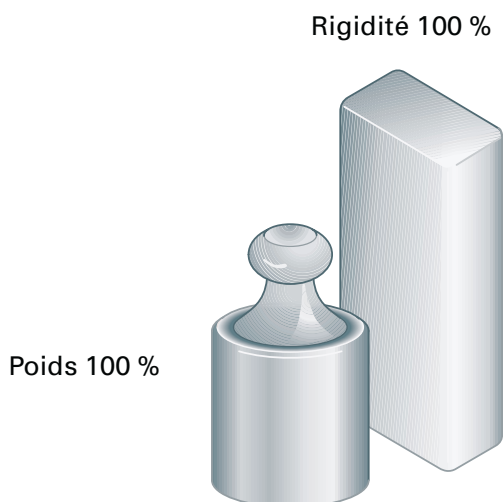
- Le poids spécifique de l'aluminium équivaut à 1/3 de celui de l'acier.
- En présence de l'oxygène de l'air, il forme une fine couche d'oxyde qui se renouvelle régulièrement et protège ainsi le matériau d'une attaque plus profonde.
- Les alliages d'aluminium peuvent être facilement revalorisés et retraités (recyclage).
- Le retraitement ne requiert que 5 % des besoins en énergie nécessaire à la fabrication de l'aluminium primaire.
- L'aluminium peut être recyclé plusieurs fois.
- Le matériau n'est pas toxique.
- Bonnes propriétés de résistance : résistance de 60 à plus de 500 N/mm².
- Bonne résistance chimique aux intempéries et à l'eau de mer.
- Excellente aptitude au formage.
- Tout à fait approprié pour les assemblages par soudage sous gaz de protection (MIG/TIG) et par rayonnement (soudage laser p. ex).

MIG = soudage sous protection de gaz inerte avec métal d'apport

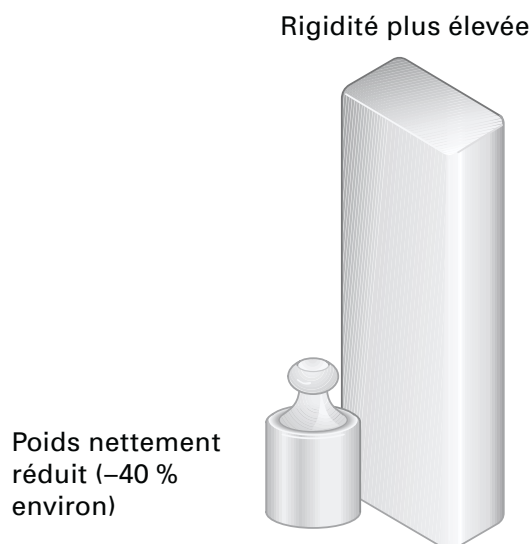
TIG = soudage au tungstène et au gaz inerte

Gaz inerte = gaz de protection

Acier en construction monocoque



Audi Space Frame ASF®



SSP239_058

Poids de la carrosserie réduit d'environ 40 % pour une rigidité équivalente à celle d'une carrosserie acier.



Rigidité de la carrosserie ASF®

La rigidité plus élevée de la carrosserie aluminium par rapport à son homologue acier tient essentiellement à des sections plus importantes alliées à des conceptions de profilés adaptées.

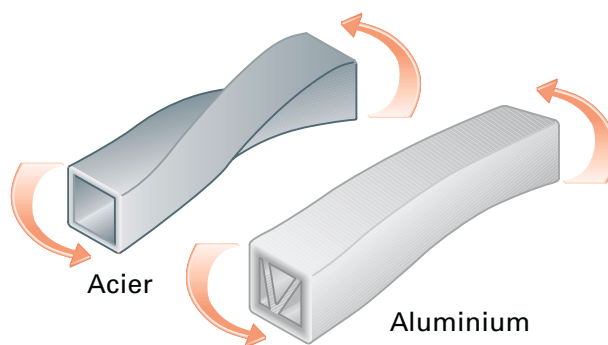
Ceci constitue la base d'une carrosserie aluminium rigide sur le plan statique comme dynamique.

De nouveaux procédés de fabrication dans la technologie des profilés extrudés, des tôles et de la coulée sont mis en oeuvre sur l'A2.

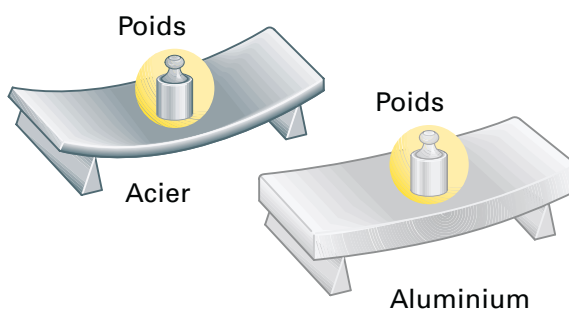
Chaque pièce de la coque nue est dimensionnée de manière optimale, sur le plan de la section comme du poids, en fonction de la sollicitation du matériau.

Il en résulte les carrosseries les plus légères de la catégorie de véhicules considérée, alliées à des valeurs de résistance à la torsion, à la flexion et au flambage optimales.

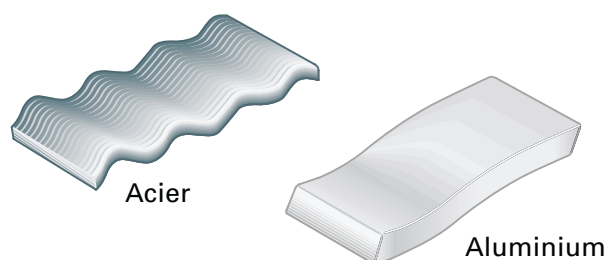
Résistance à la torsion



Résistance à la flexion



Résistance au flambage



Aluminium : le matériau



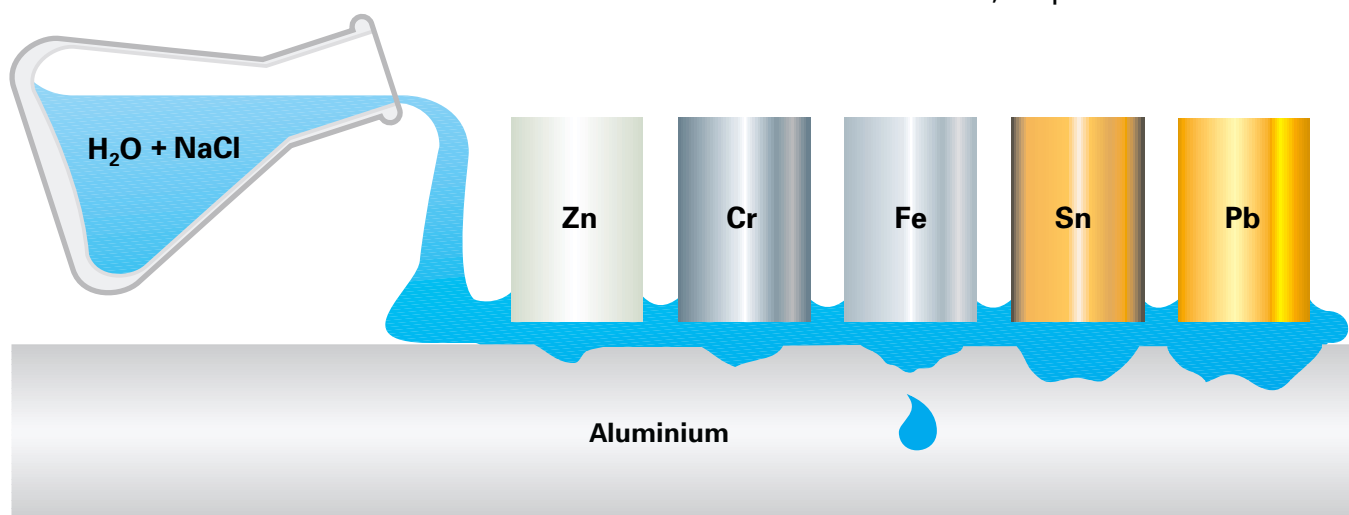
Chaîne de tension électrochimique

En cas de contact de métaux différents, espacés dans la série électrochimique des tensions, il se produit, en présence d'un électrolyte, une corrosion de contact.

Le métal de rang inférieur dans la série électrochimique des tensions est dissout.

La dissolution est d'autant plus importante que les métaux sont espacés dans la série électrochimique des tensions.

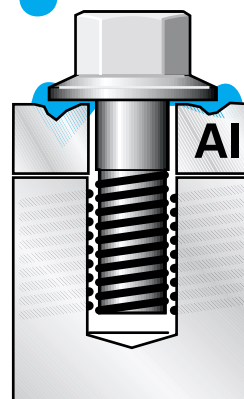
La corrosion de contact de l'aluminium provoque une dégradation rapide, des pièces minces notamment, au point de contact.



SSP239_052

Chaîne de tension électrochimique (extrait)

Plomb - Pb
Étain - Sn
Fer - Fe
Chrome - Cr
Zinc - Zn
Aluminium - Al



Corrosion

SSP239_011

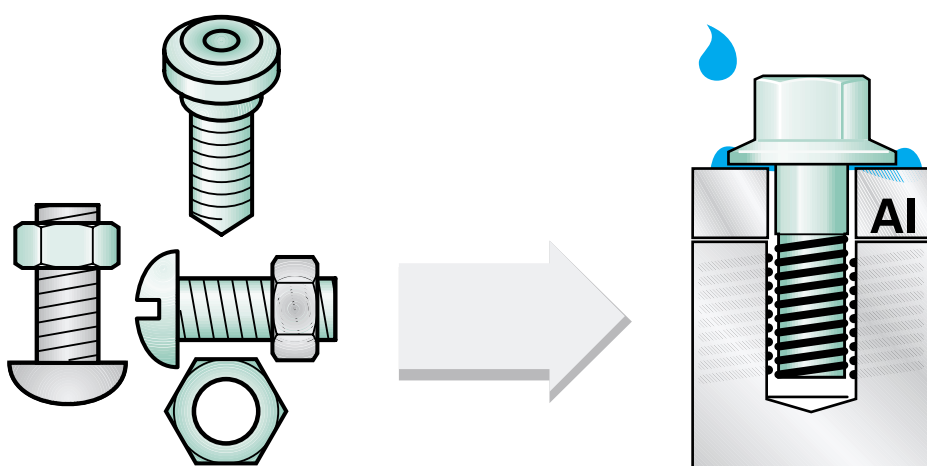


Assemblages vissés sur l'Audi A2

Toutes les fixations entrant en contact avec l'aluminium sont revêtues de Dacromet ou de Delta Ton ou bien pourvues d'autres revêtements évitant la corrosion de contact.

En outre, ces pièces présentent au niveau de l'agent antigrippant une coloration verte, à base de résine alkyde, en vue d'éviter toute confusion avec les éléments de fixation classiques.

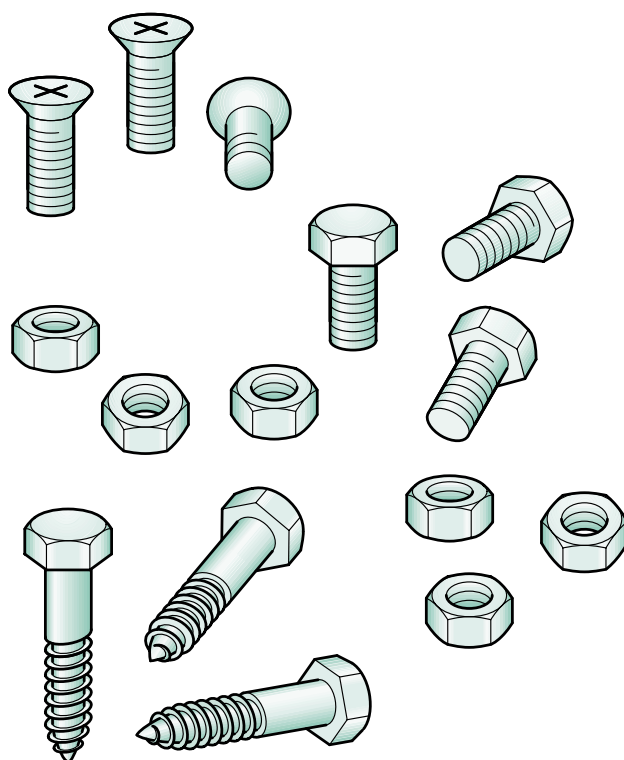
Protection de surface



SSP239_005

Revêtements possibles en vue d'éviter la corrosion de contact

1. Revêtement à base de poudre de zinc ou d'aluminium
(Delta Tone®, Dacromet®)
2. Revêtements spéciaux en alliage de zinc
(Zn/Sn - mécanique - et ZnNi - galvanique)
3. Revêtements aluminium galvaniques
4. Revêtement en étain
(pour métaux colorés)
5. Systèmes mixtes
(zinc + vernis)



SSP239_006

Aluminium - le matériau

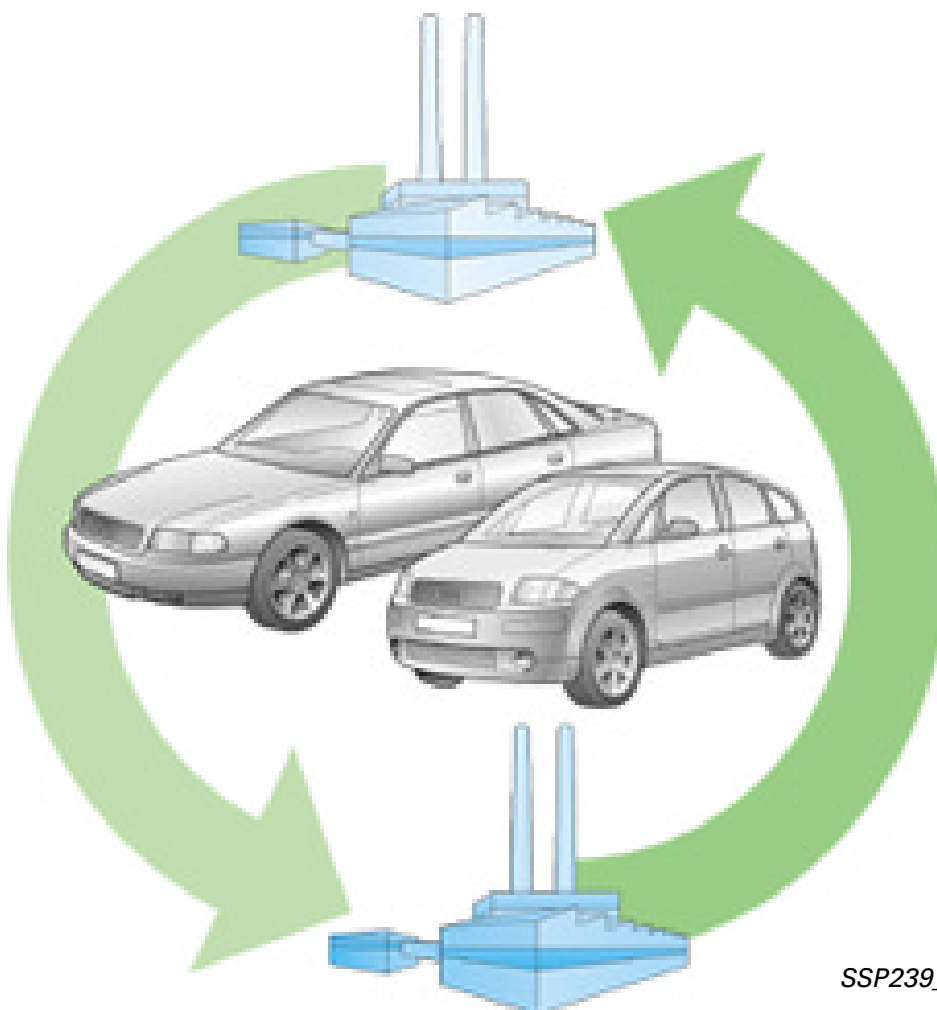


Recyclage

La valeur de la ferraille d'aluminium justifie sa collecte et son retraitement.
Les besoins en énergie sont faibles.
La qualité et les propriétés du métal sont conservées.

Les avantages économiques de tris radicaux sont manifestes lorsque l'on considère la valeur commerciale des ferrailles.

Il existe des méthodes appropriées de tri automatique des métaux suivant les composants des alliages (détection par laser).



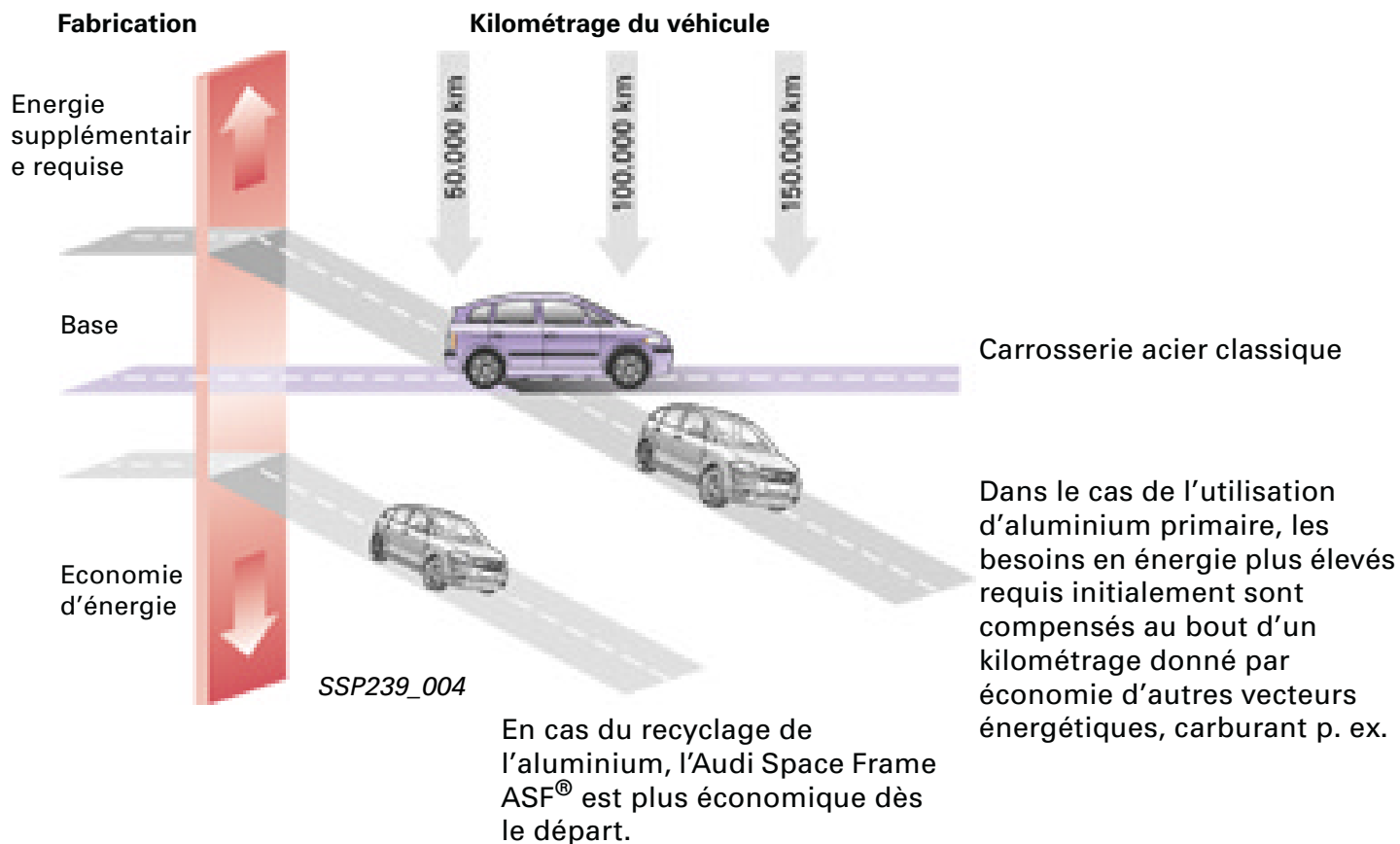
SSP239_002

En "fin de vie" d'un produit en aluminium, ce n'est pas la décharge qui l'attend, mais la revalorisation.

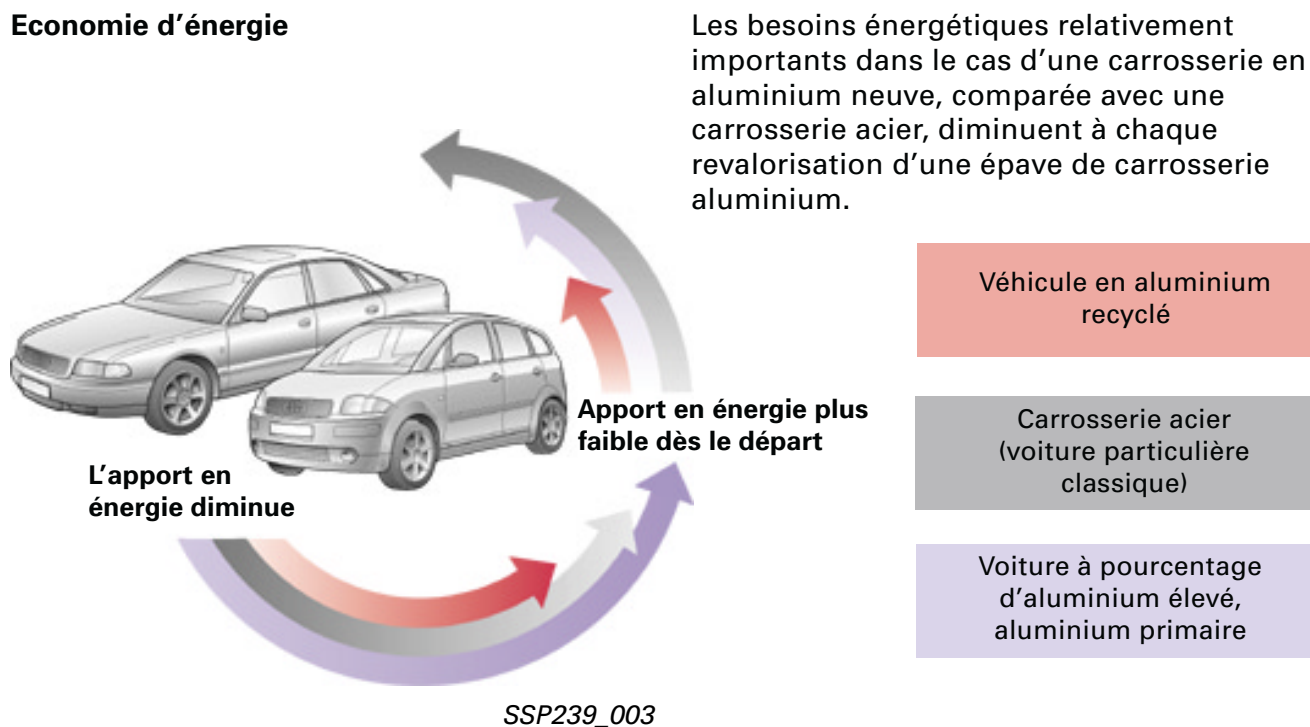
La ferraille d'aluminium, broyée et en vrac, est identifiée et triée en faisant appel à une technique spectroscopique assistée par laser.



Apport énergétique



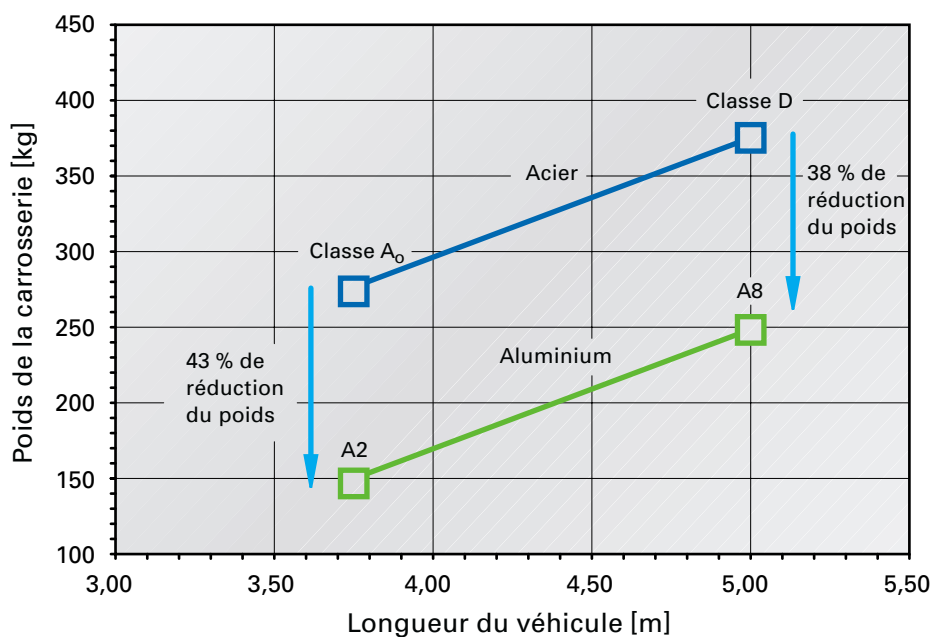
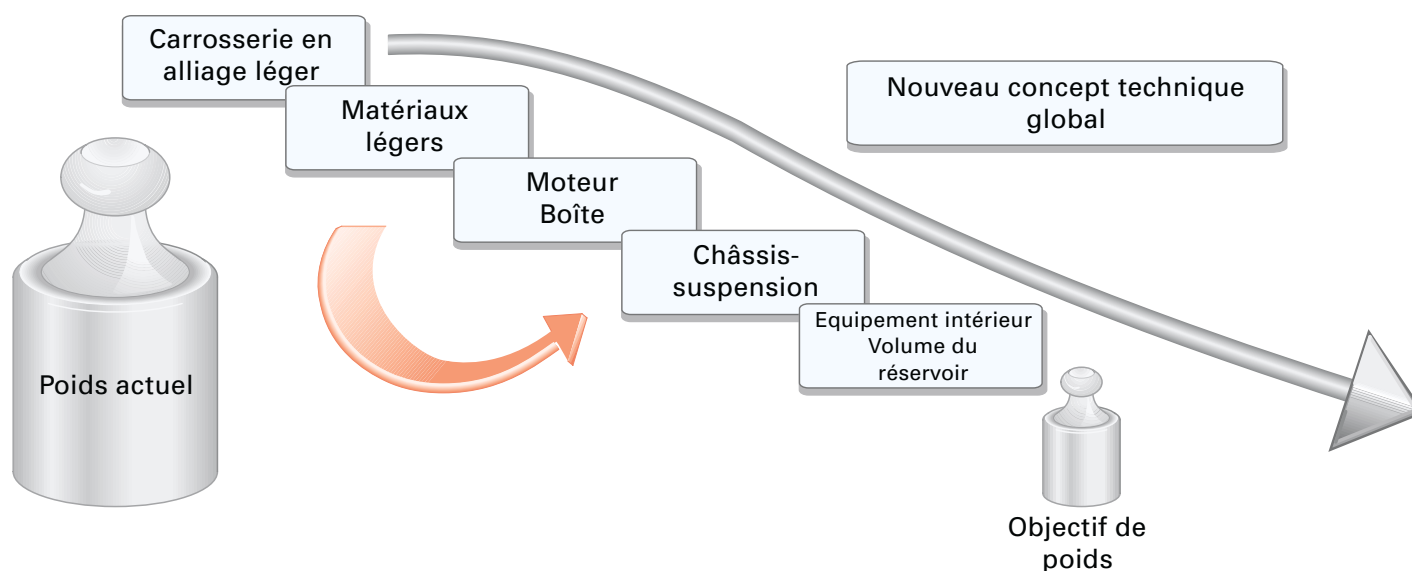
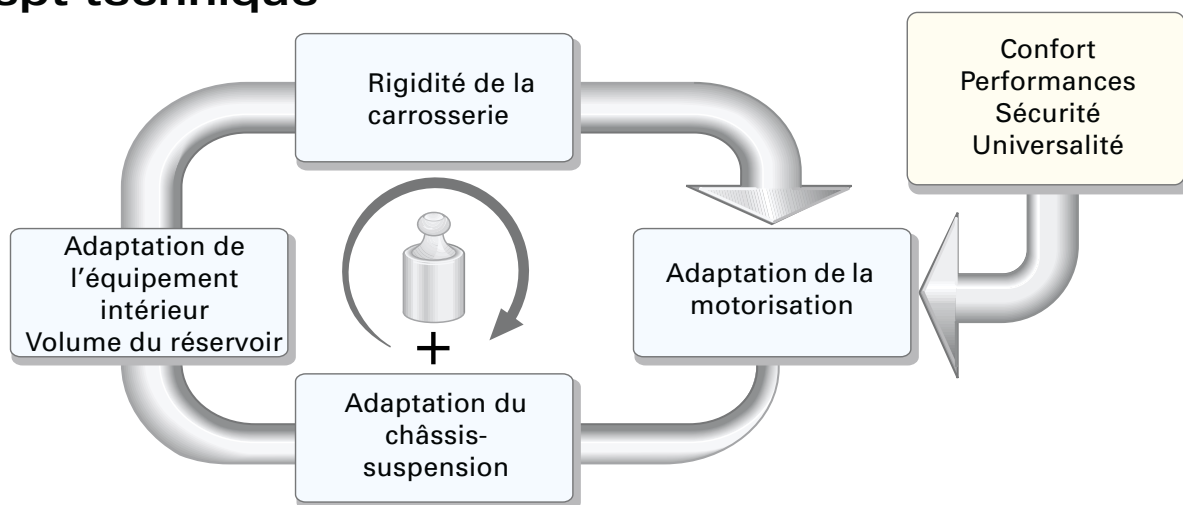
Economie d'énergie



La revalorisation de l'aluminium à partir de ferrailles ne coûte qu'une part infime de l'énergie initiale.

Audi Space Frame – ASF®

Concept technique



SSP239_070

Nouveautés de l'Audi Space Frame de l'A2



SSP239_096

A chaque nouveau développement ou perfectionnement d'un véhicule, le constructeur doit satisfaire à des exigences contradictoires.

Il faut d'une part que le véhicule soit polyvalent au maximum, qu'il possède un équipement aussi complet que possible et qu'il consomme peu.

De l'autre, des équipements supplémentaires et différentes mesures d'adaptation se traduisent par un accroissement du poids allant à l'encontre d'une faible consommation de carburant.

Pour aller à l'encontre de ce cercle vicieux du poids, un nouveau concept technique a été établi avec l'A2 par mise en oeuvre de l'aluminium et de l'ASF®.

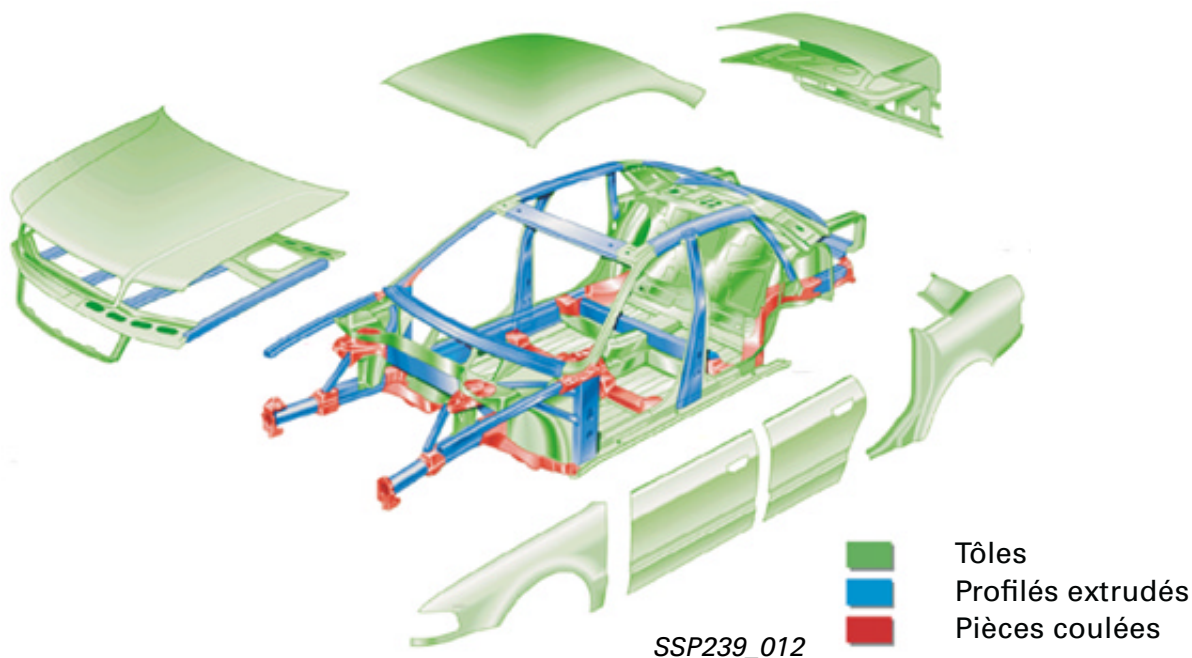
On l'avait déjà constaté sur l'Audi A8 - la réduction du poids réalisée grâce au nouveau concept est, sur l'Audi A2, étonnante.

Les nouveautés de l'Audi Space Frame consistent en :

- Réduction du nombre de composants de la carrosserie à seulement 230 pièces environ.
- Pièces coulées multifonctionnelles de grande taille.
- Perfectionnement de la technologie aluminium, avec p. ex. :
 - 30 m de cordon de soudure au laser
 - profilés aluminium du cadre de pavillon réalisés par hydroformage,
 - panneau latéral embouti d'un seul tenant.

Audi Space Frame – ASF®

Vue d'ensemble ASF® - A8 et A2



L'Audi Space Frame® de l'A8 est un ensemble constitué de profilés aluminium et de noeuds aluminium coulés sous pression.

Sur cette structure en cage de l'Audi, tous les autres éléments de carrosserie en aluminium sont fixés par soudage sous gaz de protection, rivetage par poinçonnage, collage et clinchage (matage de deux tôles).

Répartition du poids

Tôles - 55 %	=	138,20 kg
Profilés - 22,7 %	=	56,50 kg
Pièces coulées - 21,8 %	=	54,30 kg

Poids total de l'ASF®	=	249,00 kg

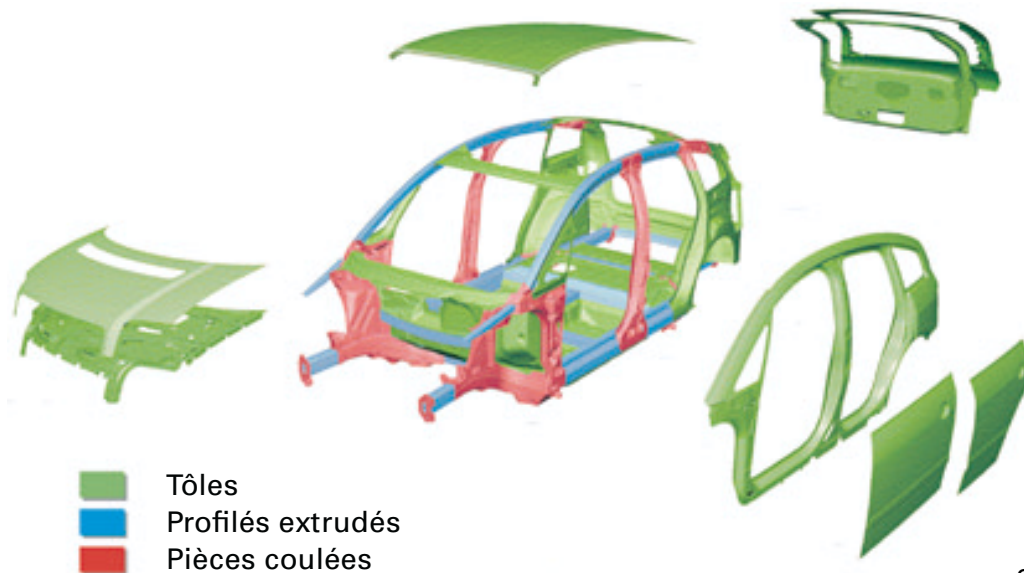
Nombre de pièces

Tôles - 71 %	=	237 pièces
Profilés - 14 %	=	49 pièces
Pièces coulées - 15 %	=	50 pièces

Nombre total de pièces de l'ASF®	=	336 pièces

Synoptique des types d'assemblage

Rivetage par poinçonnage	=	1100 pièces
Cordons de soudure MIG	=	70 m
Points de soudure	=	500 pièces
Assemblages par clinchage	=	178 pièces



SSP239_013

L'Audi Space Frame® de l'A2 se compose d'un ensemble de profilés extrudés en aluminium et de pièces multifonctionnelles injectées sous pression sous vide (pièces coulées de grande taille).

Un perfectionnement systématique a permis de réduire le nombre de pièces.

La méthode de soudage au faisceau laser est nouvelle.

Répartition du poids

Tôles - 60,6 %	=	92,80 kg
Profilés - 17,6 %	=	27,00 kg
Pièces coulées - 22,1 %	=	33,20 kg
Poids total de l'ASF®	=	153,00 kg

Nombre de pièces

Tôles - 81,3 %	=	183 pièces
Profilés - 9,8 %	=	22 pièces
Pièces coulées - 8,9 %	=	20 pièces
Nombre total de pièces de l'ASF®	=	225 pièces

Synoptique des types d'assemblage

Rivetage par poinçonnage	=	1800 pièces
Cordons MIG	=	20 m
Cordons laser	=	30 m



Composants

Grandes pièces coulées multifonctionnelles avec épaisseur de paroi optimisée au niveau fonction et poids ainsi que structure optimisée des composants.

Les pièces injectées sous pression sous vide possèdent, outre d'excellentes caractéristiques de résistance, de bonnes propriétés de déformabilité étant donné qu'elles sont mises en oeuvre dans la structure, au niveau par exemple des longerons 2, prises de jambe de force et montants A et B, essentiellement dans des zones névralgiques en cas de collision.

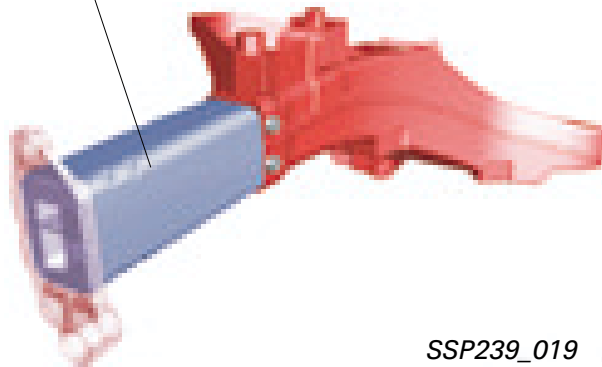
Le longeron 2 présente, du fait qu'il est réalisé par injection sous pression sous vide, une série d'avantages par rapport aux techniques de fabrication classiques utilisées :

- Les deux demi-coquilles des longerons sont, en ce qui concerne la répartition de leur épaisseur de paroi et leur structure nervurée, déterminée d'après le calcul de la structure, conçues en vue d'une déformation définie.
- Les points de vissage de l'essieu avant dans les coquilles inférieures ont été conçus de sorte que l'énergie de déformation soit transmise au longeron et non pas au cadre auxiliaire rigide.
- Par intégration de la liaison de la boîte et du palier moteur, de la liaison du cadre auxiliaire, de la prise du cric emboîtable ainsi que des points de prise de la suspension, ces deux demi-coquilles en fonte constituent un élément multifonctionnel de grande taille.
- En plus de l'économie de poids, il a également été possible de réduire le nombre de pièces.

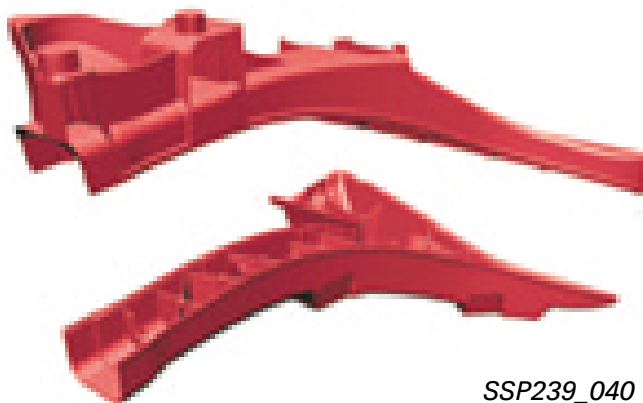
Avant du véhicule

Cette structure du longeron forme, avec un grand élément coulé supplémentaire, la "prise de jambe de force", le panneau avant, la console de pédalier et les passages de roue avant, l'avant complet du véhicule.

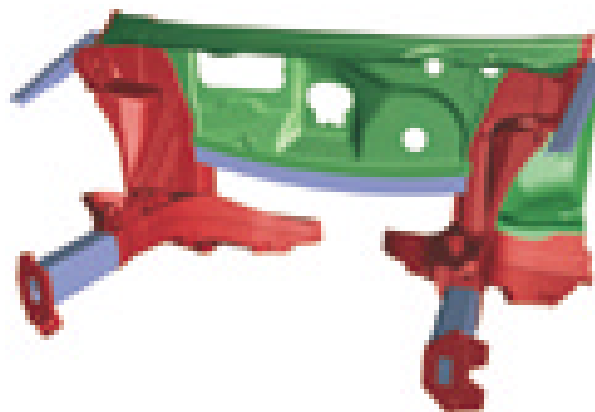
Longeron vissé



SSP239_019



SSP239_040



SSP239_097

Le perfectionnement du procédé d'injection sous pression sous vide permet de réaliser de nos jours des pièces plus largement dimensionnées, telles que par exemple les montants A et B de l'Audi A2.

Pièces coulées de l'ASF® de l'A8

Noeuds d'assemblage et de compensation des tolérances

Ces pièces sont coulées selon le procédé Vacural® (le moule est sous vide avant de verser l'aluminium).

Pour le reste du processus de montage, on requiert des pièces de faible porosité et faciles à souder.

Ces pièces se caractérisent par un excellent comportement en cas de collision, en termes de déformation comme d'absorption de l'énergie.

Pièces coulées de l'ASF® de l'A2

Pièces coulées multifonctionnelles de grande taille présentant une réduction de l'épaisseur de paroi et du poids ainsi qu'une précision de cotes améliorée du composant.

La méthode de coulée a pu être perfectionnée grâce à des alliages nouvellement mis au point améliorant le recyclage et permettant de renoncer à un traitement thermique ultérieur.

En corrélation avec une périphérie optimisée (technique d'outillage), il a été possible d'augmenter la précision de cotes des pièces.

Les possibilités offertes par la technique des noeuds déjà appliquée ont pu être étendues par les pièces coulées de grande dimension.

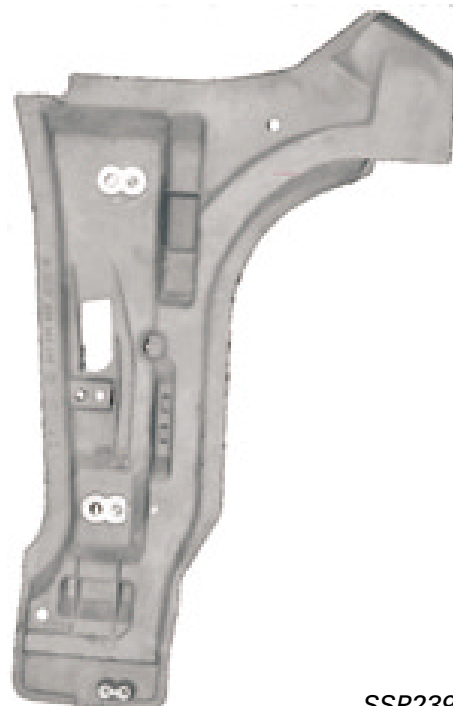
Il s'ensuit un nombre réduit de composants et donc un travail d'assemblage moins important.

Ces possibilités de conception optimisées ont permis de réaliser une intégration de la multifonctionnalité ainsi qu'une réduction du nombre de pièces.



SSP239_032

Éléments nodaux du montant A (A8)



SSP239_033

Pièce moulée de grande taille du montant A (A2)



Audi Space Frame – ASF®

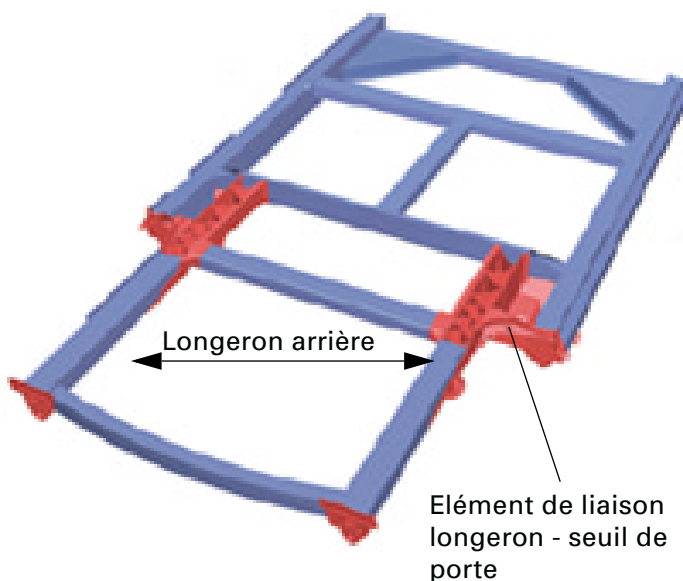


Liaison plancher central et arrière du véhicule

Le cadre de la structure du soubassement est constitué de profilés extrudés reliés par soudure d'angle MIG. Les noeuds coulés de liaison qui étaient encore nécessaires sur l'Audi A8 ont ainsi pu être supprimés.

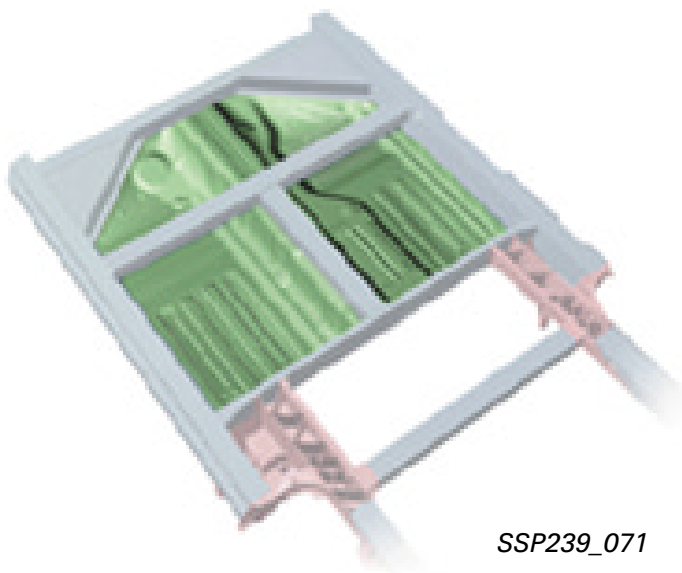
L'arrière du véhicule, présentant lui aussi une structure relativement simple avec ses longerons et traverses, est relié au plancher central par une autre pièce multifonctionnelle coulée de grande taille.

Cet "élément de liaison longeron-seuil de porte" comprend la liaison au train arrière, la cuvette-support, le logement du cric emboîtable et les points de prise servant en production.



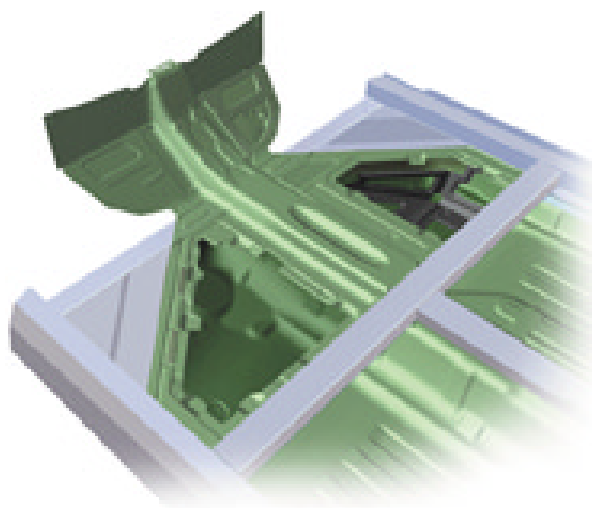
SSP239_023

Tôles rapportées et de l'enveloppe extérieure



SSP239_071

Un bac de plancher en une partie et une tôle de plancher surélevée à l'avant, dans la zone des sièges du conducteur et du passager avant, ont permis de créer un espace supplémentaire pour divers organes auxiliaires et appareils de commande.



SSP239_027

L'espace aux jambes des passagers arrière ainsi que la position assise ergonomique ont été sensiblement améliorés grâce à un bac de plancher surbaissé à l'arrière. La taille et la complexité du bac de plancher ainsi qu'une épaisseur de paroi relativement faible pour des raisons de résistance n'ont pu être réalisées que grâce à une simulation de l'emboutissage profond en cours de conception.

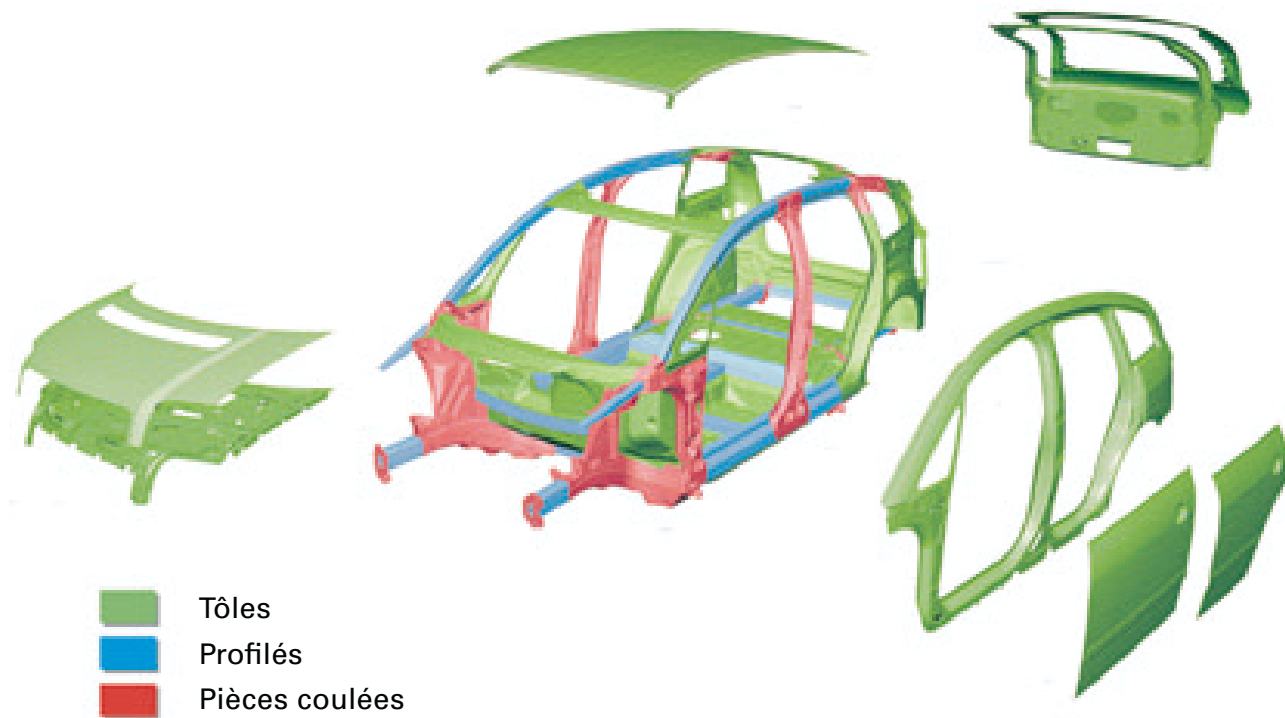
Tôles rapportées et de l'enveloppe extérieure

Sur l'Audi A2, il a été principalement fait appel à des matériaux thermodurcissables, qui offrent le meilleur compromis entre bonne aptitude au formage, bonnes propriétés mécaniques et bonne résistance à la corrosion.

Après formage et réalisation de la coque nue, le matériau est modifié par traitement thermique (205 °C) au niveau de la chaîne de fabrication des carrosseries de façon à augmenter ses propriétés mécaniques, telles que limite élastique et résistance à la traction, et atteindre des valeurs comparables à celles des aciers emboutis conventionnels.

L'amélioration des propriétés intrinsèques des matériaux par traitement thermique ultérieur permet de réaliser une nouvelle optimisation au niveau poids.

Le critère de dimensionnement des tôles de l'enveloppe extérieure est l'évitement de bosses résiduelles dues à la grêle ou à des pressions appliquées localement lors du polissage ou de la fermeture des capots.



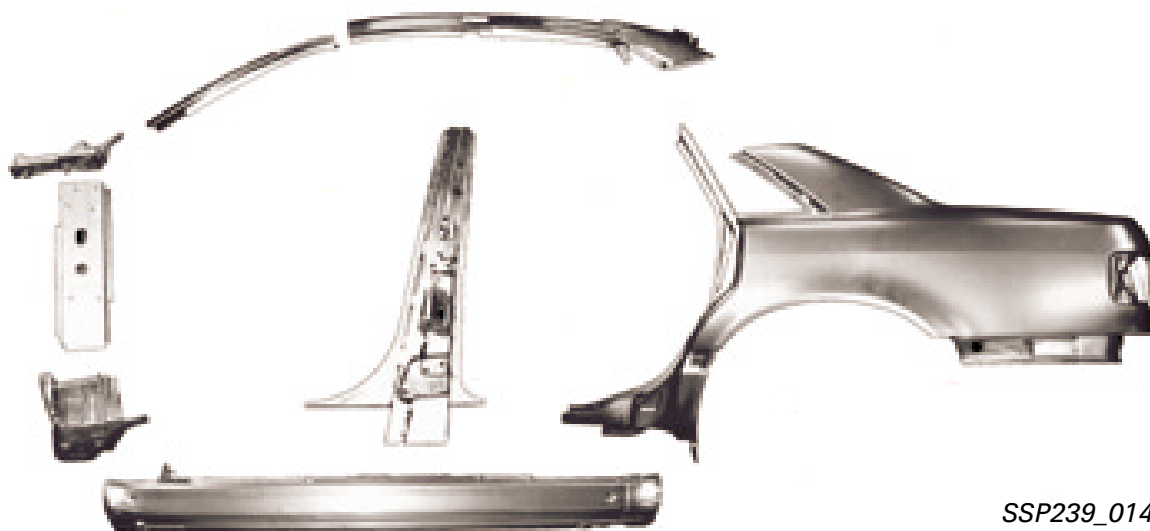
SSP239_013

Audi Space Frame – ASF®

Réduction du nombre d'éléments de la carrosserie



Panneau latéral



SSP239_014

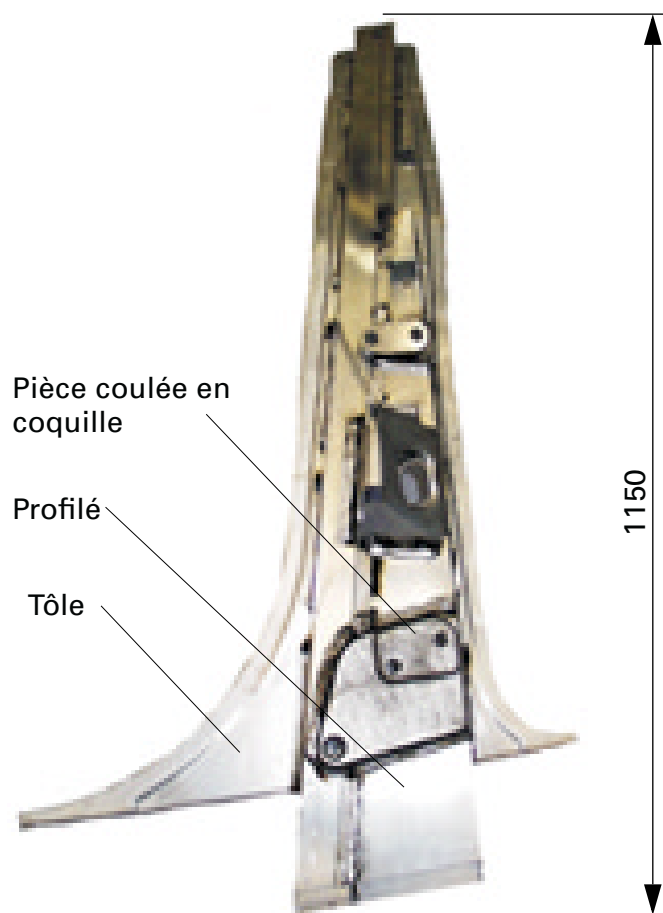
Le panneau latéral de l'A8 se compose de 8 pièces.



SSP239_015

Le panneau latéral de l'A2 est en une partie.

Comparaison des montants B de l'A8 et de l'A2



SSP239_016

Le montant B de l'A8 se compose de 8 éléments et il est fait appel à plusieurs techniques de fabrication.

Nombre de pièces : 8
Poids : 4180 g



SSP239_017

Le montant B de l'A2 est en une pièce et réalisé en une seule technique de fabrication.

Nombre de pièces : 1
Poids : 3200 g

Coulée sous pression sous vide
épaisseur minimale de paroi : 2 mm



Techniques d'assemblage

Vue d'ensemble

Comparaison des types de profilés

La comparaison des différents types de profilés montre la grande importance du formage pour l'effectivité au niveau de la coque du véhicule et l'influence directe que cela a sur le nombre de véhicules produits par jour.

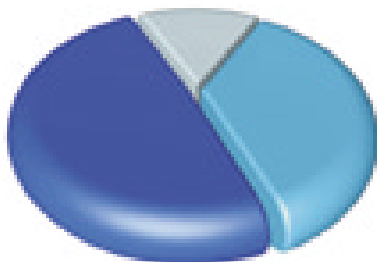
La réduction des découpes finales complexes permet d'améliorer la précision d'ajustage des pièces et la compensation de tolérance nécessaire peut être limitée à un minimum.



Les caractéristiques de l'Audi Space Frame de l'A8 sont les suivantes :

- degré d'automatisation réduit, env. 20 %
- découpes finales complexes
- compensation des tolérances par des noeuds coulés
- grand nombre de profilés cintrés

Nombre de pièces de l'ASF® de l'A8



Pourcentage de profilés cintrés

	profilés droits	– 49 %
	profilés cintrés 2 D	– 34 %
	profilés cintrés 3 D	– 17 %

L'Audi Space Frame de l'A2 se distingue par les caractéristiques suivantes :

- niveau d'automatisation élevé, env. 85 %
- la liaison en T au niveau de la soudure d'angle donne des composants de haute précision
- découpes finales simples
- soudage laser
- profilés cintrés limités au nombre de 4

Nombre de pièces de l'ASF® de l'A2

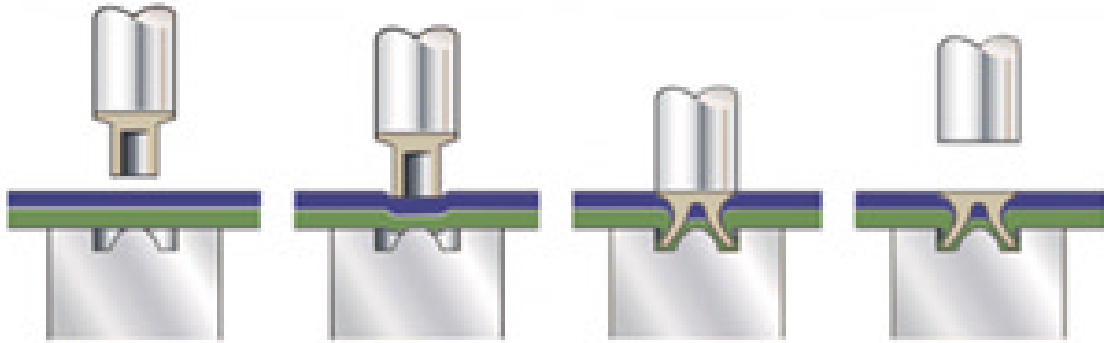


Pourcentage de profilés cintrés

	profilés droits	– 82 %
	profilés cintrés 2 D	– 9 %
	profilés cintrés 3 D	– 9 %

Méthodes de fabrication

Rivetage par poinçonnage

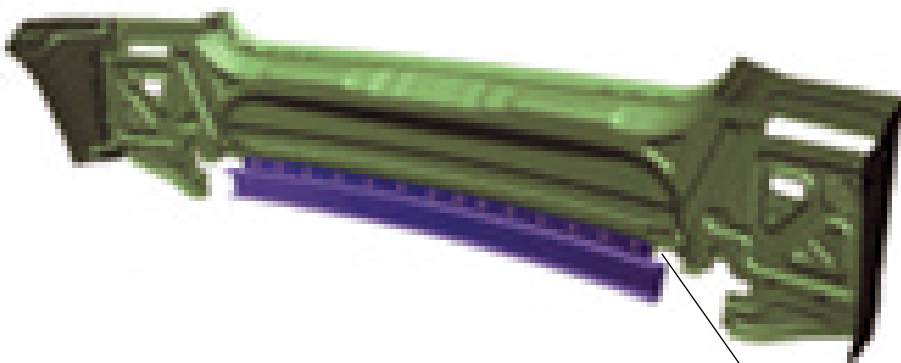


SSP239_066

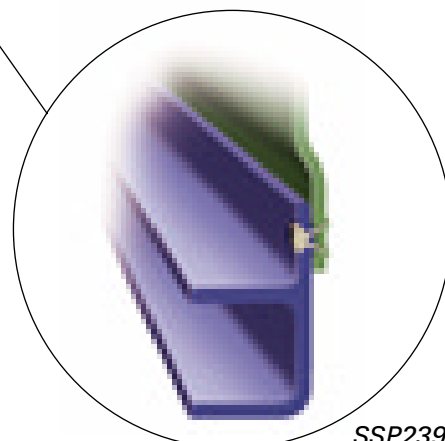
La part des assemblages réalisés par rivetage par poinçonnage a augmenté d'environ 40 %, ce qui représente environ 1800 liaisons, par rapport à l'A8 du fait de l'abandon des techniques d'assemblage que sont le "clinchage" et la "soudure par résistance par points".

Cela est dû aux résultats positifs obtenus avec la mise en oeuvre du rivetage par poinçonnage sur le Space Frame de l'A8.

Sur le Space Frame de l'A2, on utilise uniquement des rivets semi-cylindriques de différentes cotes, en fonction de la combinaison de pièces.



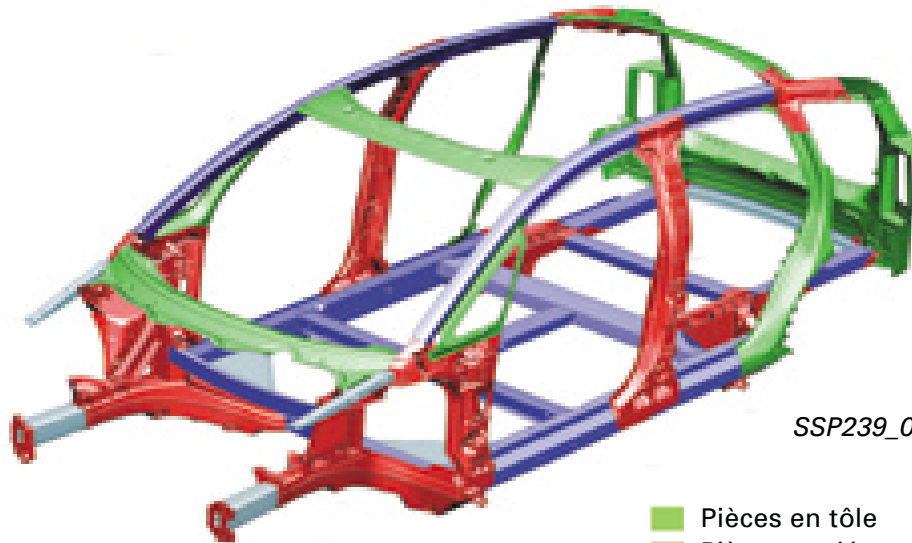
Le rivetage par poinçonnage est essentiellement utilisé dans l'A2 Space Frame pour l'assemblage des tôles, profilés extrudés et de leurs combinaisons.



SSP239_065

Techniques d'assemblage

Hydroformage (procédé IHU)



SSP239_020

- Pièces en tôle
- Pièces coulées
- Pièces extrudées hydroformées
- non hydroformées

Hydroformage et cintrage

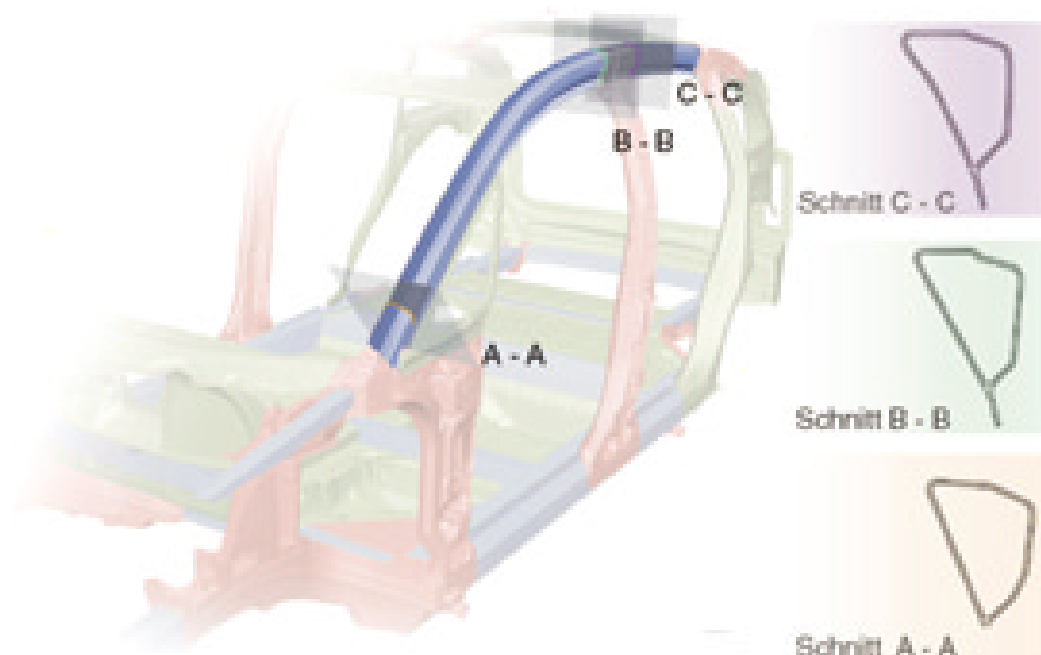
La grande liberté de conception de la géométrie des sections des profilés permet une optimisation de la pièce au niveau de la forme, de la fonction et du poids.

Cadre de pavillon de l'A2 hydroformé

Les tolérances requises de $\pm 0,2$ mm ne peuvent être réalisées que par hydroformage.

Il est possible de renoncer à tous les autres process de traitement ultérieurs.

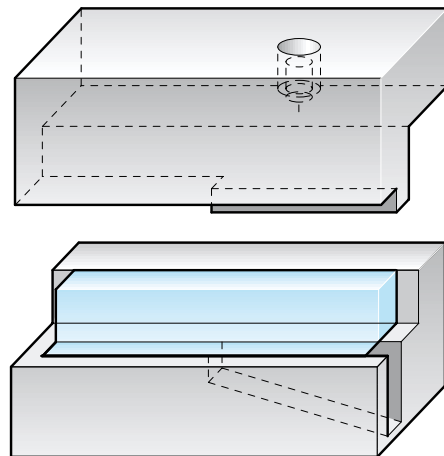
Cette méthode permet de réaliser le cadre de pavillon en une seule pièce, tout en présentant des sections différentes.



SSP239_030

Déroulement de la fabrication en prenant pour exemple un longeron

Le profilé coupé à la cote est placé dans un outil se composant d'une partie supérieure et d'une partie inférieure.



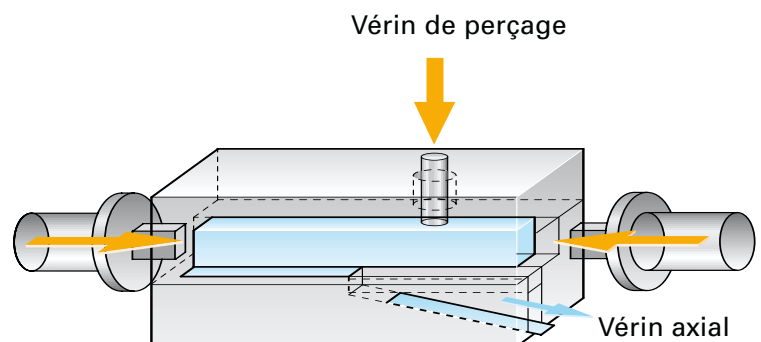
SSP239_024

La découpe du flasque a lieu lors de la fermeture des outils. Simultanément, les vérins axiaux sont introduits et le profilé rempli de liquide.

Une pression d'environ 1700 bar est ensuite établie et le profilé se trouvant dans le moule de l'outil est formé et étalonné.

Lorsque la pression finale est atteinte, les vérins de découpe qui obturaient jusque là les orifices pour des opérations de perçage supplémentaire sont ressortis.

Le vérin de découpe repousse alors une partie définie du profilé vers l'extérieur et l'ouverture est réalisée.



SSP239_025

La pièce peut ensuite être enlevée.

Dans sa totalité, l'opération dure environ 25 secondes.



SSP239_026



Techniques d'assemblage

Soudage au gaz inerte avec apport de métal (MIG)

Le soudage MIG est mis en oeuvre pour la réalisation de la structure du cadre se composant de profilés extrudés.

En ce qui concerne cette méthode d'assemblage thermique, on dispose d'une large expérience en série. 70 m de cordon de soudure par véhicule sont réalisés sur l'Audi A8 selon ce procédé.

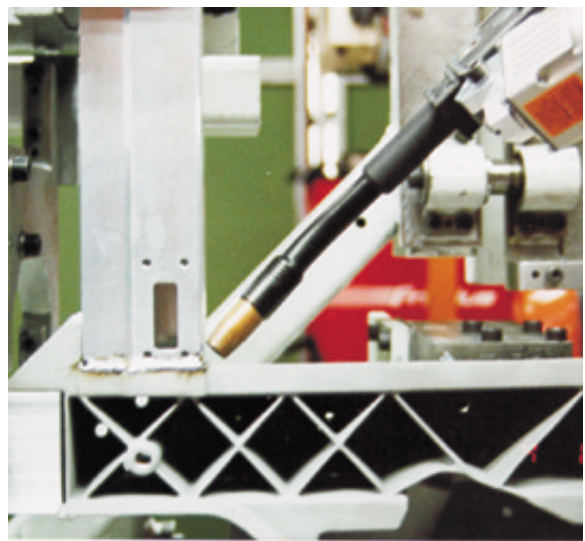
Le procédé s'est révélé économique et très flexible.

Son inconvénient réside toutefois dans l'apport élevé de chaleur et la lenteur de la réalisation de l'assemblage.

Sur l'Audi A2, seuls 20 m environ de cordon de soudure sont à effectuer.

La technique d'appareillage perfectionnée est pilotée par un système de C+C.

On utilise de gros rouleaux qui augmentent la vitesse d'assemblage et permettent de renoncer au soudage pendulaire.



SSP239_047

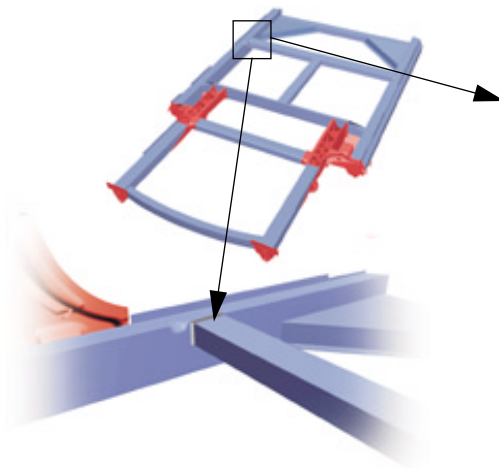
Comme sur l'Audi A8, on fait appel sur l'Audi A2 au soudage MIG.

Une augmentation du niveau d'automatisation a pu être atteinte par des mesures d'optimisation en production ainsi que par une précision nettement améliorée des pièces du fait du calibrage réalisé au stade de l'hydroformage.

Soudage MIG sur la structure du plancher de l'A2

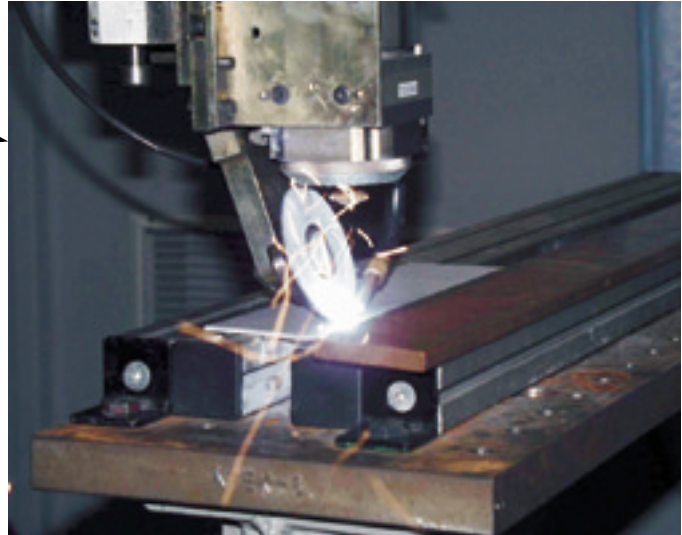
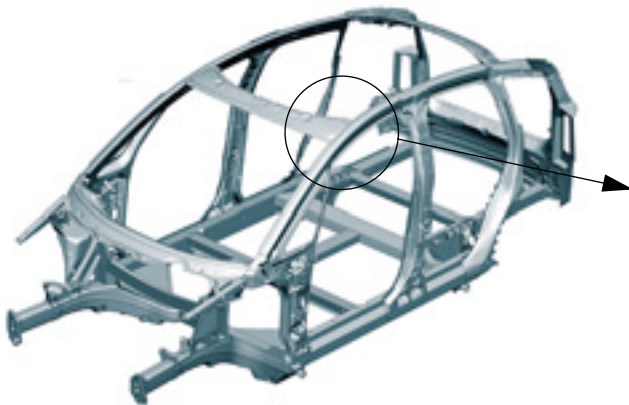
Le soudage MIG est essentiellement utilisé pour relier les profilés extrudés du cadre-plancher (liaison en T des profilés).

Le soudage MIG est également mis en oeuvre sur la carrosserie, au niveau de l'avant et de l'arrière du véhicule, là où il s'agit de souder des profilés extrudés, pièces coulées sous pression et les combinaisons des deux.



SSP239_049

Soudage laser



SSP239_051

Le soudage laser est utilisé pour le soudage des tôles/profilés extrudés et pièces coulées.

Sur l'A2 les liaisons suivantes sont réalisées par un cordon de soudure par recouvrement :

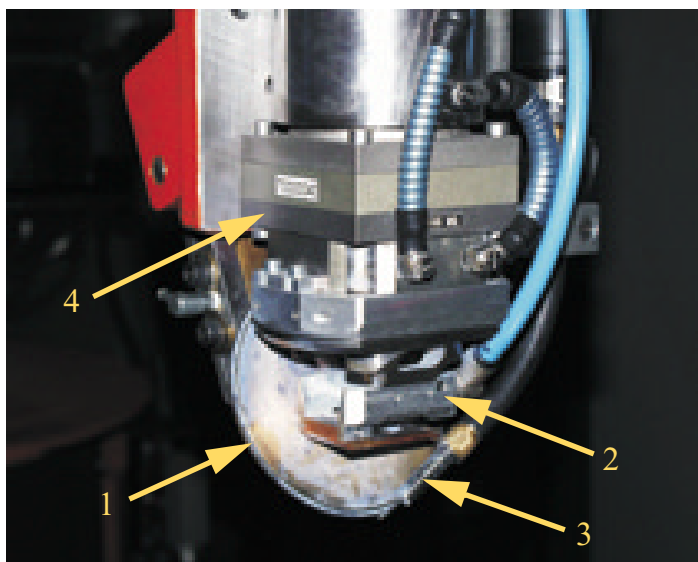
- tôle sur tôle
- tôle sur pièces coulées
- pièces coulées sur profilés.

Il est ici possible de renoncer aux technologies de soudage par points, par rivetage et MIG.

Le soudage laser offre les avantages suivants :

- productivité élevée
- résistance élevée
- économie de poids (faible recouvrement)
- accès requis d'un seul côté
- déformation faible du fait d'un apport thermique moins important
- exécution du cordon simple et propre
- aucun traitement de surface préliminaire nécessaire

Tête de soudage laser



- 1 - Galet de pression
- 2 - Crossjet
- 3 - Alimentation en fil
- 4 - Système optique de focalisation

Techniques d'assemblage

Utilisation du laser sur les véhicules acier Audi



Berline A4
montant C

Utilisation du laser
au niveau de la coque nue



A6 Berline/Avant
Pavillon/panneau latéral



A3
Pavillon/panneau latéral

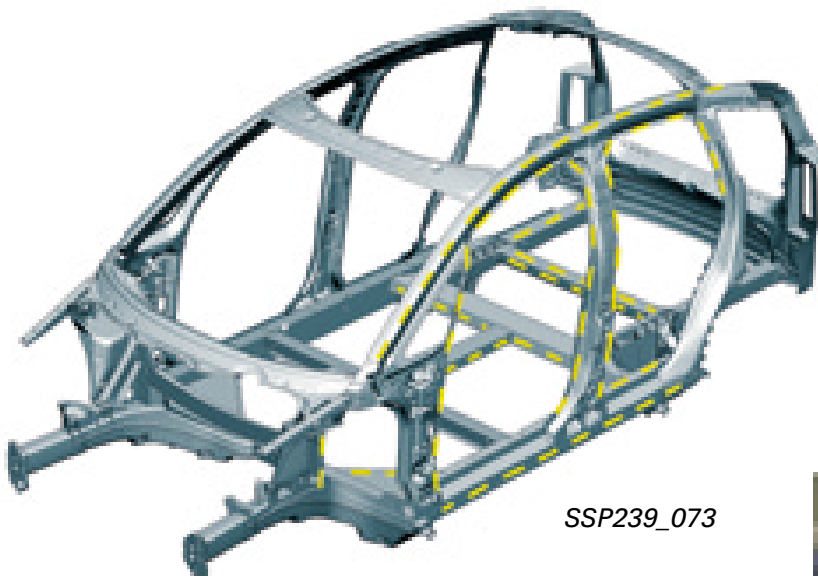


A4 Avant
Pavillon/panneau latéral



TT
Montant C (brasage)

Cordons laser sur l'ASF® de l'Audi A2



 Cordons laser

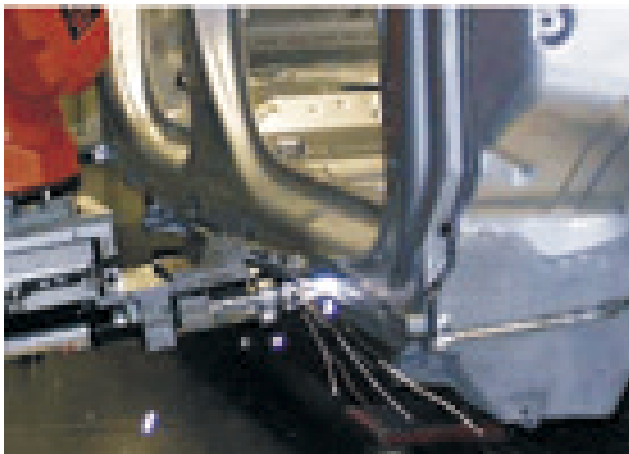
Au moment de l'étude de la production de l'A8, le soudage au rayon laser des alliages d'aluminium était encore considéré comme irréalisable, ce qui a conduit entre autres au choix du procédé MIG.

Pour le Space Frame de l'A2, par contre, on a déjà envisagé dès la phase de conception la mise en oeuvre de méthodes de soudage alternatives.

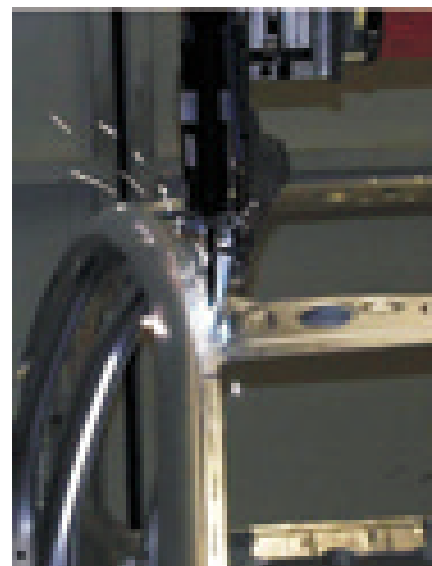
Depuis quelques années, on dispose de sources laser haute puissance remplissant les conditions requises pour l'aluminium et utilisables en production.



SSP239_054



SSP239_056



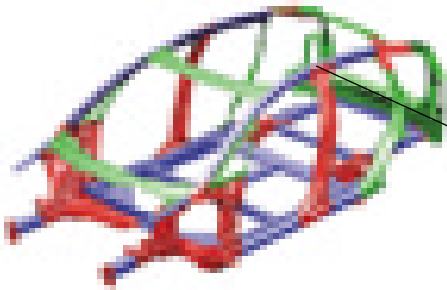
SSP239_055



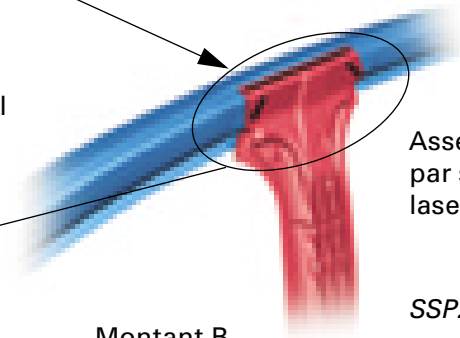
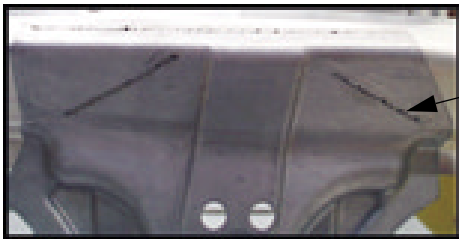
Techniques d'assemblage

Assemblages par soudage laser au niveau du montant B

Le soudage au rayon laser est essentiellement utilisé sur l'A2 pour la soudure de pièces en tôle de grande surface sur la structure de carrosserie constituée de profilés et pièces coulées.



Cadre de pavillon
Profilé extrudé latéral

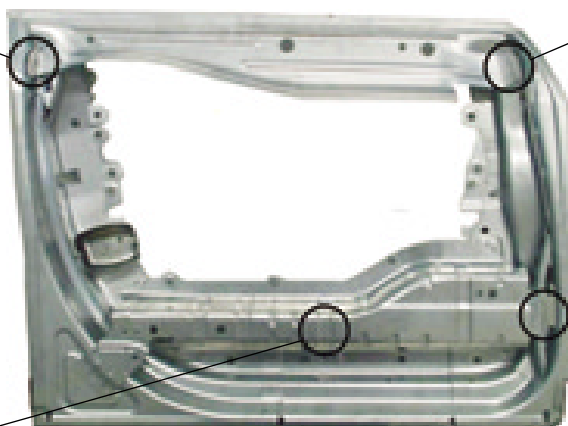


Assemblage
par soudage
laser

SSP239_062

Montant B
Pièce coulée sous
pression sous vide

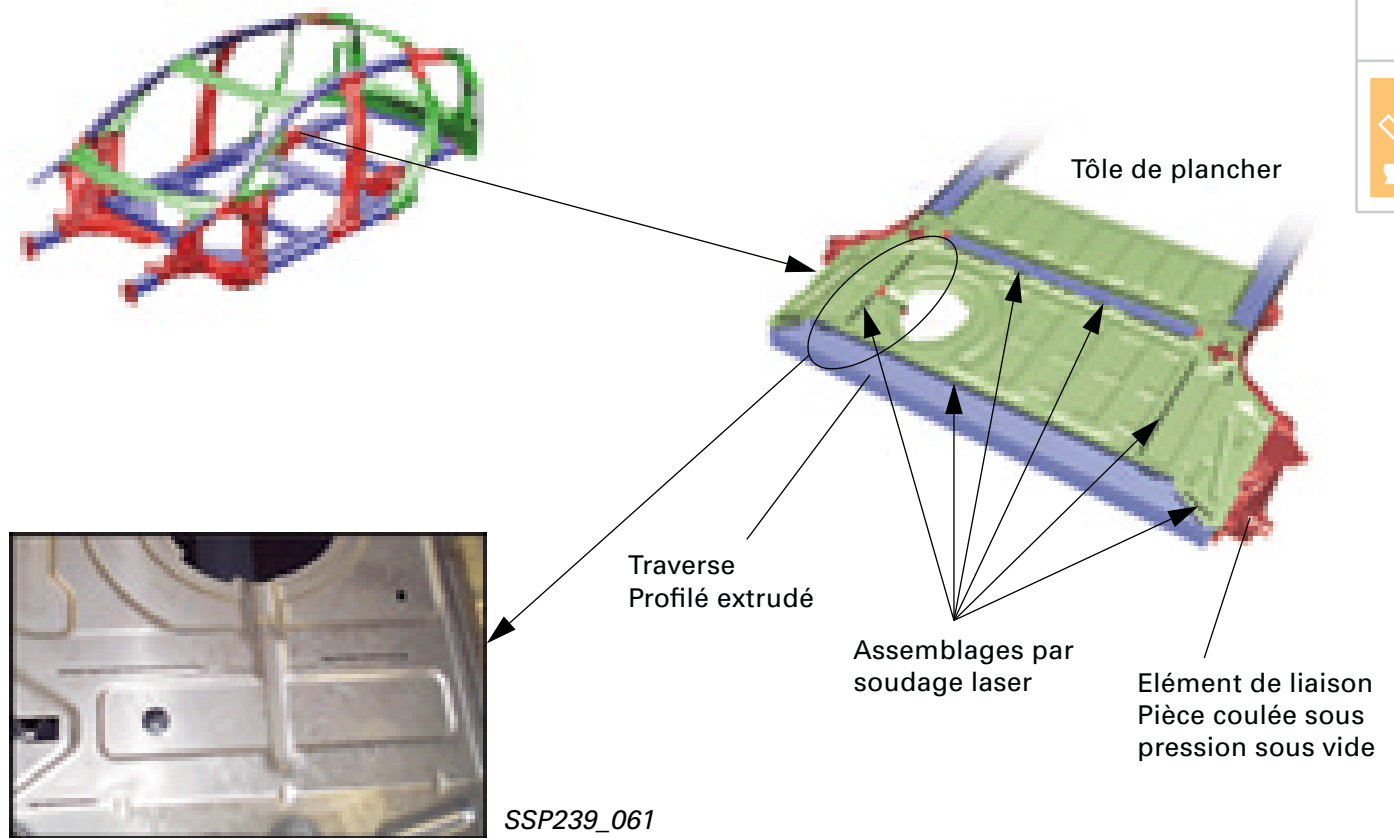
Assemblages par soudage laser au niveau de la porte avant



SSP239_063



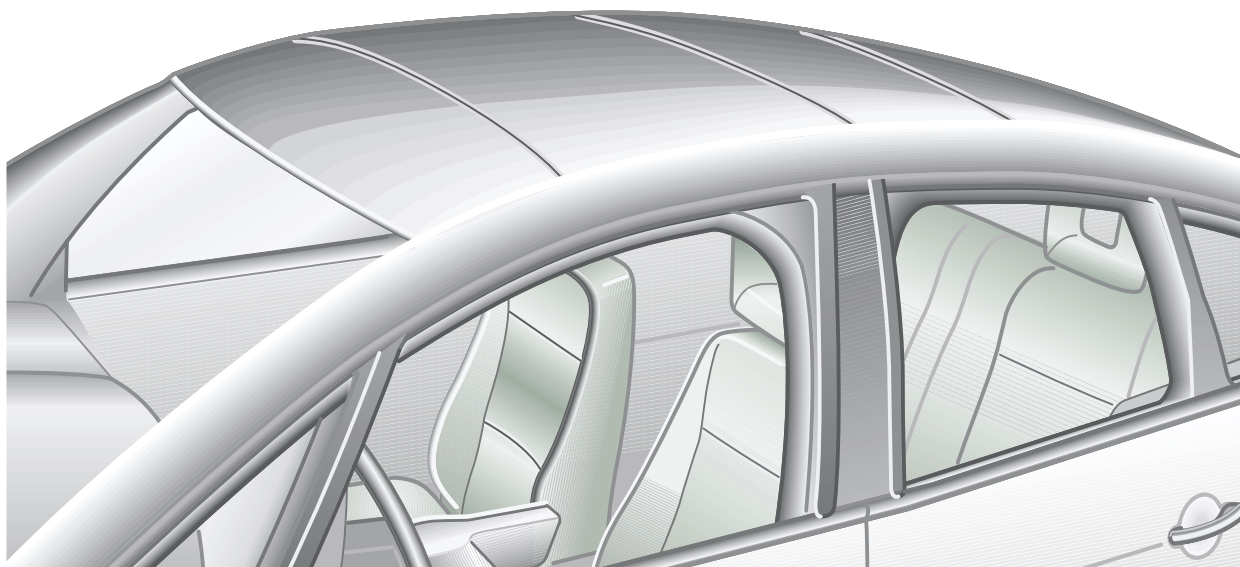
Assemblages par soudage laser au niveau du cadre-plancher



Le Space Frame de l'A2 totalise 30 m d'assemblages réalisés par soudage laser.

Les exemples en sont la liaison du montant B, des tôles de plancher sur la structure du cadre en profilés extrudés soudée par procédé MIG, la liaison du pavillon à la carrosserie ou la liaison du panneau latéral en une partie au cadre de pavillon et aux portes.

Conception et fonctionnement



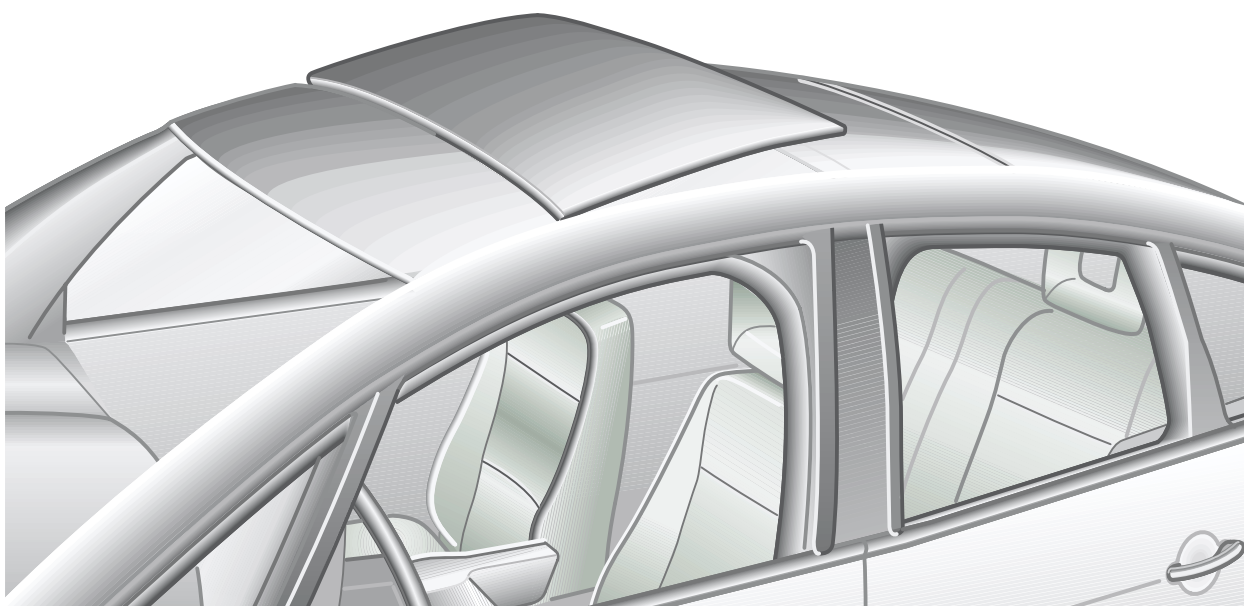
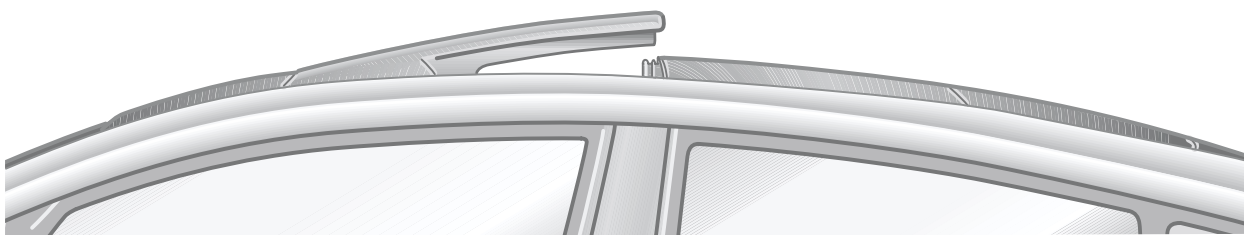
SSP239_036

Toit fermé

Le toit panoramique à panneaux Open Sky est le premier à constituer tout le système du toit.

Optiquement, sa surface en verre d'un seul tenant forme une unité complète. Le système de toit s'étend du pare-brise à la lunette arrière ainsi que du cadre de la paroi latérale gauche à celui de la paroi latérale droite.

La surface vitrée est donc de 166 % environ plus importante que sur un toit ouvrant comparable.



Toit relevé

SSP239_037

Le toit relevé renforce l'effet du système de ventilation d'air frais existant. La ventilation est alors très agréable.