



Programme autodidactique n° 421

Carrosserie : connaissances de base





S421_002

À quoi pense-t-on en premier lorsque l'on évoque un véhicule ? Ce sont souvent le mode de propulsion, le moteur, la puissance et l'image qui suscitent tout d'abord l'intérêt.

Mais que serait une automobile sans la carrosserie ? Il s'agit du groupe d'organes central d'un véhicule qui englobe tous les autres composants et qui, « accessoirement », accueille aussi les passagers.

Elle satisfait à des critères techniques élevés et aux souhaits de confort des passagers.

Par ailleurs, la carrosserie est particulièrement impliquée dans la physionomie spécifique d'un véhicule et donc également dans l'image de la marque.

Une carrosserie moderne doit autant que possible rester en bon état pendant toute la durée de vie de l'automobile pour ne pas être la cause de frais inutiles. Ainsi, elle permet également d'éviter la dépréciation rapide d'un modèle tandis que la marque conserve le bénéfice d'une bonne réputation.

Il est également important que des dommages sur une carrosserie puissent être réparés en cas d'éventuels accidents ultérieurs afin que ce groupe d'organes de haute qualité conserve ses qualités et son aspect extérieur.

Ce programme autodidactique entend donner une vue d'ensemble des rapports essentiels existant entre la science des matériaux, la production d'acier, les procédés de traitement et la peinture. Ces informations doivent constituer le fondement d'une meilleure compréhension des sujets abordés par la suite lors des travaux de réparation sur carrosseries.

Ce programme autodidactique présente la conception et le fonctionnement d'innovations techniques récentes ! Son contenu n'est pas mis à jour.

Pour les instructions actuelles de contrôle, de réglage et de réparation, veuillez vous reporter aux ouvrages correspondants du Service après-vente.



**Attention
Nota**



Introduction	4	
Résumé historique	4	
La carrosserie	6	
Connaissances de base sur les matériaux	8	
Connaissances de base : généralités sur les matériaux	8	
Connaissances de base : l'acier	14	
Connaissances de base : le traitement de l'acier	24	
Connaissances de base : l'aluminium	28	
Aciers pour la construction des carrosseries	30	
La classification des aciers pour la construction des carrosseries	30	
L'augmentation de la résistance de l'acier	31	
La structure d'une carrosserie	38	
Connaissances de base sur l'ingénierie des procédés	40	
La fabrication des produits semi-finis	40	
Les « Tailored Blanks » (flans rabotés)	46	
Les procédés d'assemblage	48	
Les procédés de revêtement	56	
Protection anticorrosion	60	
Le prétraitement	60	
L'étanchement des jointures	61	
La protection antigravillonnage	62	
La protection contre la corrosion par contact	63	
La mise en peinture	65	
Réparation	66	
Connaissances de base	66	
Les méthodes de réparation	67	
Glossaire	74	
 Vous trouverez dans le glossaire l'explication des termes MIS EN ÉVIDENCE PAR CETTE POLICE D'ÉCRITURE.		

Introduction



Résumé historique

Introduction

La carrosserie autrefois et aujourd'hui – comment se sont modifiées exigences vis-à-vis de la carrosserie et ses fonctions à la faveur de l'évolution technique ?

Pour commencer, quelques mots sur le terme carrosserie (« Karosserie » en allemand a été directement repris du terme français), qui désigne la caisse complète d'un véhicule. Dans le jargon spécialisé, on parle également de superstructure car elle est installée sur un châssis.

Historiquement, on pourrait faire coïncider le début du développement des carrosseries avec le moment de l'apparition de la première structure montée sur un véhicule à roues. Devraient être également prises en compte les premières hippomobiles ouvertes, puis fermées.

Dans le présent programme autodidactique, il sera toujours question de carrosseries sur des véhicules automobiles.

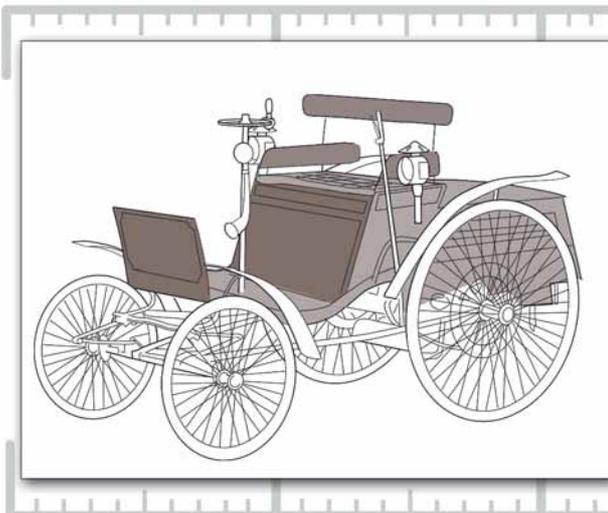
Carrosserie non-autoporteuse

Les premières carrosseries n'étaient pas autoportées ; elles étaient posées sur un cadre ou un châssis. Ces cadres étaient soit des châssis à longerons et traverses, soit des cadres tubulaires. Aujourd'hui encore, les châssis à longerons et traverses sont utilisés dans la construction de poids lourds et de véhicules tout-terrain.

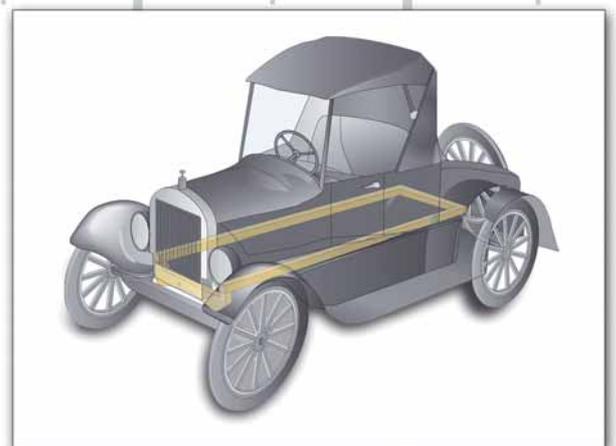
Les carrosseries n'étaient pas systématiquement produites par un constructeur automobile. Il y avait en effet des constructeurs de châssis et des constructeurs de carrosseries. C'est la raison pour laquelle il était possible d'adapter les carrosseries à différents châssis et de les installer.

Plus tard, les carrosseries ont été réalisées avec un cadre plateforme. À cet effet, la structure de la carrosserie était placée sur un cadre plateforme spécialement adapté, puis assemblée. Ce n'est qu'ensuite qu'était réalisée la mise en place sur le châssis prêt à rouler.

.. Du début de la construction automobile à aujourd'hui ...



Voiture hippomobile
bois/acier



Carrosserie séparée sur châssis prêt à rouler,
par ex. Ford modèle T



Carrosserie autoporteuse

En raison de la nécessité de réduire le poids des véhicules, on a recherché des solutions permettant de construire une carrosserie sans cadre séparé et lourd, le résultat devant être une carrosserie rendue autoporteuse grâce à sa seule structure. Ce développement a également été favorisé par de nouvelles possibilités techniques dans le traitement de la tôle.

Suivant ce principe de construction, les structures porteuses de la carrosserie sont reliées ensemble de manière solide et définitive par différentes techniques d'assemblage, comme par exemple le soudage, le brasage et le collage. Cette méthode est aujourd'hui généralisée dans le domaine de la production automobile.

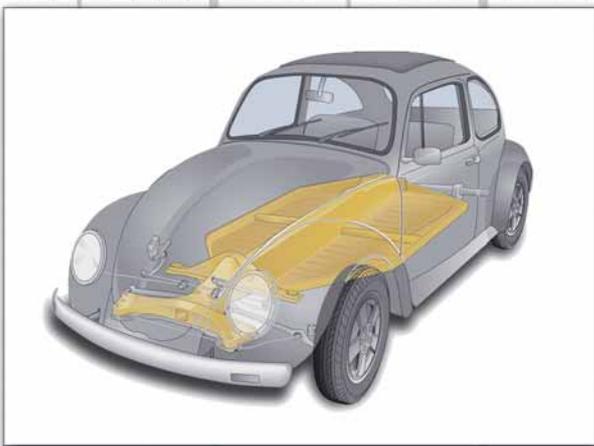
Utilisation des matériaux

Les premières carrosseries étaient encore constituées de bois dont l'apparence était embellie par des revêtements extérieurs de peinture, d'étoffe ou de plastique, bois qui était simultanément protégé ainsi contre les influences extérieures.

Les optimisations progressives des carrosseries modernes ne portent pas uniquement sur leurs structures et leurs sections. Des matériaux spéciaux sur mesure sont en effet de plus en plus employés pour des zones bien spécifiques de la carrosserie.

Ces matériaux se différencient par leur matière constitutive et leur traitement. Ils doivent permettre une adaptation toujours meilleure aux charges partielles de la carrosserie d'un point de vue mécanique et également en matière de corrosion.

Le matériau le plus employé est avant tout l'acier. Mais l'aluminium et le plastique sont de plus en plus utilisés pour permettre des constructions légères.



Carrosserie avec cadre plateforme

Carrosserie autoporteuse actuelle

S421_081

Introduction



La carrosserie

C'est souvent en terme de design que l'on perçoit et appréhende la carrosserie. En règle générale, ce n'est qu'ensuite que sont pris en considération les aspects liés aux confort technique et à la commodité.

Mais intrinsèquement, la carrosserie est avant tout la partie d'un véhicule qui permet le transport des passagers ; elle constitue une véritable enveloppe de transport pour les passagers à véhiculer.

Exigences à satisfaire par une carrosserie

À la faveur du perfectionnement technique, l'éventail des tâches qu'elle doit remplir, est devenu de plus en plus complexe :

- Espace de transport pour les passagers
- Satisfaction aux exigences de confort, comme par ex. la commodité, l'insonorisation, etc.
- Support pour tous les composants techniques des systèmes de propulsion et de transmission de puissance
- Support pour tous les composants techniques des systèmes de confort
- Support des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation
- Support de tous les systèmes de sécurité
- Configuration de la carrosserie pour assurer une protection optimale contre de possibles influences intérieures et extérieures dangereuses, comme par ex. en cas d'accident
- Incidence en terme d'image

Structure d'une carrosserie

On distingue deux principales zones dans une carrosserie :

- La structure interne de la carrosserie et
- Le revêtement extérieur de la structure de la carrosserie.

La partie intérieure de la structure de la carrosserie, nommée également cellule passagers, doit être particulièrement résistante à la déformation en raison des exigences en matière de sécurité.

Les zones avant et arrière de la carrosserie doivent permettre l'absorption et la dissipation de l'énergie d'impact (zones de déformation programmée pour satisfaire aux exigences de sécurité en cas de choc) de manière optimale. Sur les véhicules modernes, cela s'applique également de plus en plus aux zones latérales et au toit.

Réparations sur une carrosserie

En raison de la conception stable de la structure interne de la carrosserie, des réparations dans cette zone sont très complexes et coûteuses.

Des pièces assemblées par vis à la structure de la carrosserie sont remplacées lorsqu'elles sont fortement endommagées.



La constitution structurelle d'une carrosserie est expliquée ci-après en prenant pour exemples la Golf et la Passat actuelles.

La carrosserie révèle sa structure interne ainsi que des pièces du revêtement extérieur.

Carrosserie de la Golf – millésime 2009



S421_082

avec revêtement extérieur

Structure de la carrosserie,
revêtement extérieur transparent



S421_005

Carrosserie de la Passat – millésime 2006



S421_083

avec revêtement extérieur

Structure de la carrosserie,
revêtement extérieur transparent



S421_006

Connaissances de base sur les matériaux

Connaissances de base : généralités sur les matériaux

Sur les carrosseries modernes, on utilise des matériaux toujours plus spécifiques pour chacune de leurs parties. Pour mieux comprendre les raisons du choix de chaque matériau, nous allons commencer par rappeler certaines bases concernant la science des matériaux.



Structures cristallines

Indépendamment de son état physique (gazeux, liquide ou solide), chaque matériau est composé d'ATOMES de différents types (fer, sodium, or, azote, oxygène, etc.). Les ATOMES se comportent comme des sphères solides dont la taille varie en fonction de leur nature.

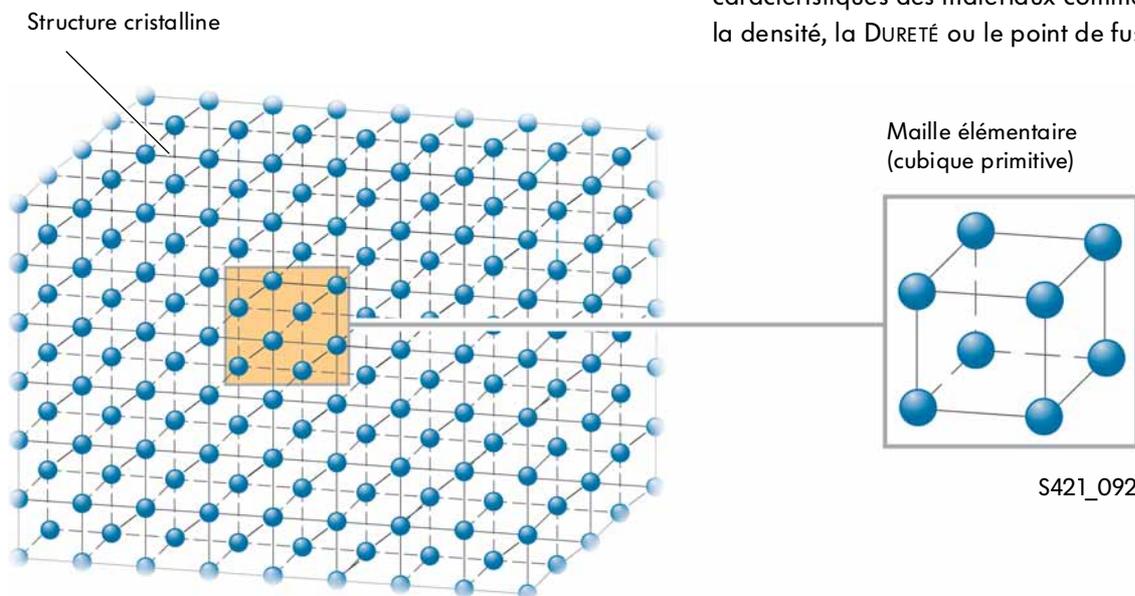
Les descriptions suivantes traitent des rapports existants entre les différentes structures cristallines dans le cas des métaux. Lorsque, lors de la fonte, les métaux sont encore à l'état liquide, les ATOMES se déplacent purement par hasard sans conserver une position bien définie.

Lorsque les matières se solidifient en refroidissant, les ATOMES ne se déplacent plus et s'ordonnent sous une forme tridimensionnelle bien définie appelée « structure cristalline ».

La structure cristalline peut être réduite à la plus petite unité fondamentale correspondante, la maille élémentaire. Dans sa forme la plus simple, une telle maille élémentaire peut être par exemple cubique primitive.

Suivant le type de matériau, il existe, outre les formes cristallines primitives de type cubique, par ex. des formes cristallines cubiques centrées et à faces centrées ou également hexagonales.

Le type de structure cristalline détermine les caractéristiques des matériaux comme par exemple la densité, la DURETÉ ou le point de fusion.



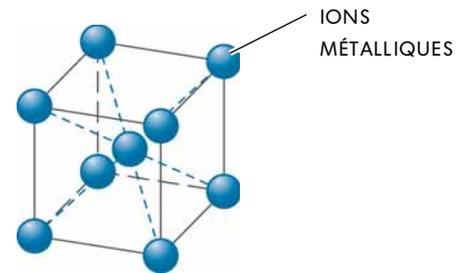
Le réseau cristallin ci-dessus montre une découpe arbitrairement choisie d'une structure cristalline. Les ATOMES mis en évidence en jaune présentent à titre d'exemple une maille élémentaire de la structure cristalline ; dans le cas présent, il s'agit d'un cristal cubique primitif. Les formes cristallines possibles sont présentées plus en détails à la page suivante.

La cristallisation des métaux s'effectue principalement sous trois formes :

- **Cristal cubique centré**
Les IONS MÉTALLIQUES s'ordonnent de telle manière que les lignes de liaison entre les ions forment un cube. Au milieu de l'espace du cube se trouve un autre ion métallique.
On retrouve ce type de cristallisation dans le chrome, le molybdène, le vanadium, le tungstène ou le fer en dessous d'env. 900 °C.

IONS MÉTALLIQUES = atomes chargés électriquement

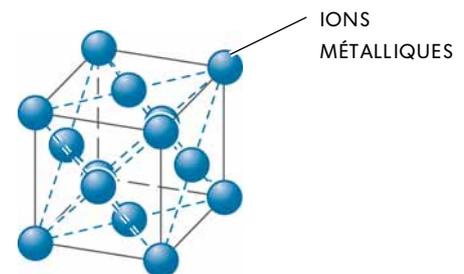
Cristal cubique centré



S421_099

- **Cristal cubique à face centrée**
La forme de base du cristal est également un cube. En plus des 8 IONS MÉTALLIQUES aux angles se trouve un ion à chaque milieu des 6 surfaces latérales.
On retrouve ce type de cristallisation par ex. dans le plomb, l'aluminium, le cuivre, le nickel ou le fer au-dessus d'env. 900 °C.

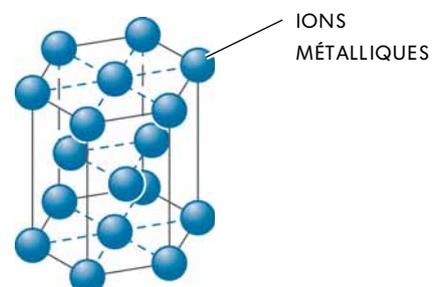
Cristal cubique à faces centrées



S421_100

- **Cristal hexagonal**
La forme fondamentale de ce cristal est un prisme avec une surface de base et une surface de recouvrement à six côtés. En leur milieu se trouve également un ION MÉTALLIQUE. De plus, trois autres IONS MÉTALLIQUES sont disposés à l'intérieur du cristal.
On retrouve ce type de cristallisation par ex. dans le magnésium, le titane et le zinc.

Cristal hexagonal



S421_101

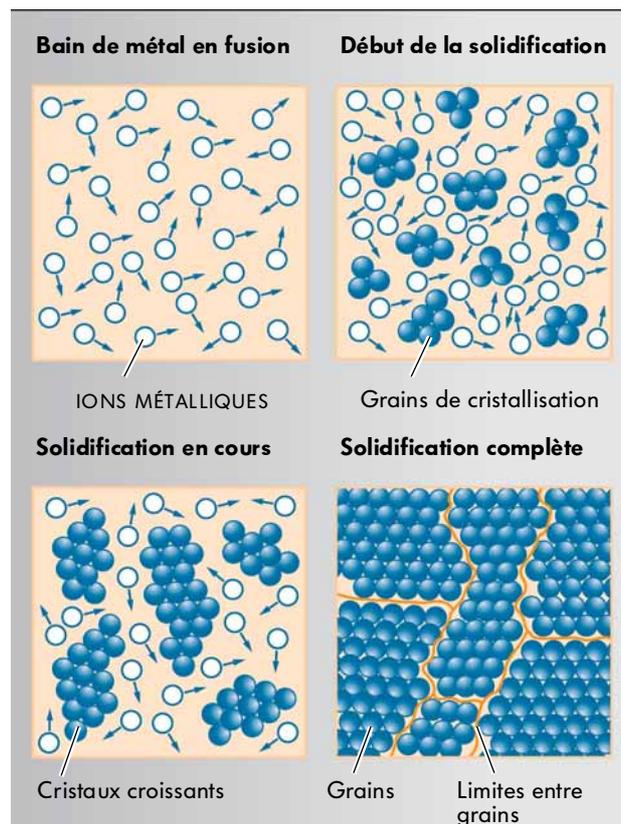


Connaissances de base sur les matériaux

Structure du métal

Dans le bain de métal en fusion, les IONS MÉTALLIQUES et les ÉLECTRONS libres se déplacent dans tous les sens de manière arbitraire. Il n'y a pas encore d'ordre spécifique.

Ce n'est que lorsque débute la solidification qu'un ordre se forme. Aux endroits où la température de solidification est atteinte en premier, des grains de cristallisation commencent à se former.



S421_089

Au fur et à mesure de la solidification, des IONS MÉTALLIQUES se positionnent sur ces grains et des réseaux cristallins se forment. Ces réseaux cristallins continuent de croître jusqu'à ce qu'ils se heurtent aux réseaux voisins également en pleine croissance. Au-delà de cette limite, ils ne peuvent plus croître.

Les cristaux qui apparaissent après solidification complète ont une forme extérieure irrégulière (on les nomme aussi cristallite ou grains) ; ils forment la structure d'un métal.

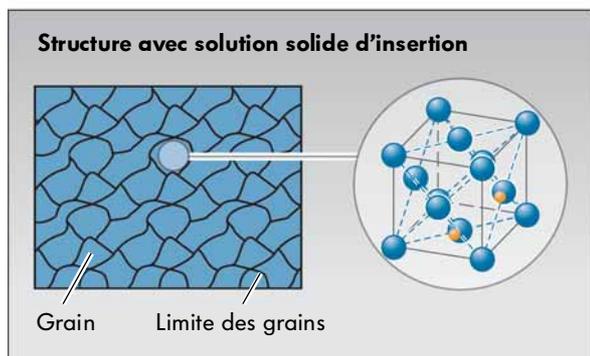
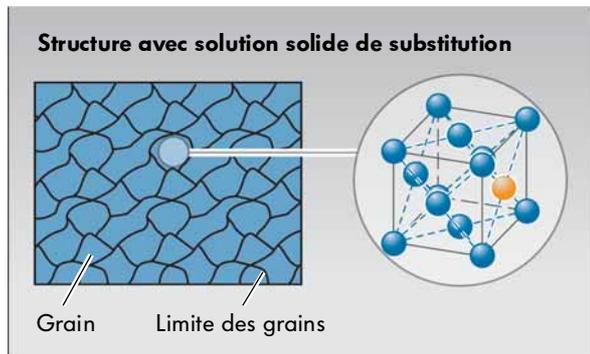
Dans les applications techniques, le fer n'est pas utilisé sous sa forme pure, mais en tant qu'ALLIAGE sous différentes formes. Le fer et les éléments d'addition sont fondus ensemble, les éléments d'addition se dissolvant dans le fer qui est le métal de base. Suivant les proportions du mélange fer - éléments d'addition, différents types de structure se forment.

Types de structure

Alliage à solution solide

Si dans un cristal, des ATOMES du métal de base sont remplacés par un ion de l'alliage, on parle d'une SOLUTION SOLIDE de substitution.

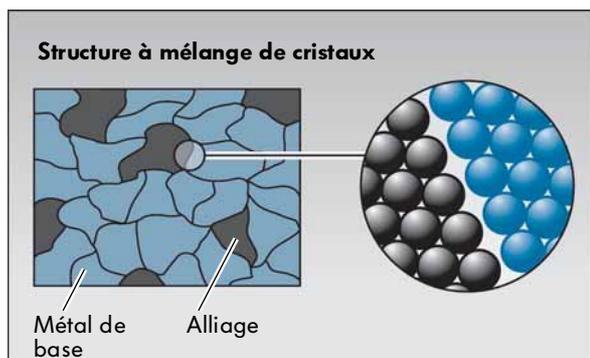
Si les ions de l'alliage se positionnent entre les IONS MÉTALLIQUES, on parle alors de SOLUTION SOLIDE d'insertion.



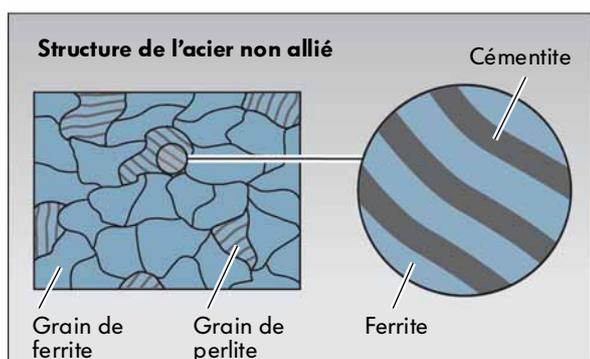
S421_090

Alliage de mélange de cristaux

Si des éléments d'addition se désolidarisent lors de la solidification du bain et que chaque composant forme des cristaux spécifiques, on parle alors de mélange de cristaux.



L'acier non allié constitue une particularité. L'élément d'addition est ici le carbone. Il est lié chimiquement dans l'acier sous forme de carbure de fer (cémentite) et traverse les grains de cristaux de fer (ferrite) en bandes fines ; on parle alors de grains de perlite.



S421_091



Connaissance de base sur les matériaux

Propriétés mécaniques

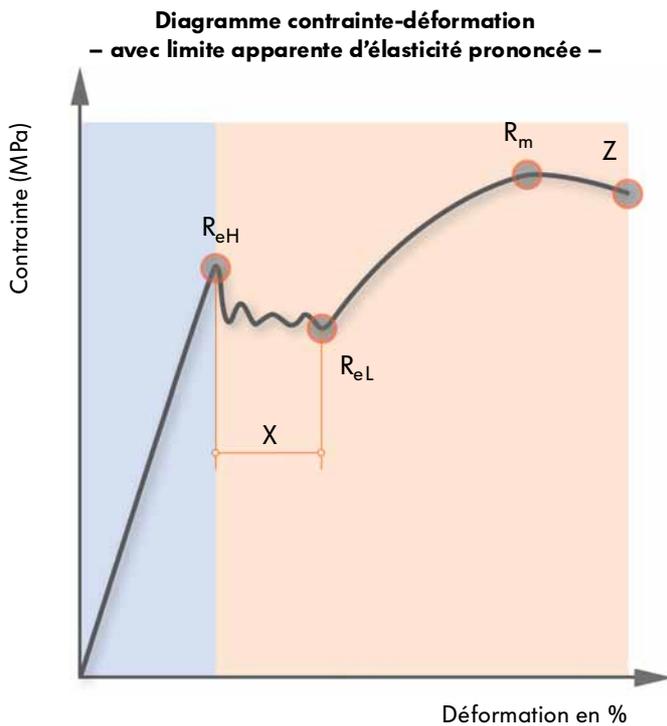
Les propriétés mécaniques des matériaux sont déterminées par des essais en laboratoire, le test le plus courant étant l'essai de traction qui permet de contrôler la résistance.

Pour ce test, des éprouvettes du matériau à contrôler sont soumises à une contrainte de traction croissante à température ambiante. Toutes les éprouvettes doivent avoir une taille et une forme standardisées pour permettre de comparer les résultats sur différents matériaux.

Pendant l'essai, on détermine la contrainte requise pour provoquer la déformation et la rupture de l'éprouvette et on examine dans quelle mesure l'éprouvette a été déformée. Il est ainsi possible d'établir un diagramme contrainte-déformation (contrainte par rapport à la section originelle de l'éprouvette).

Suivant le type de matériau, le tracé de la courbe peut présenter une limite apparente d'élasticité prononcée (zone d'élasticité) ou une transition continue de la zone d'élasticité à la zone de plasticité (avec une limite d'élasticité de 0,2 %).

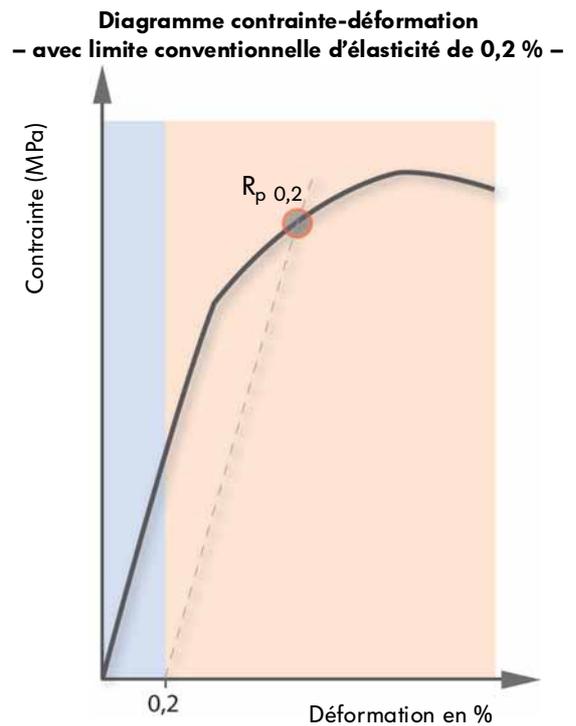
Les deux tracés de courbes caractéristiques sont des exemples – ils peuvent fortement différer l'un de l'autre suivant le matériau ou la variante de matériau employés.



Zone d'élasticité

Zone de plasticité

S421_008



S421_093

L'unité de mesure est celle habituellement utilisée dans le système international d'unités, le pascal (Pa). Compte tenu des valeurs très élevées, c'est souvent le mégapascal (MPa) qui est utilisé : 1 MPa = 1 000 000 Pa. L'unité de mesure également employée est le newton (N) par millimètre carré : 1 MPa = 1 N/mm².

Analyse du diagramme contrainte-déformation

Une analyse détaillée du diagramme contrainte-déformation donne une série d'informations parmi lesquelles il faut souligner les suivantes :



Limites apparentes d'élasticité R_{eH} et R_{eL}

Au début de l'application de la charge, la déformation de l'éprouvette s'effectue de manière élastique, c'est-à-dire qu'après cessation de la charge, l'éprouvette retrouve sa longueur initiale. Ce comportement élastique se maintient jusqu'à ce que la limite apparente d'élasticité R_{eH} soit atteinte. C'est la raison pour laquelle cette limite est également appelée limite élastique. (Il s'agit ici d'une explication sciemment simplifiée et donnée à titre d'exemple pour le présent programme autodidactique ; dans la pratique, il existe une multitude de variantes de courbes dans lesquelles la limite élastique peut aussi se trouver juste avant la limite apparente d'élasticité. Mais de tels cas ne seront pas pris comme bases de réflexion dans la suite du programme autodidactique).

La limite élastique sépare la zone d'élasticité de la zone de plasticité.

En dépassant la limite apparente d'élasticité R_{eH} , l'éprouvette commence à se déformer plastiquement. Suivant le type de matériau, la limite apparente d'élasticité peut se situer dans une zone spécifique, à savoir la zone d'élasticité « X », avec une limite apparente d'élasticité supérieure R_{eH} et une limite apparente d'élasticité inférieure R_{eL} (voir illustration S421_008).

Si cette limite apparente d'élasticité prononcée ne peut pas être définie, c'est la limite d'élasticité de 0,2 % qui est prise comme limite apparente d'élasticité de substitution. Il s'agit du point où est constaté un allongement résiduel de 0,2 %. Une droite parallèle à la courbe de croissance linéaire est alors tracée avec un écart d'allongement résiduel de 0,2%. Cette limite apparente d'élasticité de substitution $R_{p 0,2}$ est appelée limite conventionnelle d'élasticité et constitue le point où la ligne coupe la courbe (voir illustration S421_093).

Résistance à la traction ou limite de rupture R_m

Dans ce cas, la contrainte atteint son maximum. La contrainte R_m représente la charge maximale pouvant être supportée par une section donnée. C'est à ce moment-là que débute la striction de l'éprouvette – la section de l'éprouvette commence alors à diminuer. La contrainte déterminée correspondant à la force par section (force nécessaire à une déformation ultérieure) diminue après le point R_m .

Point de rupture (Z):

Il s'agit du point où l'éprouvette se rompt. La valeur de ce point ne revêt aucune importance dans la pratique.

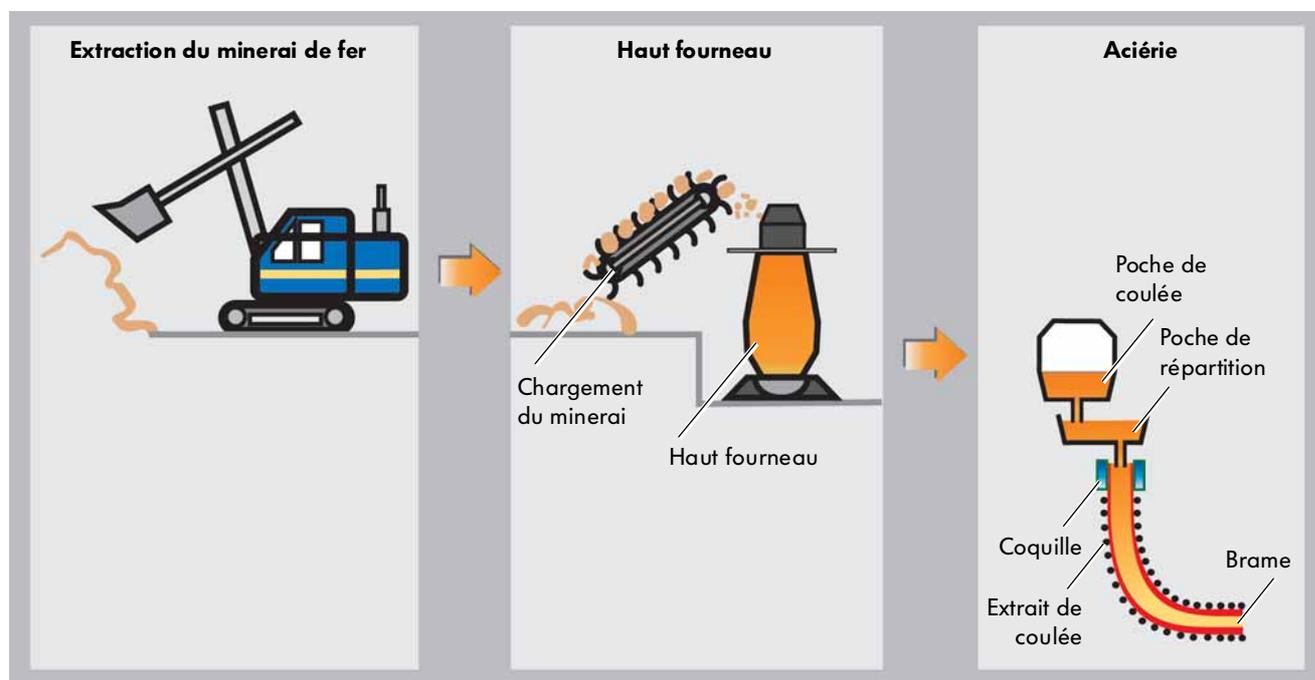
Connaissances de base sur les matériaux

Connaissances de base : l'acier

L'un des matériaux les plus employés dans la construction des carrosseries automobiles est l'acier. L'acier est un ALLIAGE de fer et de carbone, la teneur en carbone étant de 2,06 % au maximum. Des quantités plus importantes donnent naissance à des fontes. L'addition d'autres éléments comme le nickel, le manganèse, le phosphore, le silicium, le chrome, etc. permet la formation de familles d'acier. Il existe une multitude d'aciers, chacun ayant une composition différente et donc différentes propriétés.



Production d'acier



S421_070

À partir du minerai de fer présent dans la nature, du fer est fondu dans un haut fourneau (fonte de première fusion). Suivant la composition du minerai de fer utilisé, la fonte de première fusion a une composition spécifique.

La composition chimique de la fonte de première fusion est ensuite ajustée en aciérie à des valeurs préalablement fixées et souhaitées. Cela peut être obtenu par suppression ou addition de certains éléments. Ce processus est appelé alliage.

En faisant varier la teneur en carbone et d'autres éléments d'addition, on peut produire différents types d'aciers. Et c'est en dosant spécifiquement la teneur en carbone sur env. 2,06 % au maximum que le fer devient de l'acier. Il est par ailleurs possible de procéder à des dosages pour obtenir sciemment des propriétés spécifiques souhaitées lors de l'utilisation ultérieure du matériau.

Le métal fondu est transporté de l'aciérie à l'installation de coulée continue et transformé en barres. Et c'est ce matériau en barres qui est le produit de départ utilisé dans tous les autres procédés pour la fabrication de PRODUITS SEMI-FINIS, comme par ex. les processus de laminage, de traitement thermique et de revêtement de surfaces.

Les propriétés de l'acier sont déterminées par les principaux critères suivants :

- la composition chimique de l'acier,
- le traitement ultérieur des produits en acier.



Composition chimique

À l'état solide, chaque type d'acier a sa propre structure cristalline ; cette structure lui confère des propriétés mécaniques qui peuvent être identifiées par une analyse métallographique.

Un aspect très important à prendre en compte lors de la fabrication de l'acier est la vitesse à laquelle les matières premières sont chauffées et refroidies aussi bien lors du processus de fabrication que lors du traitement ultérieur. L'analyse du fer à l'état pur permet de déterminer comment varient sa structure cristalline ainsi que ses propriétés magnétiques et sa solubilité en fonction de l'augmentation ou de la diminution de la température.

Pour permettre une meilleure compréhension des propriétés d'un acier, nous allons expliquer tout d'abord les propriétés du fer pur, puis celles de différents ALLIAGES fer-carbone et enfin celles d'ALLIAGES constitués de fer, de carbone et d'autres constituants.

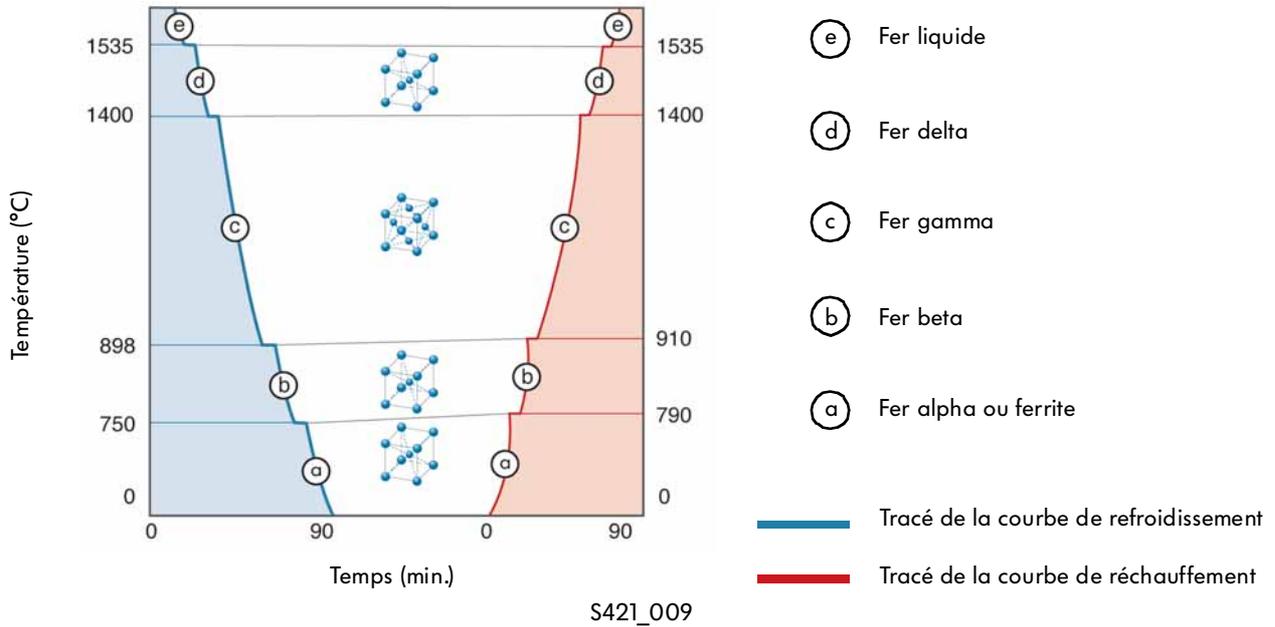
Fer pur

Toute autre observation concernant les aciers nécessite de savoir à la base à quelles températures le fer pur modifie sa structure cristalline, c'est-à-dire l'ordonnement de ses ATOMES.

Ce nouvel ordonnancement nécessite un certain temps pendant lequel la température reste constante. On appelle « points critiques » les températures auxquelles se produit une modification de structure (voir diagramme « Points de transformation pour le fer pur » à la page suivante). Ces « points critiques » sont représentés sur le diagramme par une ligne horizontale ressemblant à une marche d'escalier.

Connaissances de base sur les matériaux

Points de transformation pour le fer pur



Réchauffement

À une température comprise entre 0 et 790 °C, le fer est appelé « fer alpha » ou « ferrite » ; il a une structure de cristaux cubiques centrés avec 9 atomes de fer. Le fer alpha est très magnétique et ne dissout pas le carbone.

Si le fer est chauffé entre 790 et 910 °C, on parle alors de « fer beta » ; la structure de ses cristaux, toujours cubique centrée, ne dissout pas non plus de carbone mais perd une partie de son magnétisme.

Entre 910 et 1400 °C, on parle de « fer gamma ». Ici, la structure cubique est à faces centrées. Le fer gamma n'est pas magnétique et dissout le carbone.

Entre 1400 et 1535 °C, il s'agit de « fer delta ». La structure des cristaux est de forme cubique centrée. Étant donné qu'on ne l'obtient qu'à très haute température, il n'a que peu d'importance pour l'analyse des types de traitements thermiques.

À des températures supérieures à 1535 °C, le fer pur est liquide.

Comparativement à la phase de réchauffement, il se produit le processus opposé lors du refroidissement (avec de faibles écarts en ce qui concerne les « points critiques »).



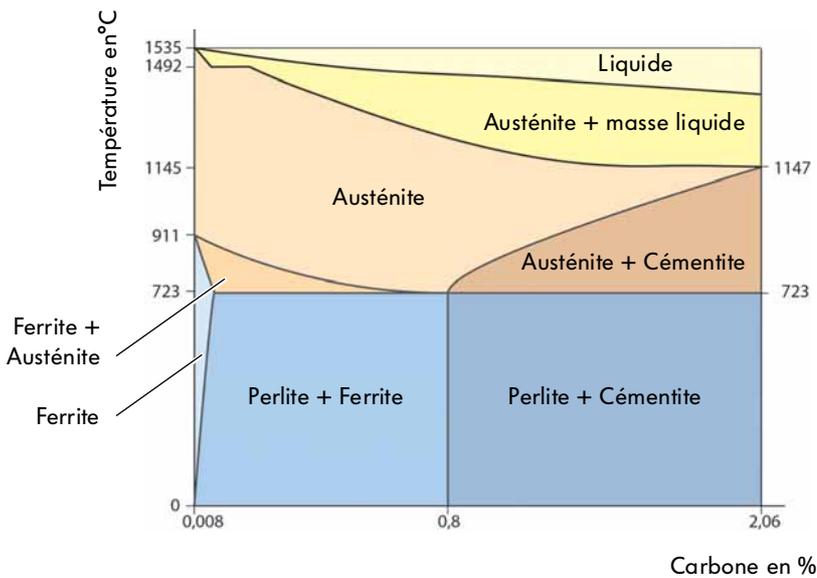
Au niveau des « points critiques de transformation », la chaleur emmagasinée est utilisée pour la transformation de la structure des cristaux ; c'est la raison pour laquelle il n'est enregistré aucune augmentation de la température. Cela veut dire que suivant la température, les atomes de fer se regroupent pour former des structures cristallines différentes avec des propriétés magnétiques distinctes et une solubilité du carbone également différente.

Points de transformation pour les alliages fer-carbone

Suivant la température et la teneur en carbone, les aciers se cristallisent en formant différentes structures.

« Acier » signifie ici un alliage fer-carbone dont la teneur en carbone atteint au maximum 2,06 %.

Diagramme fer-carbone



La figure présente uniquement la zone du diagramme fer-carbone correspondant aux aciers, le diagramme complet représentant jusqu'à plus de 6 % de carbone.

S421_010

Interprétation du « diagramme fer-carbone »

Les lignes sur le diagramme montrent les « points critiques » où l'acier modifie sa structure cristalline.

Suivant la teneur en carbone, la température à laquelle la modification de structure se produit n'est pas toujours la même.

Les zones limitées par les « points critiques » montrent la structure cristalline que prend l'acier dans chaque cas.

À des températures élevées, l'acier est fondu et tous ses composants sont dissous, comme le sel dans l'eau.

Au fur et à mesure que l'acier refroidit, des éléments de fer et de carbone se solidifient. Se forment alors les « cristaux d'austénite » (la température de solidification varie selon la teneur en carbone). Si la température continue de baisser, l'ALLIAGE se solidifie entièrement pour devenir de l'austénite.

En dessous d'env. 723 °C, l'austénite peut former deux structures différentes suivant la teneur en carbone de l'ALLIAGE :

- Si la teneur en carbone est inférieure à 0,8 %, l'austénite se transforme en austénite et ferrite qui sont réparties dans l'acier sous forme de cristaux.
- Si la teneur en carbone est de 0,8 %, l'acier ne contient que des cristaux de perlite combinés.
- Si la teneur en carbone est supérieure à 0,8 %, l'austénite se transforme en perlite et en cémentite.



Connaissances de base sur les matériaux

Types de structure

Le tableau ci-dessous présente les propriétés structurales et mécaniques les plus importantes des compositions citées dans le diagramme fer-carbone (uniquement la plage du diagramme correspondant à l'acier). (Les compositions indiquées apparaissent également au-dessus de cette plage, c'est-à-dire à > 2,06 % de carbone).



Type de structure	Explication
Ferrite	<p>La ferrite est composée de cristaux de fer alpha qui forment un réseau de cristaux cubiques centrés. Du carbone est inséré entre les atomes de fer (SOLUTION SOLIDE d'insertion).</p> <p>La ferrite est le composant le plus tendre de l'acier.</p> <p>De par ses propriétés mécaniques, la ferrite se caractérise par une résistance à la traction de 28 MPa et une élasticité de 35 à 40 %.</p>
Carbone	<p>Des atomes purs de carbone peuvent se relier les uns aux autres de deux manières. Suivant le type de liaison, on obtient du graphite ou du diamant.</p> <p>Pour les aciers, ce n'est naturellement que le carbone sous forme de graphite qui importe. Ses liaisons sont faibles et peuvent par conséquent être aisément rompues.</p> <p>Le carbone est stocké sous forme d'atomes dans le réseau (SOLUTION SOLIDE d'insertion) ou sous forme de liaisons – voir par ex. cémentite.</p>
Cémentite	<p>La cémentite est une liaison de fer et de carbone. Chimiquement, on parle de carbure de fer (Fe_3C). La cémentite contient 6,67 % de carbone et 93,33 % de fer.</p> <p>Elle peut se déposer dans la structure sous différentes formes : comme des formations isolées (par ex. petits bâtons ou aiguilles) ou comme des accumulations aux limites des grains de la structure cristalline.</p> <p>La cémentite est le composant le plus dur, mais également le plus fragile de l'acier avec une résistance à la traction de 215 MPa.</p>
Austénite	<p>L'austénite se compose de cristaux de fer gamma qui forment un réseau cristallin cubiques à faces centrées.</p> <p>Elle contient du carbone qui est inséré, comme pour la ferrite, entre des atomes de fer (SOLUTION SOLIDE d'insertion). En raison des plus grands interstices dans le réseau cristallin cubique à faces centrées, plus de carbone peut être inséré que pour la ferrite.</p> <p>La teneur en carbone varie entre 0 et 2,06 %.</p> <p>L'austénite présente une résistance à la traction de 88 à 105 MPa et une élasticité de 20 à 23 %. Elle se caractérise par une grande résistance à l'usure et une faible DURETÉ ; par ailleurs, elle est la matière la plus présente dans les aciers.</p>

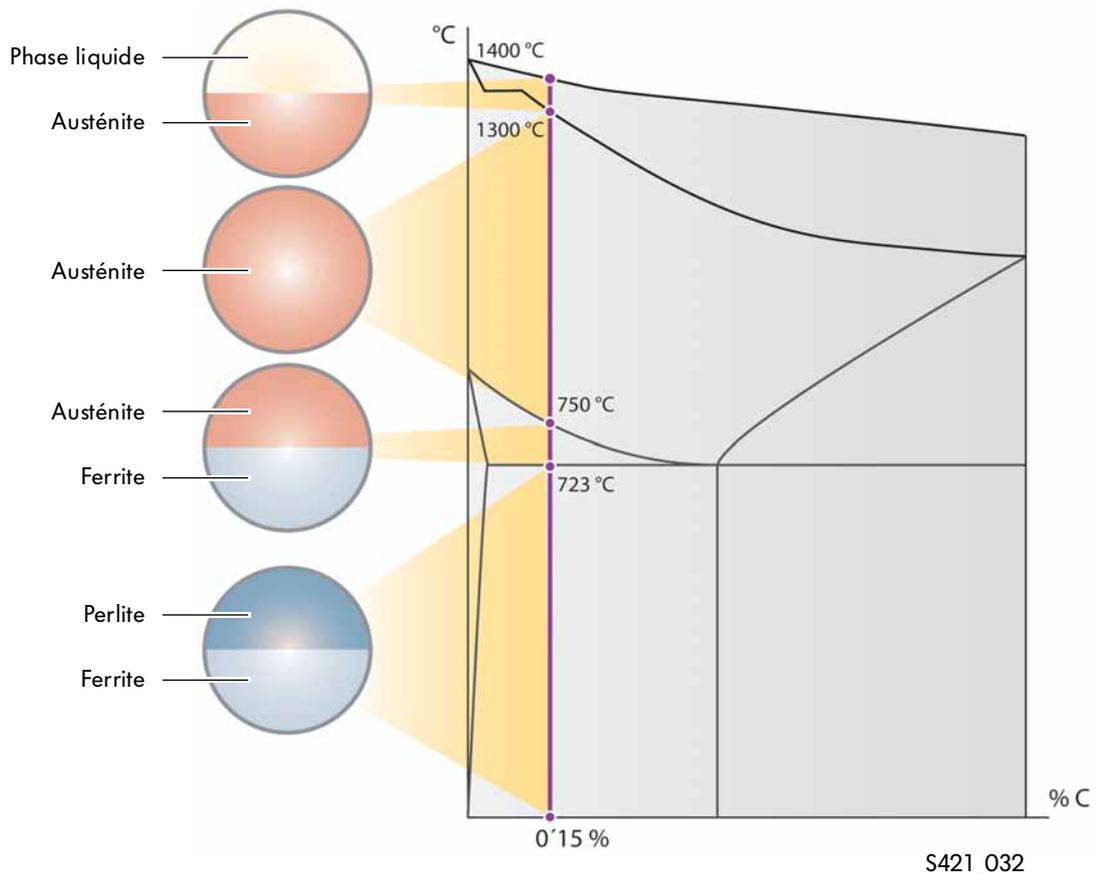


Type de structure	Explication
Perlite	<p>La perlite est un mélange de lamelles de cémentite et de ferrite qui se crée à partir de la transformation de l'austénite. L'épaisseur des lamelles dépend de la vitesse de refroidissement. Plus celle-ci est lente, plus les lamelles sont épaisses.</p> <p>La résistance à la traction de la perlite est comprise entre 55 - 70 MPa, son élasticité est de 20 - 28 %.</p> <p>Les caractéristiques mécaniques de la perlite se situent entre celles de la ferrite et de la cémentite ; elle est plus dure et plus résistante que la ferrite, mais plus tendre et plus formable que la cémentite.</p>
Martensite	<p>La martensite se crée par refroidissement rapide de l'austénite.</p> <p>Il se produit en effet une transformation du réseau cubique à faces centrées de l'austénite en réseau cubique centré. En raison du plus grand espace disponible, il y a plus de carbone dissous dans le réseau cubique à faces centrées que dans le réseau cubique centré. Le carbone ne trouvant pas alors pas suffisamment de place lors de la transformation de la structure, il déforme le réseau cristallin et l'élargit. Il se forme des plaques de cristaux que l'on peut reconnaître à leurs formes en aiguilles – plaques appelées aiguilles de martensite.</p> <p>Les contraintes de compression provoquées par le plus important volume de martensite entraînent une plus grande DURETÉ , mais également une plus grande fragilité de la martensite.</p> <p>Au fur et à mesure que la vitesse de refroidissement croît, il se forme toujours moins de perlite de sorte qu'il se produit une transformation presque complète en martensite.</p> <p>Après la cémentite, la martensite est l'un des constituants les plus durs de l'acier. La résistance à la traction de la martensite se situe entre 170 et 250 MPa, l'élasticité entre 0,5 et 2,5 %.</p>
Bainite	<p>Comme la perlite, la bainite se compose de ferrite et de cémentite, mais en diffère du point de vue de la forme, de la taille et de la répartition.</p> <p>La bainite se compose d'une structure qui contient des paquets d'aiguilles de ferrite avec des couches minces de carbure entre eux ou des plaques de ferrite avec des couches de carbure entre elles.</p> <p>La bainite se forme par un refroidissement de l'austénite effectué de façon rapide, températures et vitesses de refroidissement se situant entre celles valables pour la perlite et la martensite. Après refroidissement de l'austénite à des températures au-dessus de la température de début de formation de martensite, il se produit la transformation en bainite au niveau dit de bainite à une température maintenue constante (isothermique).</p> <p>La vitesse de refroidissement est choisie de telle manière qu'il ne se forme pas de perlite.</p> <p>La résistance à la traction se situe entre 15 et 220 MPa, l'élasticité entre 1,5 - 2 %.</p>

Connaissances de base sur les matériaux

Deux exemples sont cités ci-après pour illustrer les modifications de structures qui se produisent lors de la fabrication d'acier avec une teneur en carbone de 0,15 à 1,20 %.

Acier à 0,15 % de carbone



La température initiale est supérieure à 1 500 °C – l'acier est liquide.

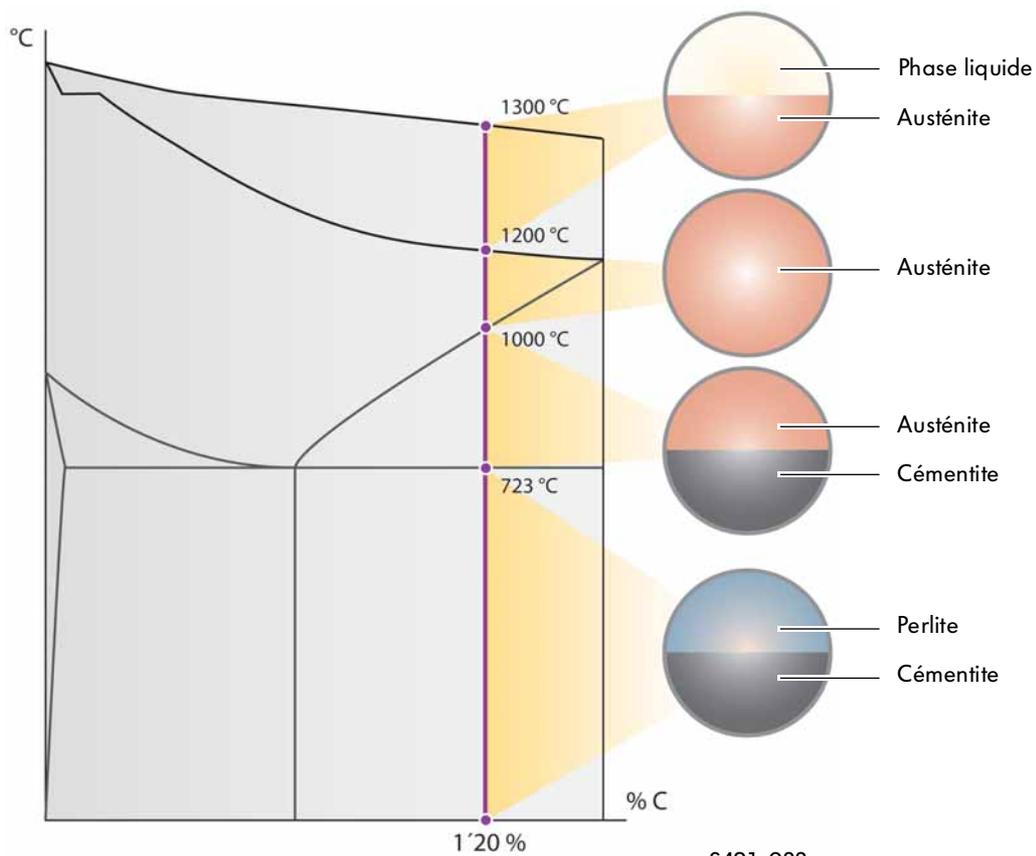
Lorsque la température est inférieure à 1 400 °C, une partie du fer et du carbone se solidifie et il se crée un mélange composé d'une phase liquide et d'austénite.

Lorsque la température est inférieure à 1 300 °C, l'acier avec une teneur de carbone de 0,15 % est parfaitement solidifié et se transforme en austénite. Il reste ainsi jusqu'à ce que la température soit inférieure à 750 °C.

Entre 750 et 723 °C se crée un mélange d'austénite et de ferrite.

En dessous de 723 °C, la structure cristalline se modifie, donnant naissance à un mélange de perlite et ferrite. Si la vitesse de refroidissement se modifie en un point quelconque pendant ce processus, il peut s'ensuivre l'apparition de constituants structurels différents, comme par ex. la bainite, la martensite, etc.

Acier à 1,20 % de carbone



À 1 500 °C, cet acier est également liquide.

Entre 1 300 et 1 200 °C, on obtient un mélange composé d'une phase liquide et d'austénite.

En dessous de 1 200 °C, l'acier à 1,20 % de carbone est entièrement solidifié et transformé en austénite.

Entre 1 000 et 723 °C se crée un mélange "austénite et de cémentite.

À des températures inférieures à 723 °C, la structure cristalline prend un état stable et il se forme un mélange de perlite et de cémentite.



Connaissances de base sur les matériaux

Alliage de l'acier avec d'autres composants

La teneur en carbone confère à l'acier sa RÉSISTANCE.

Lorsque d'autres éléments d'addition sélectionnés sont ajoutés, comme par ex. le silicium, le phosphore, le titane, le niobium ou le chrome, des propriétés spécifiques autres que la résistance peuvent être obtenues de manière ciblée.

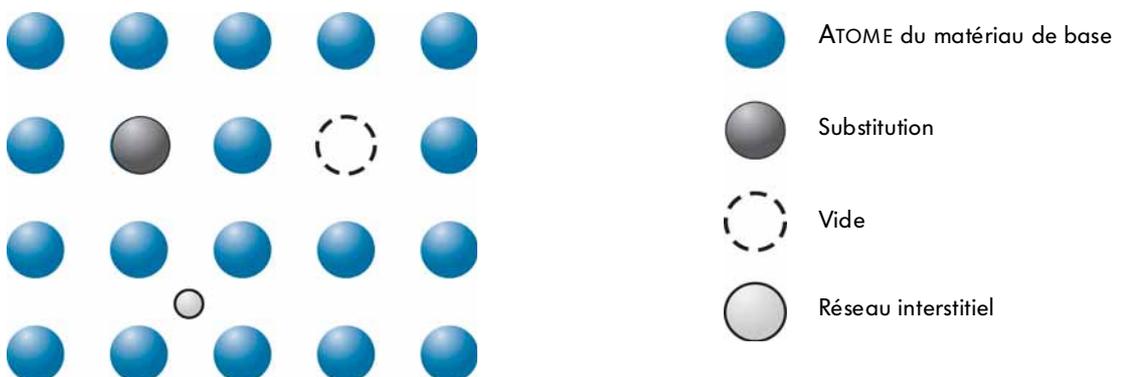
Les effets de ces éléments sont déjà détectables même s'ils ne sont ajoutés qu'en petites quantités à d'autres éléments d'addition.

L'ALLIAGE d'une structure cristalline de fer peut prendre différentes formes :

- Substitution :
Des ATOMES d'autres éléments remplacent les atomes de fer de la matrice cristalline.
- Vide :
Des atomes de fer sont éloignés de la matrice cristalline et la place correspondante reste vide.
- Réseau interstitiel :
Des ATOMES d'autres éléments comme le titane occupent des positions interstitielles* entre les atomes de fer de la matrice cristalline. Ils bloquent un possible glissement des faces d'atomes entre elles, augmentant ainsi la résistance. Leur quantité dans l'alliage d'acier a une influence décisive sur les propriétés mécaniques ultérieures.

* interstitiel (position intermédiaire au sein d'une structure donnée)

Structure/matrice cristalline



S421_015

Le tableau ci-dessous répertorie d'autres éléments d'addition importants et leur influence sur les propriétés des aciers.

Élément d'addition	Propriétés modifiées de l'acier
Chrome	Augmente la passivité de l'acier face aux influences corrosives (il s'agit de l'élément d'addition principal pour augmenter la résistance des aciers à la rouille et aux acides).
Manganèse	Affine le grain ; augmente la RÉSISTANCE ; améliore la trempabilité ; augmente la DURETÉ, l'élasticité et la résistance à l'usure ; optimise la soudabilité et la forgeabilité.
Molybdène	Augmente la RÉSISTANCE et la ténacité ; favorise la passivité de l'acier face aux influences corrosives ; améliore la trempabilité, diminue la fragilité de revenu sur les aciers CrNi- et Mn ; favorise la formation de grains fins et optimise la soudabilité.
Nickel	Augmente la RÉSISTANCE et la ténacité ; contribue à la stabilisation du réseau structurel austénitique ; améliore l'usinabilité également à basse température.
Niobium	Le niobium a la même influence que le titane.
Phosphore	Augmente la RÉSISTANCE ; contribue à créer un équilibre entre la compressibilité et la RÉSISTANCE mécanique.
Silicium	Augmente la RÉSISTANCE et la limite d'élasticité ; affine le grain.
Azote	Augmente la RÉSISTANCE des aciers austénitiques ; améliore les propriétés mécaniques à température élevée.
Titane	Augmente la RÉSISTANCE et la ténacité ; bloque la croissance du grain et contribue à l'obtention d'une structure cristalline fine ; sur les aciers alliés au chrome, empêche l'élimination du carbure de chrome et donc la corrosion intergranulaire.



Connaissances de base sur les matériaux

Connaissances de base : le traitement de l'acier

Il existe de nombreux types de traitements qui peuvent être regroupés en trois grandes familles :



Famille de traitements	Traitement
Traitements mécaniques	Formage à froid
	Formage à chaud
Traitements thermiques	Trempe
	Recuit
	Recuit de normalisation
	Revenu
Traitements thermochimiques	Cémentation
	Carbonituration
	Nituration

Traitement mécanique

En font partie les traitements qui entraînent des déformations durables du métal par le biais d'une énergie mécanique. Ces processus ne se répercutent pas sur la structure cristalline, mais modifient l'élasticité, la ténacité, la plasticité et la DURETÉ.

Les traitements mécaniques les plus connus sont :

Traitement	Déroulement
Formage à froid	La déformation de l'acier s'effectue en-dessous de sa température de RECRISTALLISATION. La DURETÉ, la résistance à la déformation et la limite d'élasticité de l'acier sont augmentées.
Formage à chaud	La déformation de l'acier s'effectue au-dessus de sa température de RECRISTALLISATION. Lors de ce traitement, il se produit simultanément des déformations plastiques et la RECRISTALLISATION des grains déformés, la température devant être maintenue suffisamment longtemps pour que la RECRISTALLISATION soit complète. Ce traitement produit la même déformation que le formage à froid, mais en nécessitant moins d'énergie, ce qui permet d'obtenir des aciers plus doux, plus façonnables et dotés d'une structure cristalline plus homogène.

Traitement thermique

Le traitement thermique regroupe les procédés lors desquels les propriétés des métaux se trouvent modifiées par leurs changements de structure et de constitution à tel point qu'elles permettent au matériau de mieux remplir les tâches prescrites.

Ces procédés induisent simultanément des possibilités d'utilisation et des performances bien meilleures que dans des conditions normales. Le traitement thermique s'applique aussi à l'acier.

De manière générale, un traitement thermique consiste à réchauffer l'acier et à le maintenir à une température donnée pendant une période plus ou moins longue. Puis il faut refroidir de manière appropriée. S'ensuivent des modifications dans la structure microscopique des aciers qui provoquent les modifications souhaitées sur la DURETÉ et la RÉSISTANCE.

Cela signifie que lors d'un traitement thermique, seule l'énergie thermique agit et ce sur la structure cristalline, et non sur la composition chimique.



Les quatre principaux traitements thermiques sont décrits ci-après :

Traitement	Déroulement
Trempe	On dit que l'acier est trempé lorsqu'il est rapidement refroidi pour éviter de nouvelles modifications de la structure cristalline.
Recuit	L'acier est recuit lorsqu'il a subi des déformations par une influence mécanique ou d'autres causes. Le refroidissement de l'acier se fait alors très lentement.
Recuit de normalisation	L'acier subit un recuit de normalisation pour éliminer ses tensions. L'état normal de l'acier est ainsi restauré. Dans ce cas, le refroidissement doit se faire à une vitesse moyenne.
Revenu	Après la trempe, l'acier est de nouveau réchauffé (revenu), ce qui renforce la stabilité de la structure. Le revenu annule partiellement la trempe, les conséquences étant d'autant plus importantes que la température de réchauffement est élevée.

Connaissances de base sur les matériaux

Structures

Grâce aux traitements thermiques, on peut obtenir des variations dans la constitution structurelle des aciers. Mais celle-ci dépend également de la composition de l'acier (proportion des éléments d'addition).

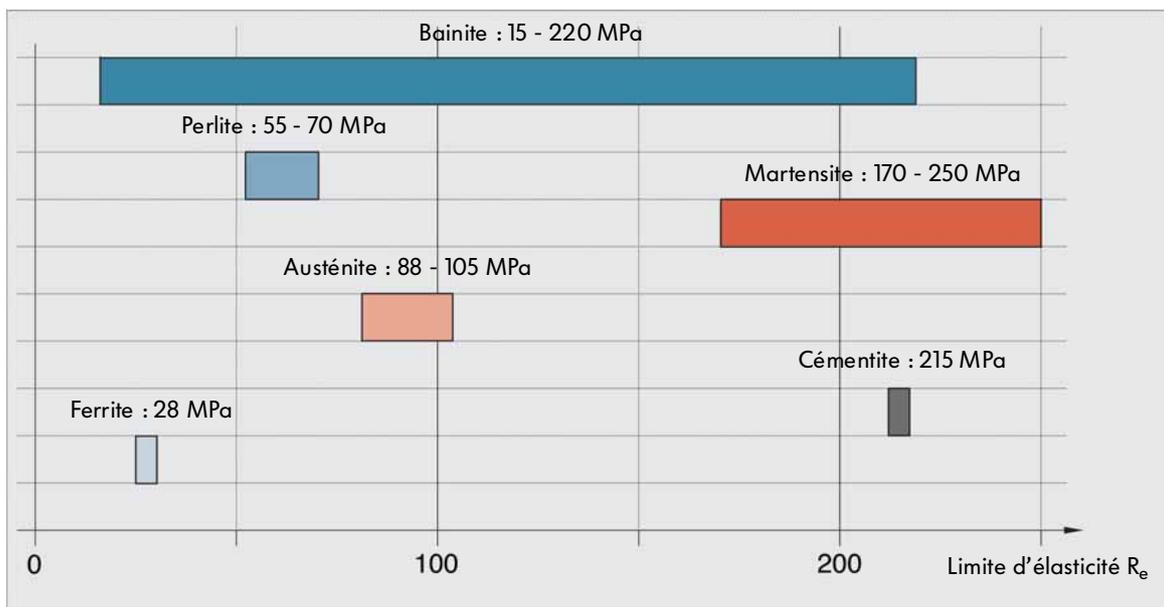
Chaque variation est obtenue par les proportions de certains constituants structurels qui ont une influence essentielle sur la RÉSISTANCE/DURETÉ d'un acier.

Grâce à un tel traitement, l'acier peut être adapté aux différentes exigences conditionnées par la pratique.

C'est ainsi que l'on procède en carrosserie. Suivant les exigences auxquelles doivent satisfaire les différentes zones de la carrosserie, on utilise des aciers ayant les compositions structurelles nécessaires et par conséquent les caractéristiques de résistance requises.

Le diagramme représente les principaux constituants structurels avec leurs plages de résistance respectives.

Limite d'élasticité R_e de certains constituants structurels



S421_023

Traitement thermochimique

Font partie de ce type de traitement les procédés qui impliquent non seulement l'énergie thermique (réchauffement, maintien de la température, refroidissement), mais également des composants chimiques dans le traitement de l'acier. La structure et la composition chimique de l'acier s'en trouvent modifiées en conséquence.

Les principaux traitements thermochimiques sont :

Traitement	Déroulement
Cémentation	<p>Lors de la cémentation, la surface d'une pièce en acier est enrichie de carbone (carburation ou cémentation), ce qui rend possible la trempe ultérieure.</p> <p>À cet effet, la pièce est chauffée et maintenue pendant un certain temps à une température appropriée tout en étant en contact simultané avec des matériaux qui peuvent dégager du carbone. L'enrichissement en carbone peut se faire par voie gazeuse, par poudre et par bains de sel.</p> <p>Lors du refroidissement ultérieur, les couches ainsi générées sont trempées, le cœur du matériau non enrichi de carbone restant intact.</p> <p>Ce traitement permet d'améliorer la ténacité et la résistance aux chocs.</p>
Carbonituration	<p>La carbonituration est en réalité une variante élargie de la cémentation. Lors de ce traitement, la surface des pièces en acier est enrichie non seulement de carbone, mais aussi d'azote.</p> <p>L'enrichissement a lieu dans un bain de sel cyanuré à des températures appropriées. Puis est réalisé un refroidissement ciblé. En raison des températures de trempe plus basses et des fluides de trempe non drastiques, la déformation présentée est faible.</p> <p>C'est ainsi que des couches extérieures dures de faible épaisseur sont créées de façon simple et rapide sur des pièces en acier.</p>
Nituration	<p>La nituration consiste également à générer des couches dures sur la surface d'une pièce en acier par formation de nitrures.</p> <p>Ces couches atteignent une grande DURETÉ, celle-ci étant supérieure à la DURETÉ des couches obtenues par trempe superficielle (voir ci-dessus).</p> <p>Ce traitement repose sur le fait que l'acier absorbe de l'azote dans sa structure. Le processus a lieu à basse température, c'est pourquoi les déformations sont minimales. Il ne se produit ni refroidissement brusque, ni transformation de structure.</p>



Connaissances de base sur les matériaux

Connaissances de base : l'aluminium

Le poids joue un rôle croissant dans la construction automobile. C'est la conséquence d'objectifs toujours plus élevés en matière de fabrication de véhicules sobres et peu polluants.

Parallèlement à des solutions optimisées en matière de conception des carrosseries, l'utilisation de matériaux plus légers peut également se traduire par une diminution de poids. L'aluminium est par exemple de plus en plus employé à cet effet.

La gamme de véhicules Volkswagen ne comprend pas de carrosseries entièrement en aluminium. L'aluminium est utilisé pour certains composants comme par ex. :

- Les portes et capots sur la Phaeton,
- Le capot-moteur sur le Touareg.

Production d'aluminium

L'aluminium est produit à partir de la bauxite par un procédé de désagrégation à l'aide de soude caustique (NaOH). Il s'agit du procédé Bayer.

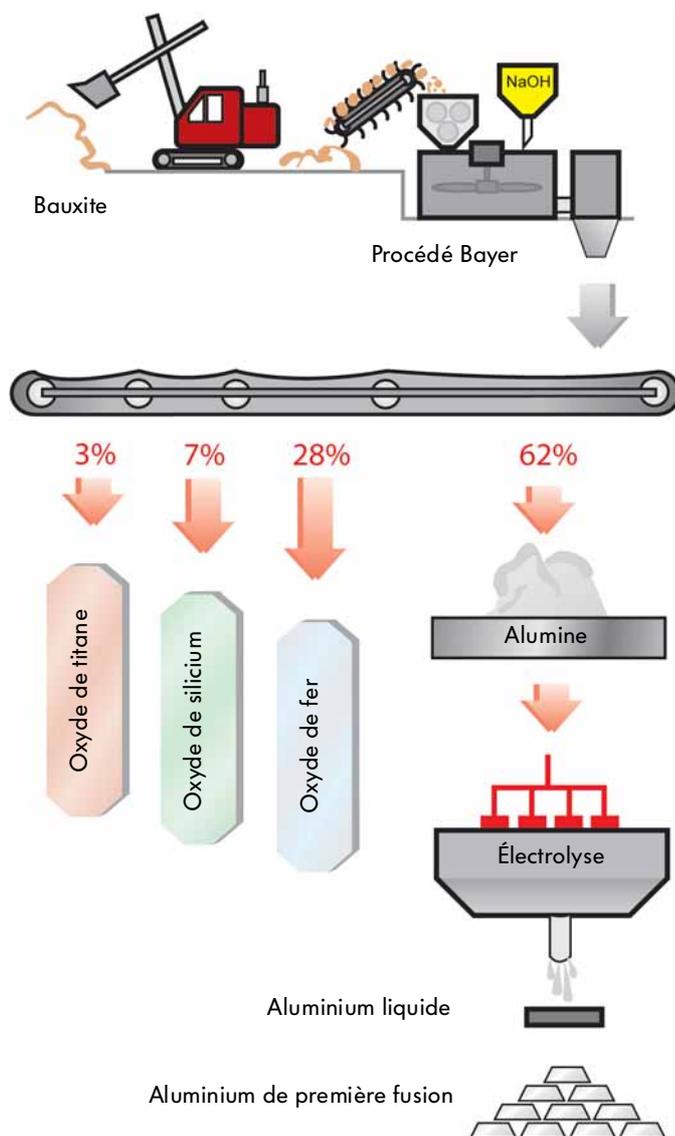
Bauxite :

- Formation par désagrégation de roches calcaires et siliceuses dans des conditions climatiques appropriées.
- Le nom est dérivé du lieu (Les Baux dans le Sud de la France) où de la bauxite a été trouvée pour la première fois.

L'aluminium est certes très présent sur terre, mais sa production rentable n'est cependant possible que depuis env. 100 ans.

Il est difficile de dissocier l'aluminium du minerai étant donné qu'il forme une liaison oxydique très stable avec l'oxygène. On ne peut donc pas, comme dans le cas du fer, l'extraire du minerai par fusion en utilisant le carbone comme auxiliaire.

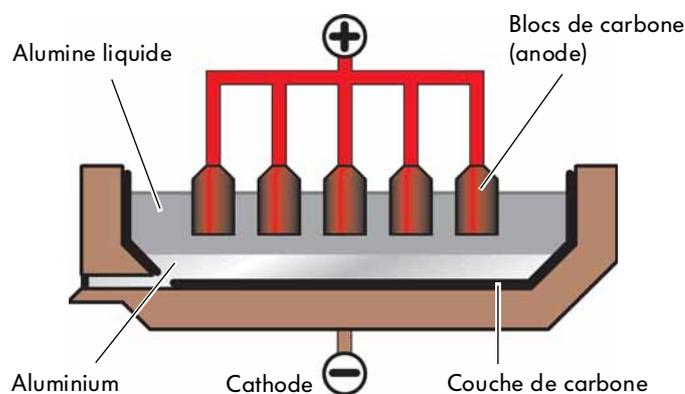
Ce n'est qu'avec la machine dynamoélectrique de Werner von Siemens, à la fin du XIX^e siècle, qu'il a été possible de produire de l'aluminium à l'échelle industrielle par voie électrolytique.



S421_044

L'électrolyse ignée de l'aluminium est réalisée industriellement dans de grandes cuves en fer dont les parois intérieures sont recouvertes de carbone. La cuve sert de cathode. Ce sont des blocs de carbone immergés dans l'aluminium de première fonte qui servent d'anode.

L'aluminium se dépose au fond de la cuve étant donné que l'écart avec le fond est moins important qu'avec les parois latérales. C'est ainsi que sous l'aluminium de première fonte se trouve une couche d'aluminium liquide qui peut être prélevée tous les 2 à 4 jours et être coulée en barres.



S421_045

Alliage d'aluminium

Pour garantir que les matériaux présentent des propriétés optimales dans les différentes conditions d'utilisation des composants de la carrosserie, on n'utilise pas d'aluminium pur, mais des alliages d'aluminium.

À l'état pur, l'aluminium présente une faible RÉSISTANCE. Par l'ajout d'autres éléments, c'est-à-dire par ALLIAGE, les propriétés de l'aluminium peuvent être modifiées, principalement sa RÉSISTANCE à la traction et sa résistance à la corrosion.

Les principaux éléments d'addition sont le magnésium et le silicium. Ces alliages constituent ensuite la base de profilés extrudés, de nœuds moulés et de tôles d'aluminium.

La RÉSISTANCE des alliages d'aluminium peut être augmentée par forgeage et durcissement. La capacité de l'aluminium à durcir constitue une condition décisive pour l'utilisation de l'aluminium dans les applications techniques.

Lors du durcissement, un choix spécifique de la température permet l'élimination de composants fragiles à l'intérieur de la structure de l'alliage. Ainsi se constituent des résistances internes contre une déformation ; cela se manifeste par une augmentation de la RÉSISTANCE.

Aciers pour la construction des carrosseries

La classification des aciers pour la construction des carrosseries

En raison du grand nombre de types d'acier, il est judicieux de les classer selon certains critères. C'est ainsi que des aciers peuvent être catégorisés en fonction de caractéristiques mécaniques comme par ex. la résistance à la traction et la limite d'élasticité. Un exemple est la différenciation entre les aciers ordinaires, les aciers à haute limite élastique, les aciers à très haute limite élastique et les aciers à très très haute limite élastique.

Classification en fonction de la rigidité	Résistance à la traction en MPa	Classification en fonction de la famille d'aciers	Procédé de fabrication
Aciers ordinaires	jusqu'à env. 300	Aciers emboutis	Laminage
Aciers à haute limite élastique	300-480	Acier Bake Hardening	Bake Hardening
	350-730	Acier microallié ; aciers isotropes	Affinage des grains et trempe par précipitation
	340-480	Acier allié au phosphore Acier IF	Durcissement des cristaux mixtes
Aciers à très haute limite élastique	500-600	Acier DP (Dual Phase)	Phases dures
	600-800	Acier TRIP (Transformation Induced Plasticity)	Phases dures
Aciers à très très haute limite élastique	>800	Acier CP	Phases dures
Aciers à très très haute limite élastique formés à chaud	>1000	Acier martensitique	Phases dures

Il est certes possible de classer des aciers uniquement par leurs valeurs mécaniques, mais cette classification est imprécise. Il n'existe pas de valeur fixe pour délimiter les différents aciers. D'autant qu'il s'agit d'une plage de valeurs assez grande. Il peut ainsi y avoir des exemples où des aciers à haute limite élastique présentent des valeurs identiques ou supérieures aux aciers à très haute limite élastique. C'est la raison pour laquelle on préfère généralement regrouper les aciers par familles en fonction du procédé de fabrication employé.

Sur les pages suivantes sont traités les aciers des familles qui sont de plus en plus utilisées dans la construction des carrosseries. Sont notamment expliqués les mécanismes permettant d'augmenter la RÉSISTANCE comparativement à l'acier embouti traditionnel, un rapport équilibré entre augmentation de la résistance et déformabilité étant d'une importance décisive.

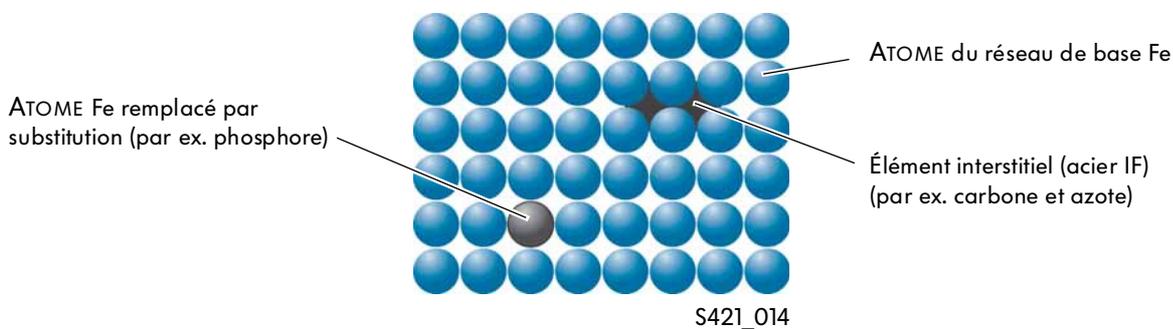
L'augmentation de la RÉSISTANCE des aciers peut être obtenue principalement de 4 manières :

- Par durcissement de la solution solide (SOLUTION SOLIDE = cristal mixte),
- Par affinage du grain et durcissement par précipitation,
- Par „Bake Hardening“ et
- Par durcissement via phases dures (phases dures = phases de structure dures).

L'augmentation de la résistance de l'acier

Augmentation de la résistance par durcissement de la solution solide

Généralement, le terme « trempe » évoque tout d'abord un traitement thermique de l'acier en vue d'obtenir une plus grande DURETÉ. Mais l'augmentation de la RÉSISTANCE et également de la DURETÉ peut être déjà obtenue par ALLIAGE avec d'autres éléments. On parle dans ce cas de durcissement de la solution solide. Ce procédé de durcissement permet par ex. d'obtenir les deux types d'acier suivants : les aciers IF à très haute limite élastique (Interstitial Free-Stähle = aciers IF) et les aciers alliés au phosphore.



- Aciers IF à très haute limite élastique :
Ces aciers ont une matrice de ferrite sans éléments d'addition interstitiels (insérés entre d'autres constituants). Dès la fonte de l'acier, un traitement spécifique est réalisé de manière à obtenir une faible teneur en carbone et en azote. Les ATOMES restants de ces éléments sont fixés par microalliage de titane et de niobium. En raison de l'absence de blocages par le carbone et l'azote (absence dans les interstices), les aciers présentent une bonne déformabilité. Pour obtenir la RÉSISTANCE souhaitée, du phosphore et du manganèse sont ajoutés à l'acier. On parle alors d'aciers IF à très haute limite d'élasticité. Ils ont la plupart du temps une résistance à la traction comprise entre 340 et 460 MPa ou une limite d'élasticité minimale (ici limite d'élasticité de 0,2% – $RP_{0,2}$) comprise entre 180 et 340 MPa.
- Aciers alliés au phosphore :
Ces aciers possèdent également une matrice en ferrite et contiennent des éléments issus du durcissement de la solution solide ainsi que du phosphore (substitution), dont la teneur peut atteindre 0,12 %. Les aciers se distinguent par leur compromis entre RÉSISTANCE (mécanique) et compressibilité. C'est la raison pour laquelle ils trouvent de nombreuses applications, par ex. dans la fabrication de pièces de structure ou de renforcement (longerons, traverses, montants, etc.), ainsi que de pièces qui doivent résister à la fatigue ou qui jouent un rôle important lors de collisions. Ces aciers présentent la plupart du temps une résistance minimale à la traction comprise entre 340 et 480 MPa ou une limite d'élasticité minimale comprise entre 220 et 360 MPa.

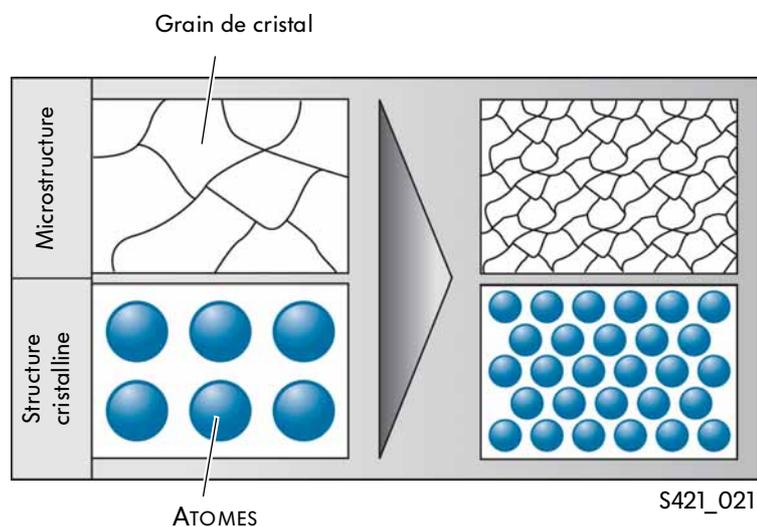
Ces aciers présentent un compromis entre compressibilité et RÉSISTANCE mécanique.

En cas de réparation, tout type de soudage peut donner de bons résultats sur ces aciers.



Aciers pour la construction des carrosseries

Augmentation de la résistance – par affinage des grains/ trempe par précipitation



La RÉSISTANCE d'un acier peut être augmentée par diminution de la taille des grains (affinage des grains) et grâce à une trempe par précipitation. Ce principe de l'affinage des grains est utilisé par ex. pour les aciers microalliés. Pour cela, de faibles quantités de vanadium, de niobium et de titane sont utilisées. Pendant le laminage à chaud, ce microalliage produit une fine dispersion de rejets de carbure/nitride. La croissance des grains est ainsi limitée et il se forme des grains de ferrite de < 10 micromètres. Au cours de cette transformation, mais également lors du lent refroidissement ultérieur, des éléments de carbure/nitride se séparent de nouveau. Encore plus fins, ils provoquent un processus de trempe par précipitation.

On obtient ainsi des aciers microalliés à grains fins d'une RÉSISTANCE élevée avec limitation simultanée des éléments d'addition.

Les aciers microalliés à grains fins présentent la plupart du temps une résistance minimale à la traction comprise entre 350 et 730 MPa ou une limite minimale d'élasticité comprise entre 260 et 550 MPa.

Ces aciers sont utilisés avant tout pour des pièces faisant partie de la structure interne de la carrosserie, qui doivent présenter une résistance élevée à la fatigue, comme par ex. les renforts et les suspensions. Grâce à leurs propriétés mécaniques, ils permettent de fabriquer des pièces de renfort et de structure plus légères.

Une variante des aciers microalliés sont les aciers isotropes, dont les valeurs nominales ne dépendent pas du sens de laminage. Le comportement isotrope est obtenu par une technique d'alliage spéciale à l'aide de manganèse et de silicium. Les aciers isotropes présentent la plupart du temps une résistance minimale à la traction comprise entre 300 et 400 MPa ou une limite minimale d'élasticité comprise entre 260 et 550 MPa.

Les aciers isotropes sont particulièrement appropriés pour les éléments tôlés extérieurs, le comportement isotrope étant d'une grande importance dans ce cas.

Tout procédé de soudage donne de bons effets sur les aciers microalliés à grains fins.

Augmentation de la résistance – par Bake Hardening

Les aciers Bake Hardening sont très transformables à la livraison. Ils n'atteignent leur résistance supérieure définitive que lors du passage du constituant transformé dans une étuve de cuisson pour peinture. Bon comportement à la transformation et haute résistance simultanée du composant sont des exigences qui sont très bien satisfaites avec ces aciers. Cela s'avère un grand avantage dans la fabrication d'une carrosserie.

L'augmentation de la limite d'élasticité de R_e à $R_{e(BH)}$ est obtenue par un traitement thermique à basse température comme lors de la cuisson dans une étuve à peinture. On parle également d'effet « Bake Hardening » (effet BH) – le réchauffement et le séchage dans un four à 180 °C étant comparé à une cuisson au four.

Ce réchauffement suffit pour modifier les tôles dans leur structure moléculaire et augmenter la limite d'élasticité.

Les aciers BH sont composés d'une matrice de ferrite qui contient en solution solide le carbone nécessaire à l'effet Bake Hardening ultérieur. L'amélioration obtenue par le traitement thermique dépasse généralement 40 MPa, c'est-à-dire qu'un acier avec une résistance à la rupture ($R_{p0,2}$) d'env. 220 MPa présente après l'effet Bake Hardening une résistance à la rupture pouvant atteindre 260 MPa.

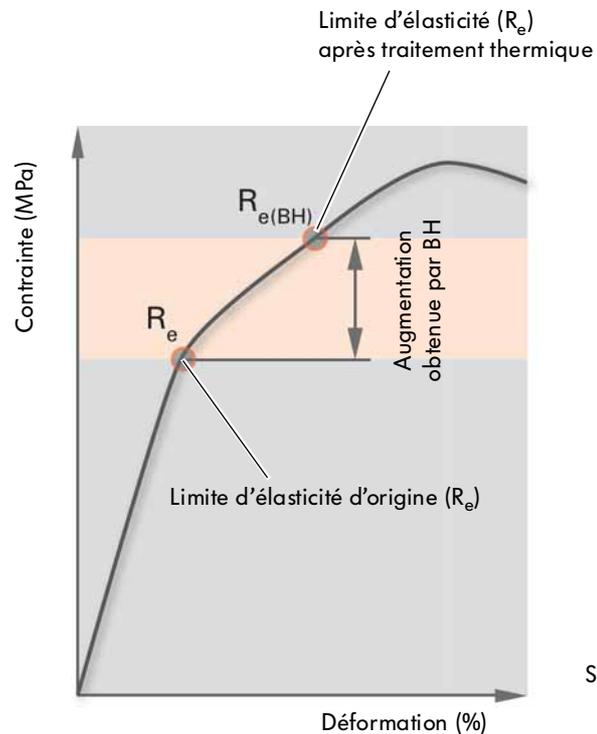
Les aciers Bake Hardening présentent la plupart du temps une résistance minimale à la traction comprise entre 300 et 480 MPa ou une limite minimale d'élasticité comprise entre 180 et 360 MPa.

Avantages de l'effet Bake Hardening :

- Il améliore la résistance à la déformation de toutes les pièces traitées, même celles à faible niveau de déformation (capot-moteur, toit, portes, ailes ...).
- Des propriétés mécaniques identiques nécessitent une épaisseur de tôle moindre. Ainsi, le poids de la carrosserie est réduit alors que la résistance à la déformation est simultanément augmentée.

Les aciers BH sont utilisés pour des panneaux de carrosserie (portes, capot-moteur, hayon, ailes avant et toit) ou pour des pièces structurellement importantes (renforts de montants ou longerons).

En raison de la limite d'élasticité plus élevée, une plus grande force est nécessaire lors de la remise en forme. Compte tenu de son caractère faiblement allié, cet ALLIAGE présente une bonne soudabilité quelle que soit la méthode de soudage utilisée.



S421_022



Aciers pour la construction des carrosseries

Augmentation de la résistance – par phases dures

L'augmentation de la RÉSISTANCE des aciers par le biais des phases dures permet d'obtenir à des aciers multiphasés qui atteignent leur RÉSISTANCE par la coexistence de phases « dures » et de phases « ductiles » – donc de plusieurs phases – dans leur microstructure.

Ces phases dures et ductiles correspondent à des constituants de la structure de l'acier qui se caractérisent par leur RÉSISTANCE respective.

Lors de la fabrication d'un acier à phases dures, on part d'un acier initial soumis à un processus spécifique pour parvenir à un acier doté d'une structure à composition modifiée.



Fabrication d'aciers multiphasés

Pour la fabrication d'aciers multiphasés, on utilise la capacité de l'acier à former des structures différentes suivant les conditions de déformation et de refroidissement.

Ces différents constituants structurels, notamment avec leur mélange intelligent, permettent une obtention très variable des propriétés du matériau en fonction des divers souhaits des clients.

Les aciers multiphasés sont fabriqués aujourd'hui dans une plage de résistance à la traction comprise entre 500 et env. 1 400 MPa.

Pour la fabrication, différentes méthodes peuvent être utilisées suivant les constructeurs. Par ex., dans le cas de la tôle laminée à froid, il est possible d'obtenir la structure souhaitée par un réchauffement ultérieur.

De la même manière, la tôle produite par laminage à chaud peut être ensuite directement refroidie de manière appropriée, ce qui permet de procéder aux modifications correspondantes pour obtenir la structure souhaitée.



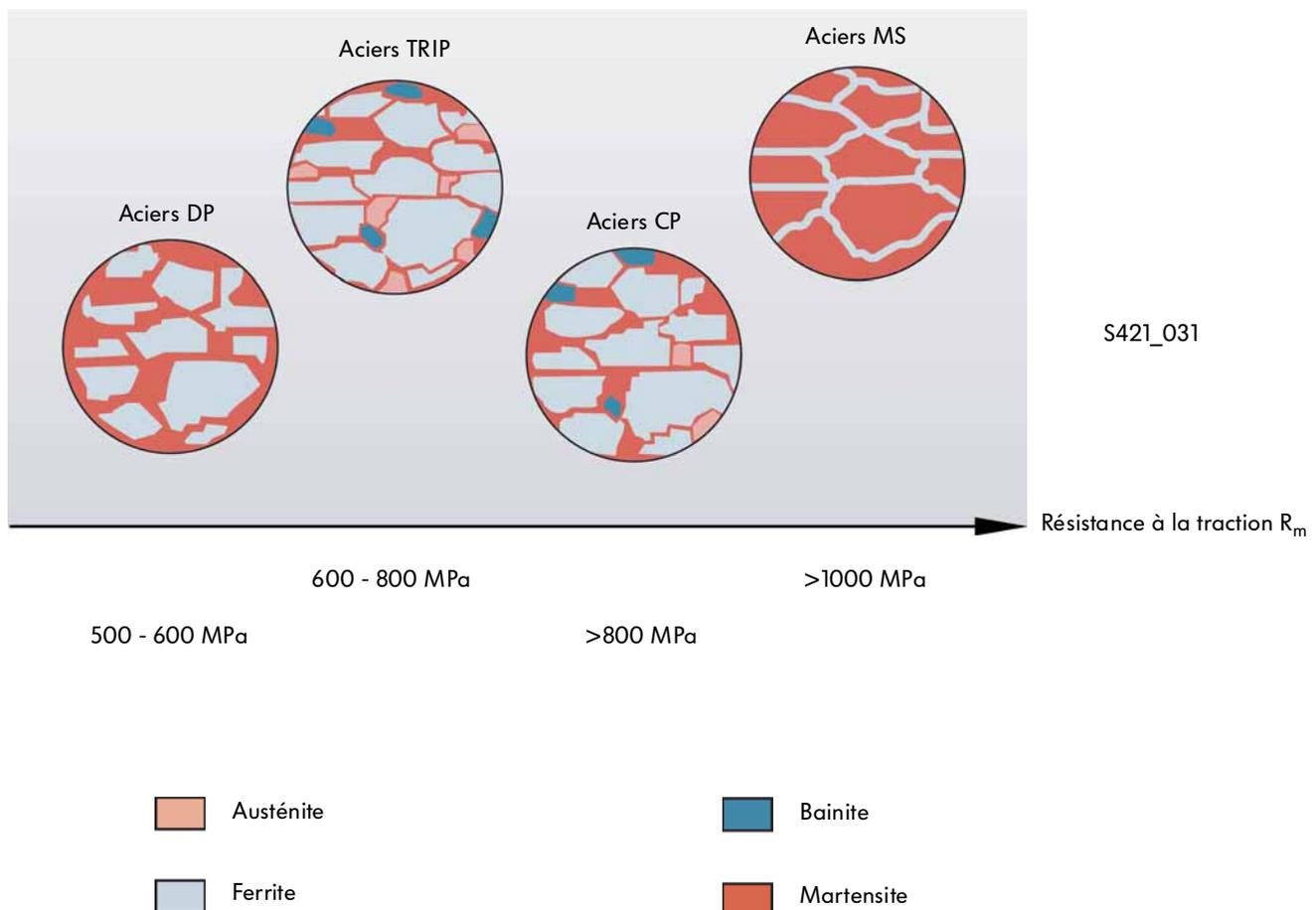
L'explication relative aux aciers multiphasés et à leur fabrication – y compris les représentations simplifiées des tracés de température et de transformation – sera illustrée par l'exemple du traitement de la tôle laminée à chaud (voir pages 36 - 37).

Font partie de la catégorie des aciers multiphasés :

- les aciers DP (Dual Phase)
- les aciers TRIP (Transformation Induced Plasticity)
- les aciers CP (à phase complexe)
- les aciers MS (martensitiques)

Tous ces aciers se distinguent par leur rigidité élevée, leur grande absorption d'énergie et leur haute résistance à la déformation. Les utilisations les plus courantes sont celles qui nécessitent une grande absorption d'énergie sans déformation de la pièce, comme par ex. pour le renfort du montant B ou pour les renforts intérieurs de bas de caisse.

La remise en forme des tôles de ce type est en général difficile ; c'est la raison pour laquelle la pièce est plutôt directement remplacée. En revanche, tout procédé de soudage est optimal.



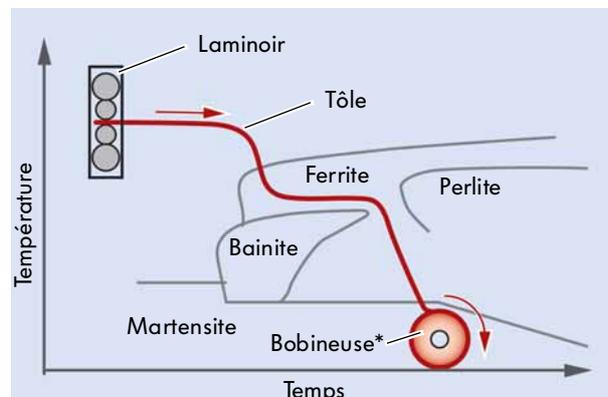
Aciers pour la construction des carrosseries

Acier « DP » (Dual Phase / à phase duale)

Les aciers DP présentent une RÉSISTANCE mécanique élevée et une bonne déformabilité ; leur résistance à la traction R_m se situe entre 500 et 600 MPa.

La RÉSISTANCE est obtenue par un refroidissement rapide du feuillard à chaud – directement après le laminage – dans la zone ferritique. Une pause de refroidissement dans cette zone permet la formation de suffisamment de ferrite. Puis se produit un refroidissement accéléré à une température de bobinage basse pour permettre la transformation de l'austénite résiduelle en martensite.

La vitesse de refroidissement et la composition de l'acier sont adaptées l'une à l'autre pour qu'il n'y ait pas de formation de perlite et aussi peu de bainite possible. Il se crée une structure mixte comprenant env. 80 - 90 % de ferrite et 10 - 20 % de martensite insérée sous forme d'ilôts.



S421_028

Les « aciers à phase duale » contiennent env. 0,12 % de carbone, 0,5 % de silicium et 1,46 % de manganèse.

* Bobineuse = dispositif permettant de bobiner le feuillard à chaud

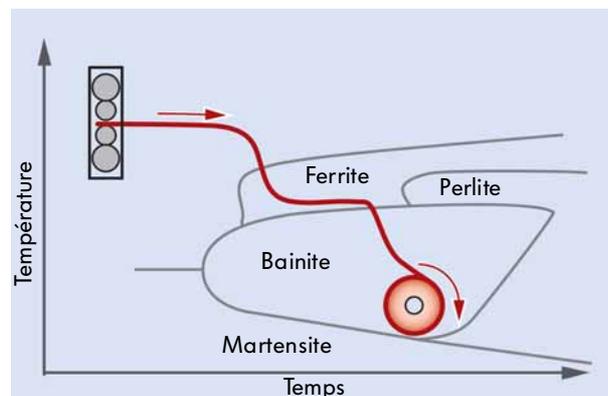
Aciers « Trip » (Transformation induced Plasticity)

Les aciers TRIP présentent un très bon rapport entre RÉSISTANCE et déformabilité ; la résistance à la traction R_m se situe entre 600 et 800 MPa.

La RÉSISTANCE est obtenue par un refroidissement rapide du feuillard à chaud – directement après le laminage –. Le refroidissement s'effectue dans la zone ferritique, là où se forme la ferrite pendant une pause de refroidissement. Pendant ce temps, l'austénite s'enrichit de carbone. Puis un refroidissement est effectué dans la zone bainitique et le feuillard à chaud y est bobiné. L'enrichissement de l'austénite en carbone se poursuit. Si la température initiale de la martensite chute au-dessous de la température ambiante, l'austénite non transformée jusqu'à maintenant reste dans la structure : on parle d'austénite résiduelle.

On évite la formation non souhaitée de martensite dans la bainite par un ALLIAGE approprié.

Pour le processus, la température de la bobineuse est d'une importance décisive.



S421_029

Les aciers « Trip » possèdent dans leur structure jusqu'à 20 % d'austénite résiduelle. Cette austénite résiduelle n'est transformée en martensite que lors de la transformation ultérieure, d'où la solidification.

Les aciers TRIP contiennent en règle générale env. 0,15 - 0,4 % de carbone, 1 - 2 % de silicium et 0,5 - 2 % de manganèse.

Aciers « CP » (à phase complexe)

Les aciers CP établissent la transition avec les aciers à très haute résistance, qui peuvent présenter des valeurs de résistance à la traction R_m de plus de 800 MPa.

Les aciers CP se caractérisent par une absorption élevée d'énergie ainsi qu'une grande résistance à la déformation.

La RÉSISTANCE est obtenue par un refroidissement rapide du feuillard à chaud – directement après le laminage. Il se produit un refroidissement rapide à la température de bobinage dans la zone bainitique et le feuillard est bobiné.

Il ne se forme alors que peu de ferrite et de martensite.

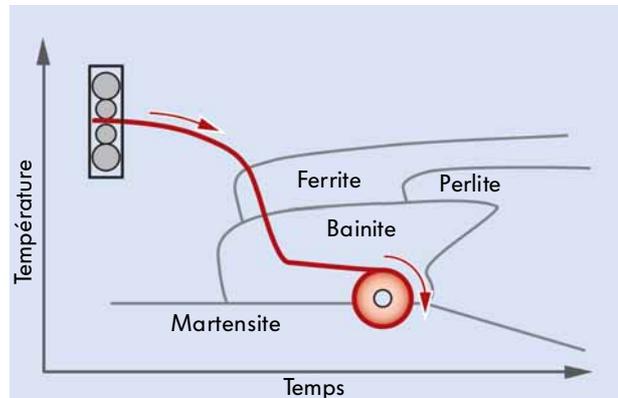
Un ajout d'éléments microalliés comme le niobium et le titane permettent d'affiner le grain. L'acier se voit ainsi conférer une structure d'un grain très fin.

Aciers « MS » (martensitiques)

Les aciers MS font partie des aciers à très très haute résistance. Ils se distinguent par des valeurs de résistance à la traction R_m comprises entre env. 1 000 MPa et plus de 1 400 MPa.

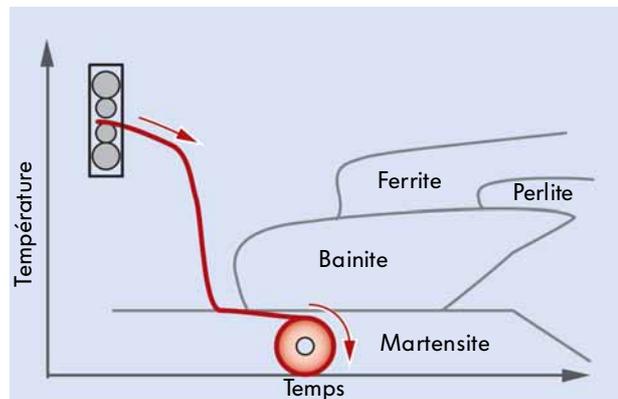
La RÉSISTANCE est obtenue grâce à un refroidissement du feuillard à chaud à une vitesse maximale – directement après le laminage. La température est ainsi ramenée à env. 200 °C et le feuillard bobiné. La structure ainsi créée est principalement martensitique.

En raison des résistances élevées jusqu'à plus de 1 400 MPa, le formage à chaud est nécessaire pour la transformation ultérieure des pièces en aciers martensitiques.



S421_097

Les aciers CP ont une faible teneur en carbone (moins de 0,2 %) ; ils contiennent par ailleurs des éléments d'addition comme le manganèse, le silicium, le molybdène et le bore.



S421_098

Étant donné que même de faibles quantités de ferrite doivent être évitées autant que possible en raison du risque de dispersion des propriétés des matériaux, la transformation souhaitée est obtenue par adjonction de Mn, de B et de Cr.

La RÉSISTANCE est obtenue en ajustant la teneur en carbone.



Aciers pour la construction des carrosseries

La structure d'une carrosserie

Dans la carrosserie, c'est la structure qui est l'élément central et le plus important.

Aujourd'hui, une carrosserie moderne doit satisfaire à des exigences vastes et très complexes. C'est pourquoi les aspects suivants font l'objet d'optimisations :

- Sécurité passive
- Construction légère
- Stabilité et résistance aux vibrations
- Protection des piétons
- Protection anticorrosion

En plus de la conception et de la géométrie des PRODUITS SEMI-FINIS et profilés employés, une utilisation sur mesure de différents matériaux rigides pour chaque partie de la carrosserie contribue également à l'obtention de ces optimisations.

Le matériau employé est avant tout l'acier. Mais l'aluminium et le plastique sont également utilisés pour réaliser des constructions légères.

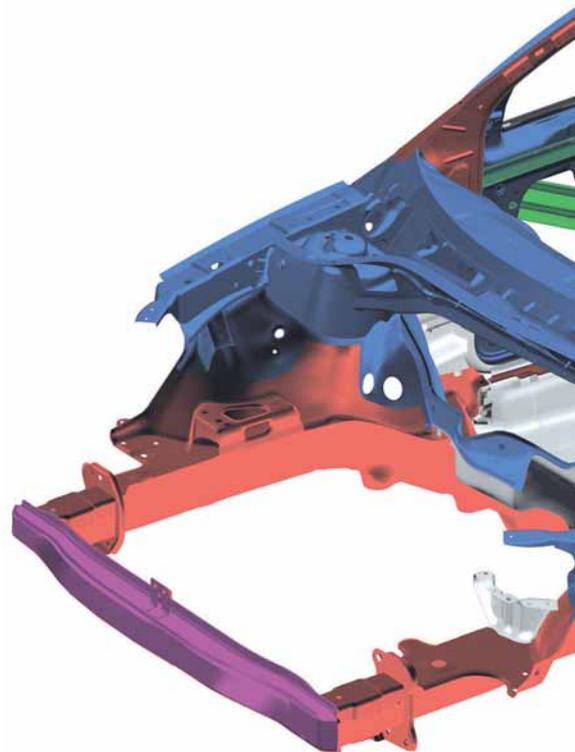
Le recours à des tôles présentant des résistances plus importantes est de plus en plus fréquent, les tôles à haute résistance formées à chaud présentent les résistances maximales.

Qu'est-ce qui caractérise ces tôles ?

Ce sont des tôles d'acier formées à chaud à des températures comprises entre 900 et 950 °C. Grâce à un processus de refroidissement spécifique, on obtient une structure qui offre de plus grandes RÉSISTANCE et DURETÉ. On parle alors aussi de tôles formées à chaud et trempées.

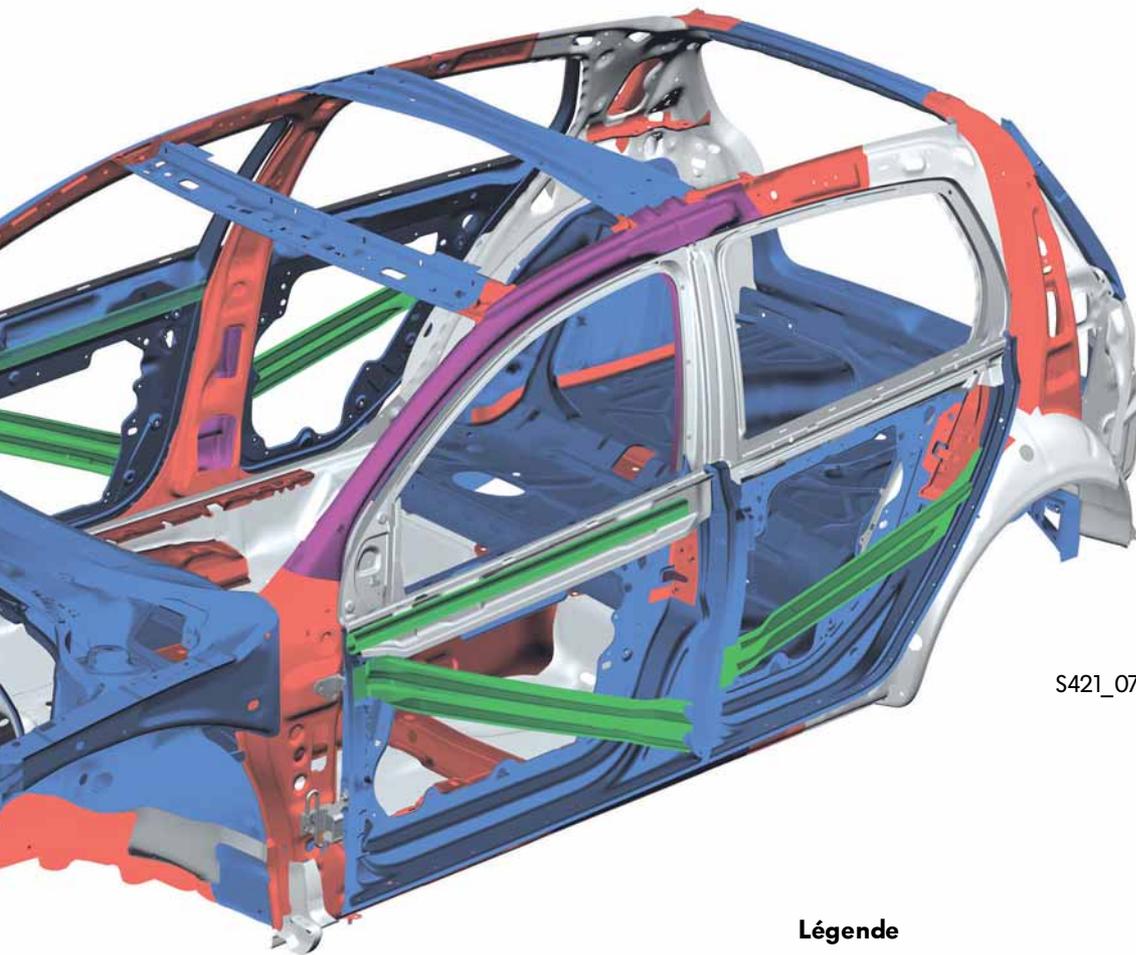
Il est ainsi possible de fabriquer par ex. des pièces de carrosserie très minces et légères sans perdre en résistance.

L'exemple de la Golf actuelle permet de montrer quels sont les différents matériaux utilisés pour les organes de la carrosserie.



Tôles à très haute résistance utilisées dans les groupes d'organes suivants :

- Montant A intérieur
- Consoles de sièges
- Bas de caisse extérieurs
- Consoles sur les longerons avant
- Traverses de pare-chocs arrière



S421_071



Tôles à très très haute limite élastique formées à chaud dans les groupes d'organes suivants :

- Traverse de pare-chocs avant
- Traverse dans la zone du plancher
- Bas de caisse intérieurs
- Tunnel central
- Zone du montant A / cadre de toit
- Montant B

Légende

- Tôles en acier jusqu'à 140 MPa
- Tôles en acier à haute limite élastique de 180 à 240 MPa
- Tôles en acier à très haute limite élastique de 260 à 320 MPa
- Tôles en acier à très très haute limite élastique de 340 à 700 MPa
- Tôles en acier à ultra haute limite élastique formées à chaud : plus de 1000 MPa

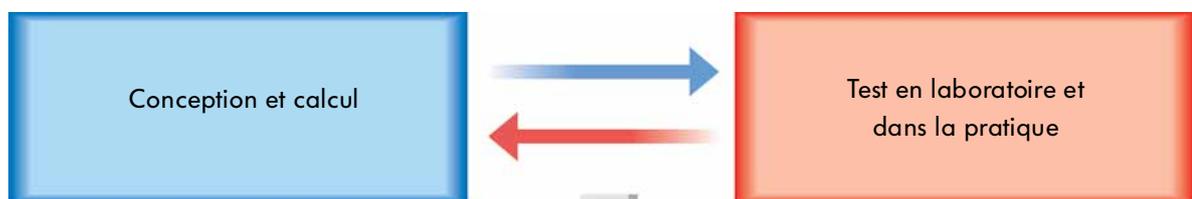
Les valeurs de résistance en MPa se rapportent à la résistance à la traction : R_m = résistance à la traction

$1 \text{ MPa} = 1 \text{ Newton/mm}^2$

La fabrication des produits semi-finis

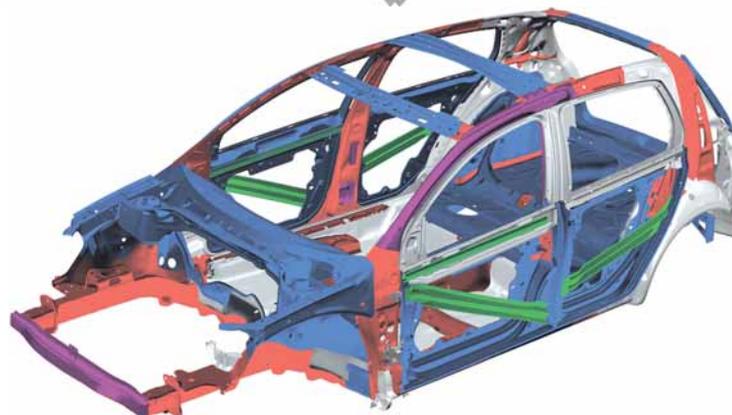
Une carrosserie moderne doit répondre à des exigences toujours plus élevées et également différenciées en matière de construction. Pour satisfaire à ces exigences, les matériaux/ PRODUITS SEMI-FINIS doivent faire l'objet d'un choix et d'une utilisation sur mesure pour être précisément adaptés à chaque zone de la carrosserie et à son profil de charge.

Calculs et tests ultérieurs permettent d'établir des tracés de charges pour l'intérieur de la carrosserie, qui, compte tenu des possibilités d'ingénierie actuelles, peuvent être représentés d'une manière toujours plus proche de la réalité.



Calculs et tests permettent de déduire quelle structure doit avoir la carrosserie :

- Détermination du profil des produits semi-finis
- Choix du matériel des produits semi-finis
- Choix des éléments de carrosserie et des matériaux qui doivent subir un traitement pendant la fabrication (par ex. trempe dans des outils de façonnage)
- Choix des zones de carrosserie et de chaque pièce qui présentent intérieurement des modifications de sections (« Tailored Blanks » – flans raboutés)

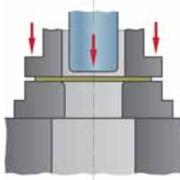
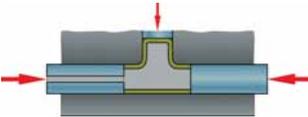
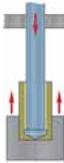
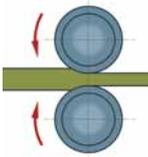
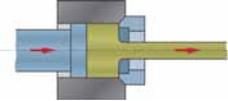


Procédés de formage

Différents procédés sont utilisés pour la fabrication des PRODUITS SEMI-FINIS.

Les fines tôles d'acier actuelles offrent de très bonnes possibilités pour satisfaire aux exigences d'une construction légère tout en présentant une **RÉSISTANCE** élevée au service de la sécurité. Mais les procédés de formage utilisés doivent être également bien adaptés aux caractéristiques de déformabilité des tôles.

D'où la complexité des exigences !

Les principaux procédés de transformation sont :	
Emboutissage	
Formage haute pression	
Filage	
Laminage	
Extrusion	



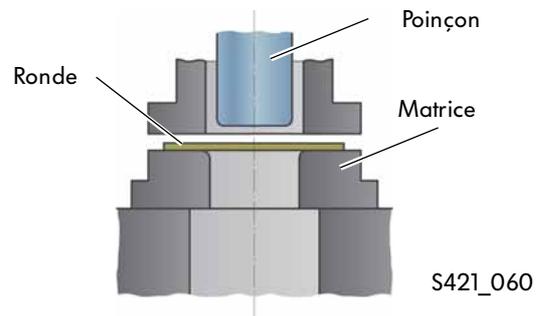
Connaissances de base sur l'ingénierie des procédés

Emboutissage

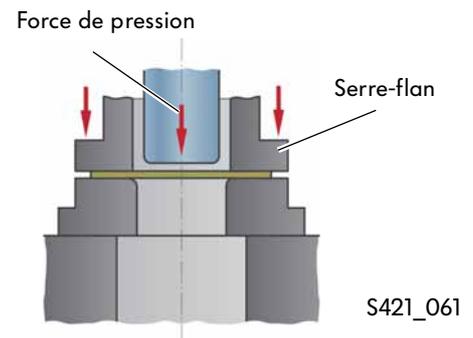
Lors du procédé d'emboutissage, on obtient une déformation par l'action simultanée de forces de traction et de pression.

Les tôles sont ainsi transformées au cours d'une ou de plusieurs opérations. Les matériaux utilisés – les tôles d'emboutissage – doivent présenter une malléabilité adéquate. L'estampage est une forme spéciale d'emboutissage. Il permet d'intégrer des structures et des formes en saillie dans la surface des tôles, comme par ex. des lettres. Mais ce procédé est bien souvent réalisé en même temps que l'emboutissage.

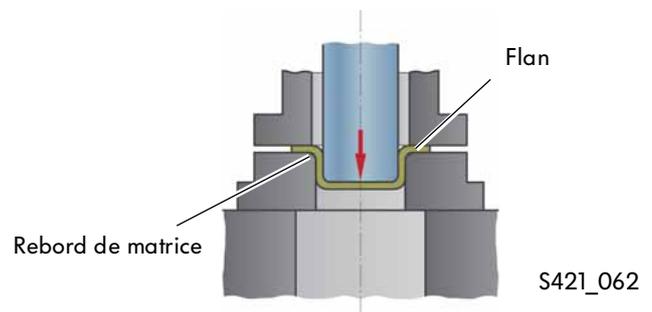
La tôle découpée est posée sur la matrice...



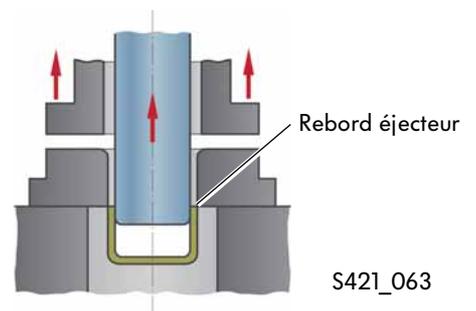
...et maintenue par le serre-flan.



Le poinçon est poussé maintenant vers le bas et presse la tôle au-delà du rebord de matrice dans l'ouverture de la matrice. La tôle est alors pressée si fermement par le serre-flan sur la matrice qu'il ne peut se former aucun pli.



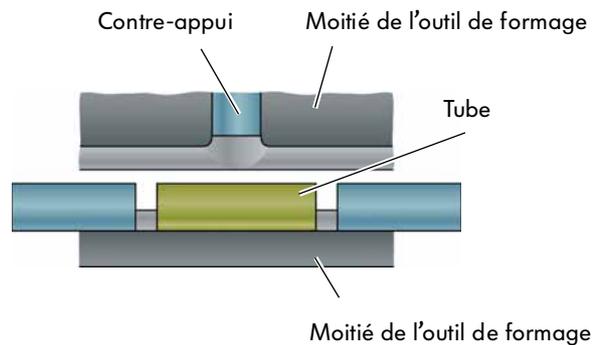
Une fois le processus d'emboutissage terminé, le poinçon libère la pièce.



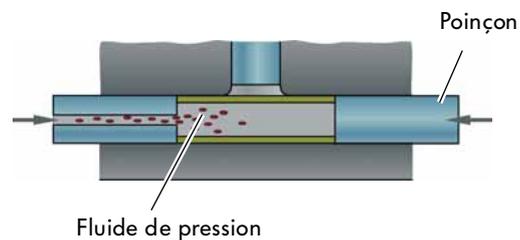
Formage haute pression

Dans le cas du formage haute pression, une déformation est obtenue grâce à des forces de pression. Ce procédé consiste à exercer de l'intérieur une forte pression sur un profil de tôle pour le presser contre une forme creuse. Cette méthode permet également de fabriquer très rapidement des pièces présentant des géométries complexes et différentes, par ex. avec des formes auxiliaires. Il est par ailleurs possible d'économiser des cordons de soudure. Grâce à l'écroûissage se produisant lors du formage, la résistance ou la rigidité des pièces se trouvent accrues.

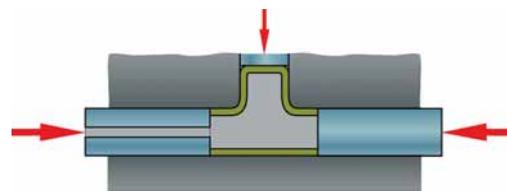
Le profil de tôle est posé dans la moitié inférieure d'un outil en deux parties.



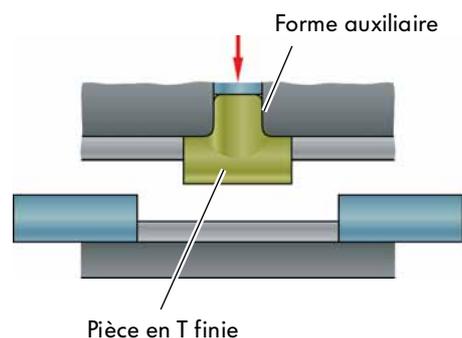
Puis l'outil est fermé et rempli d'un fluide de pression.



Puis ce fluide de pression est soumis à une pression d'env. 170 MPa. Les forces générées poussent le profil de tôle en place contre l'outil de formage, produisant ainsi la nouvelle forme souhaitée.



Une fois le processus de formage terminé, les deux moitiés de l'outil de formage s'ouvrent et la pièce usinée peut être retirée.



S421_080

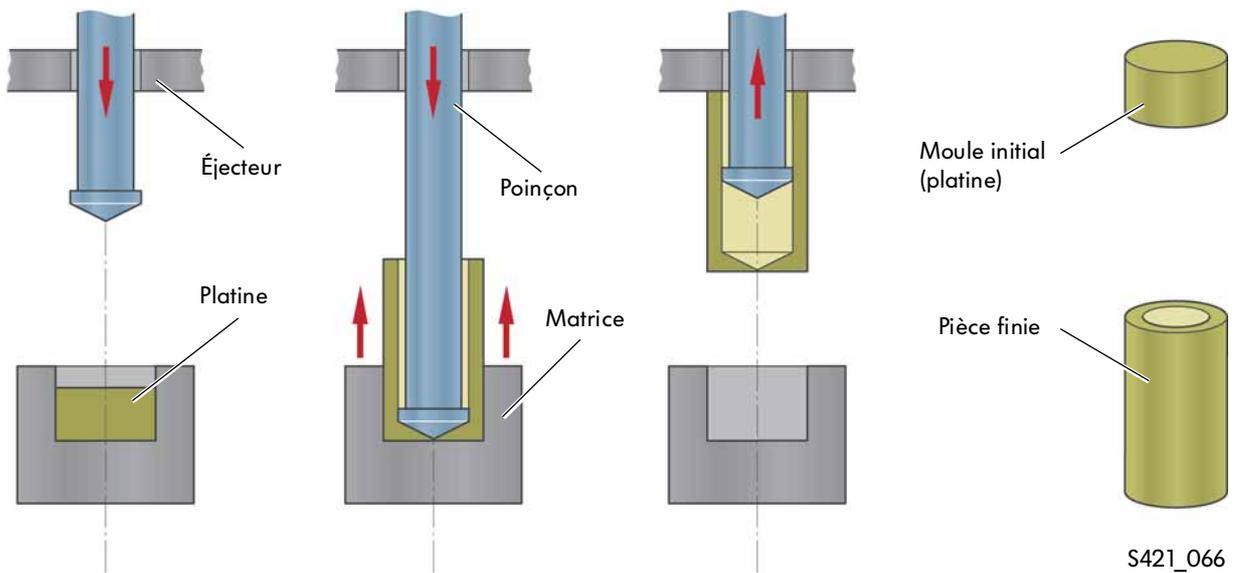


Connaissances de base sur l'ingénierie des procédés

Filage

Lors du filage, des pressions génèrent une déformation.

Les matériaux utilisés lors de ce procédé doivent présenter une déformabilité élevée.



Lors du filage, des matériaux sont pressés à l'aide d'un poinçon et d'une matrice pour devenir des corps creux ou pleins.

Un bloc de matériau initial est placé dans l'outil de formage. Lorsque le poinçon exerce une forte pression sur le matériau, ce dernier ressort de l'autre côté par l'ouverture de la matrice.

La déformation génère un durcissement.

Par ailleurs, la matrice permet d'obtenir des états de surface de qualité appropriée.

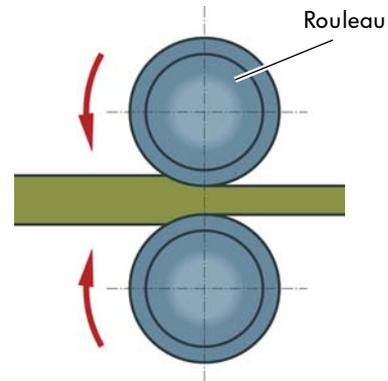
Laminage

Lors du laminage, des pressions génèrent une déformation.

Des profils, tôles, tubes et fils passent entre deux rouleaux tournants et sont déformés.

Le matériau est comprimé par les rouleaux et ainsi renforcé.

Par ailleurs, des états de surface de qualité appropriée peuvent être obtenus.



S421_064



Extrusion

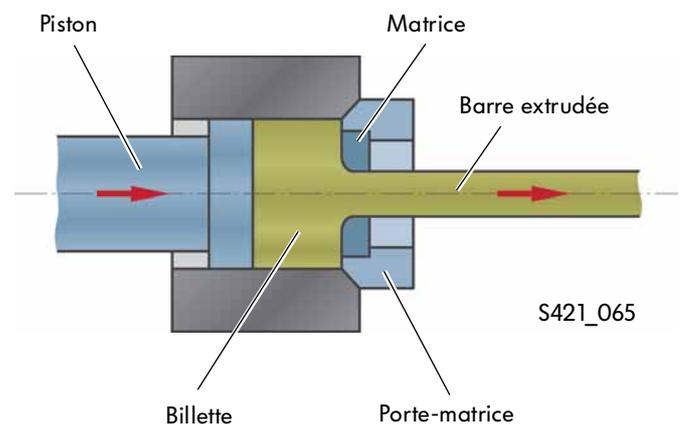
Lors de l'extrusion, des pressions génèrent une déformation.

Lors de ce procédé, des matériaux chauffés sont pressés par une matrice et comprimés pour former une barre.

Suivant la forme de la matrice employée, différents profilés peuvent être fabriqués.

Le matériau est comprimé par déformation dans la matrice et ainsi renforcé.

Par ailleurs, des états de surface de qualité appropriée peuvent être obtenus.



S421_065

Tailored Blanks (flans raboutés)

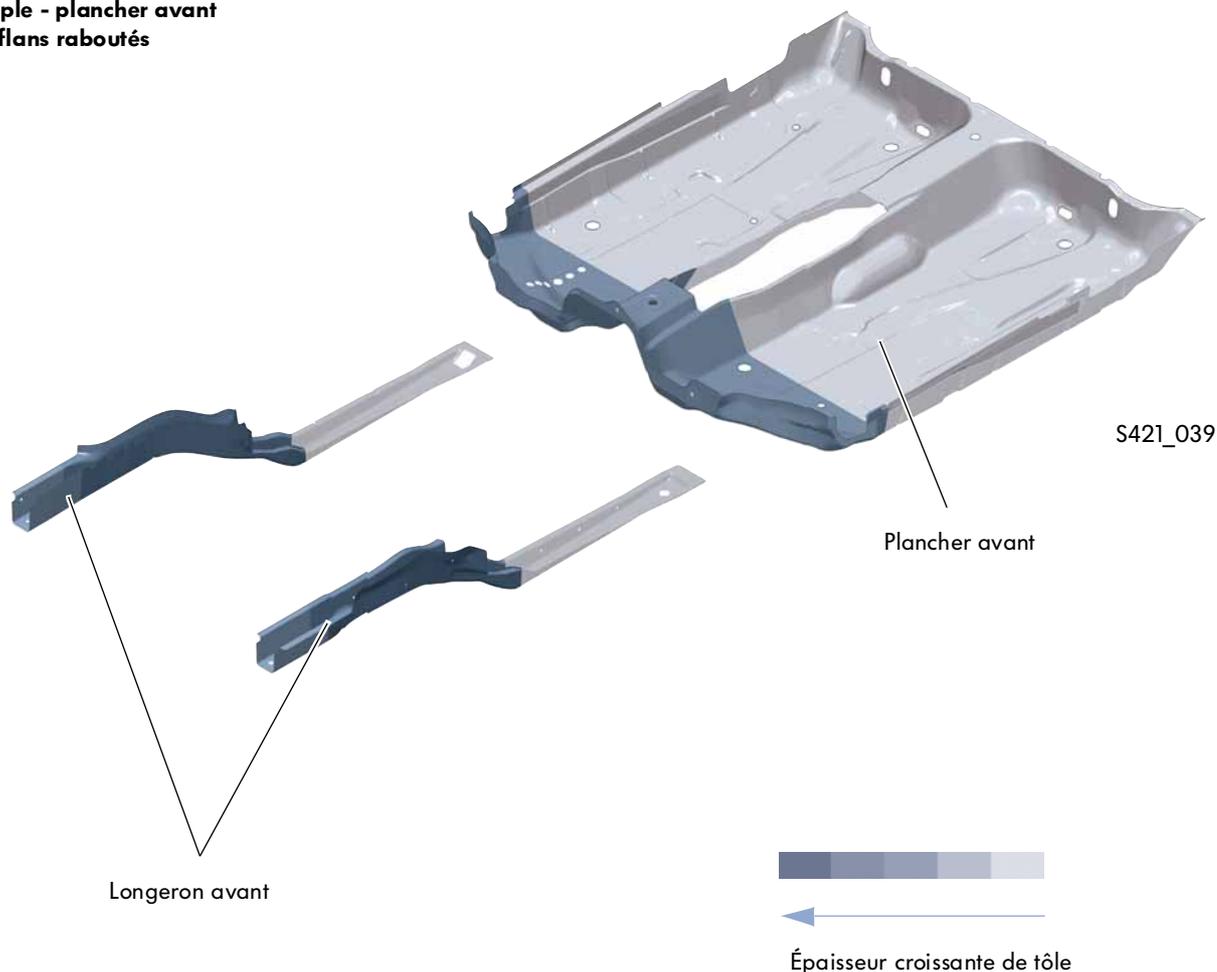
Le terme « Tailored » indique déjà que les pièces sont « ajustées », c'est-à-dire assemblées sur mesure. Quant à « Blanks », il signifie « flans ». « Tailored Blanks » veut donc dire approximativement « flans sur mesure » (ou flans raboutés).

À l'origine, les flans raboutés ont été développés pour fabriquer des plaques de tôle dont la largeur ne pouvait être produite avec la technique de laminage d'autrefois. Aujourd'hui, l'avantage des flans raboutés est avant tout utilisé pour permettre d'assembler différentes qualités d'aciers et d'épaisseurs de tôles en un seul et unique élément.

Les flans raboutés permettent une adaptation toujours meilleure et plus précise de la structure de la carrosserie aux charges que doivent supporter certains éléments. C'est ainsi que des pièces de forme complexe et de conception géométriquement appropriée peuvent être réalisées.

Les éléments individuels des flans sur mesure sont reliés les uns aux autres par soudage. Après ce soudage est effectué le formage, par ex. par emboutissage.

Exemple - plancher avant avec flans raboutés

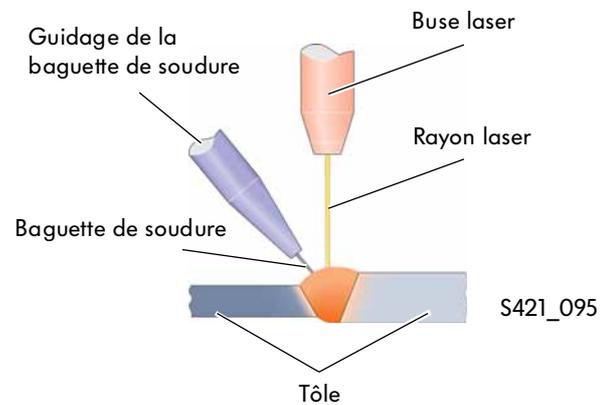


Pour assembler les composants individuels des flans rabotés, différents procédés de soudage sont utilisés.

Un procédé autrefois fréquemment utilisé était le soudage en ligne continue par écrasement. Mais aujourd'hui, il a été remplacé la plupart du temps par le soudage laser plus moderne. C'est pourquoi nous n'approfondirons pas plus le soudage en ligne continue par écrasement.

Pour obtenir des soudures laser de qualité, il faut bien préparer les bords des soudures.

... Assembler par soudage laser

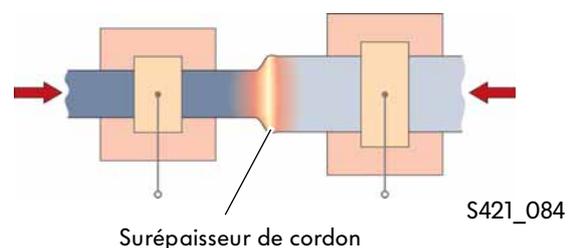
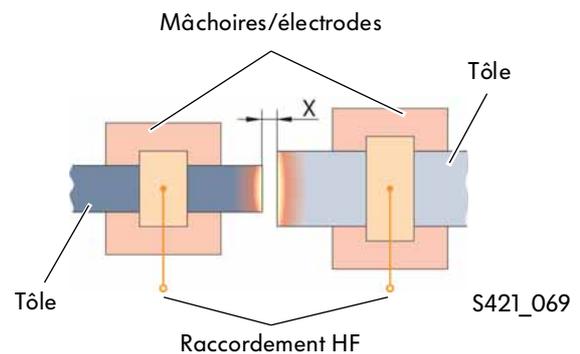


Outre le soudage laser, on utilise aussi aujourd'hui le soudage haute fréquence pour les flans rabotés.

Lors de procédé, des tôles sont serrées les unes contre les autres avec un interstice défini de valeur « x ».

Le courant à haute fréquence est acheminé par des mâchoires/électrodes directement sur les tôles. Par effet électrodynamique, le courant de soudage se concentre sur les bords des tôles. Lorsque la température requise est atteinte, le courant est coupé et les bords d'assemblage chauffés sont pressés les uns contre les autres.

... Assembler par soudage haute fréquence



Le soudage haute fréquence permet des temps de soudage extrêmement courts. Les cordons de soudure n'ont pas à répondre à des exigences aussi élevées que dans le cas du soudage laser. Même des cordons non rectilignes peuvent être soudés sans difficultés. L'inconvénient du procédé est la surépaisseur du cordon une fois la soudure terminée. Cette surépaisseur doit ensuite être éliminée.



Les procédés d'assemblage

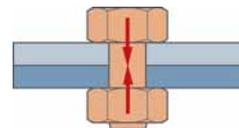
Les carrosseries autoporteuses doivent atteindre la stabilité et la rigidité nécessaires par le biais de leur seule structure – sans cadre auxiliaire. Or, les procédés d'assemblage utilisés pour la fabrication de la carrosserie ont une grande importance dans ce contexte. Assembler signifie relier des pièces les unes aux autres.

En construction de carrosseries, les types d'assemblage suivants sont utilisés :

Assemblage par adhérence

- Assemblage par vis

Les liaisons par adhérence, comme par exemple l'assemblage par vis, ne représentent plus aujourd'hui qu'une faible partie des procédés d'assemblage utilisés en construction de carrosseries. Les assemblages par vis sont peu susceptibles de répondre aux exigences en matière de stabilité et de rigidité de la carrosserie.



S421_086

Assemblage par obstacle :

- Rivetage

Les rivetages peuvent être considérés comme des assemblages par obstacles. Au moins deux pièces s'engagent l'une dans l'autre pour se lier. L'assemblage par rivets ne permet également de répondre aux exigences de stabilité et de rigidité que de manière limitée.



S421_087

Assemblage par liaison moléculaire :

- Assemblage par soudage
- Assemblage par brasage
- Assemblage par collage

Les assemblages par liaison moléculaire peuvent tout à fait permettre de satisfaire aux exigences évoquées auparavant. Ce procédé d'assemblage donne naissance à un composé suite au mélange de matériaux qui se produit dans la fente d'assemblage, par ex. lors du soudage. Des pièces assemblées de la sorte peuvent quasiment être considérées comme de nouvelles pièces. Ce mélange de matériaux ne se produit pas lors du brasage et du collage ; cependant, le contact direct dans la fente d'assemblage est beaucoup plus tenace et permet d'obtenir des résistances bien plus élevées.



S421_088

Assemblage vissé

Les assemblages vissés présentent l'avantage de permettre des réparations et des travaux de remplacement aisés à un prix avantageux.

L'inconvénient est qu'il est difficile d'obtenir les rigidités généralement souhaitées aujourd'hui sur une carrosserie autoporteuse.

Dans bien des cas, les avantages d'un tel type d'assemblage ne tiennent pas la comparaison avec ceux d'un assemblage par obstacle. Or justement en matière de sécurité anticollision ou de comportement routier, il est nécessaire d'avoir une carrosserie très rigide.

L'assemblage par vis touche ici à ses limites.

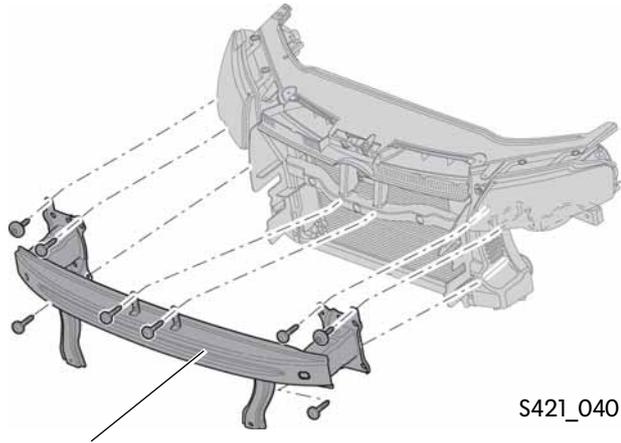
C'est la raison pour laquelle des assemblages par vis sont utilisés avant tout là où la capacité porteuse de la carrosserie n'est pas perturbée.

Par ailleurs, de grandes quantités de pièces rapportées sont assemblées par vis.

Où sont utilisés les assemblages vissés par ex. ?

- Fixation des ailes sur la structure de la carrosserie
- Fixation de la traverse avant sur les longerons

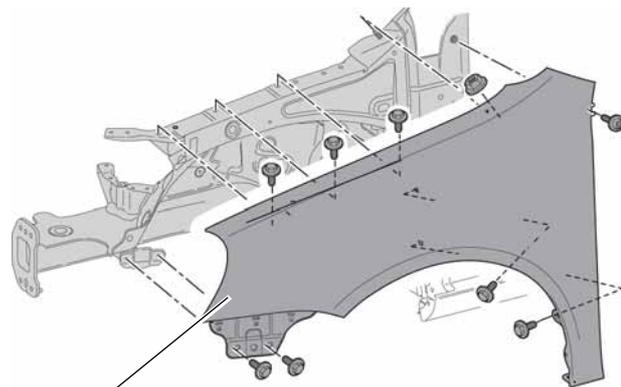
Fixation par vis des traverses avant sur la Passat 2006 (exemple)



S421_040

Traverse avant
(Passat 2006)

Fixation par vis de l'aile avant gauche sur la Golf 2004 (exemple)



Aile avant gauche
(Golf 2004)

S421_041



Rivetage

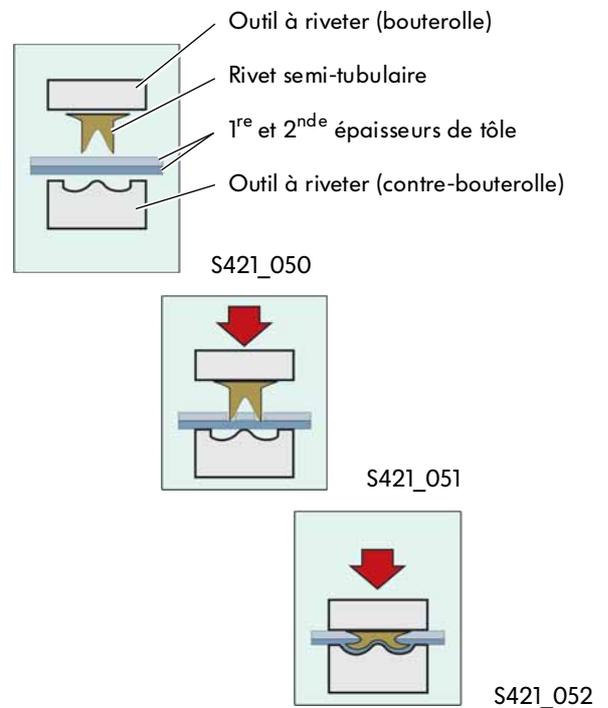
Rivetage par poinçonnage

Lors du rivetage par poinçonnage, un rivet semi-tubulaire est poussé à travers la première épaisseur de tôle à l'aide d'un outil à riveter. La seconde épaisseur de tôle n'est pas déformée par le rivet qui ne la pénètre pas. L'extrémité du rivet semi-tubulaire est écartée, ce qui crée une rivure qui donne à l'assemblage par rivet le maintien nécessaire.

Avantages :

- Pas de pré-poinçonnage des tôles,
- La seconde couche de tôle n'est pas percée,
- RÉSISTANCE supérieure et consommation d'énergie inférieure au soudage par points.

L'acier est le matériau utilisé pour le rivetage par poinçonnage. Si les rivets doivent être utilisés pour des tôles en aluminium, ils doivent être recouverts d'une couche de zinc-nickel pour éviter la corrosion par contact.



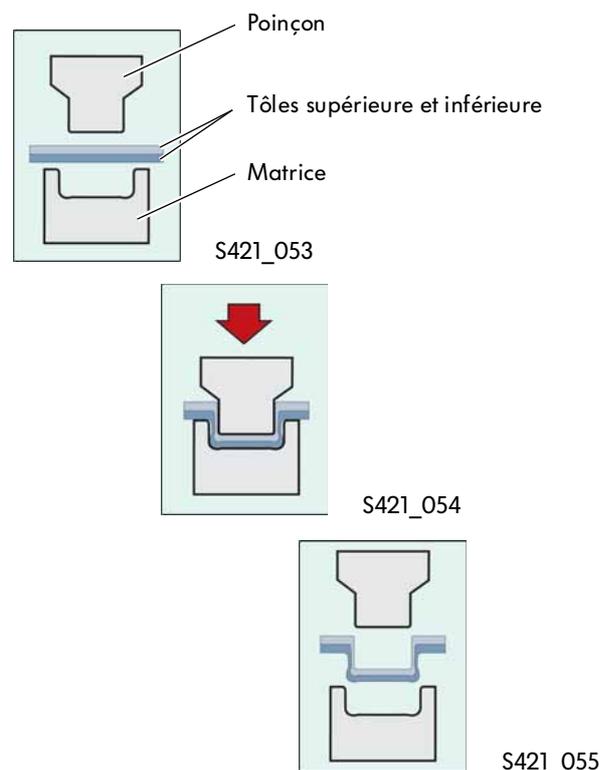
Clinchage

Le clinchage permet d'assembler de simples composants non porteurs étant donné que le point de liaison n'a qu'une faible RÉSISTANCE. Avec cette méthode, il n'y a pas de rivet. Au point d'assemblage, le poinçon presse les deux tôles dans une matrice. Par l'affaissement et l'écrasement de la tôle supérieure dans la tôle inférieure, il se crée une liaison par adhérence et par obstacle.

Avantages :

- Technique de liaison rapide, propre
- Prix avantageux

Si des matériaux différents doivent être employés pour les tôles, ceux-ci doivent être dotés d'une couche électrochimique isolante pour éviter la corrosion par contact.



Rivetage aveugle

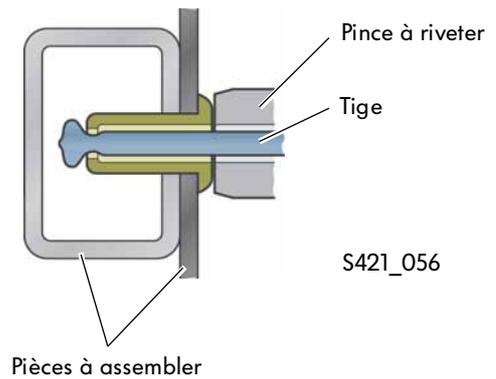
Le rivetage aveugle peut être employé là où l'emplacement du rivet n'est accessible que d'un côté.



Les figures présentent à titre d'exemple le processus de rivetage aveugle avec des rivets aveugles.

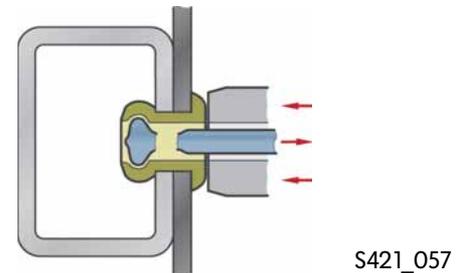
Les rivets aveugles sont des rivets tubulaires comportant une tige.

Le rivet aveugle est placé avec une pince à riveter dans les trous superposés des pièces à assembler.

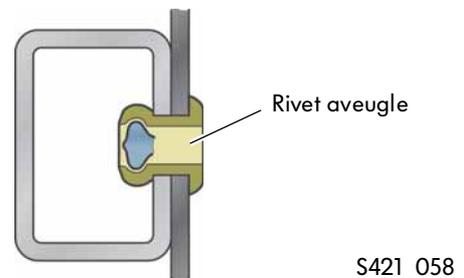


La tige est alors tirée par la pince, l'embout en saillie formant la rivure.

La tige se rompt au point de rupture prédéfini.



La pince à riveter et la tige rompue sont retirés ; le rivetage est terminé.



Connaissances de base sur l'ingénierie des procédés

Soudage

Les principaux procédés de soudage utilisés aujourd'hui sont le soudage laser et le soudage par résistance. C'est la raison pour laquelle ces deux procédés vont ici servir d'exemple.

Parallèlement au soudage laser, il existe également le soudage plasma – un perfectionnement du soudage WIG- (WIG = Wolfram Inert Gas – tungstène gaz inerte). Mais ce procédé est encore relativement peu répandu en construction de carrosseries ; c'est la raison pour laquelle il ne sera pas évoqué ici.

Soudage laser

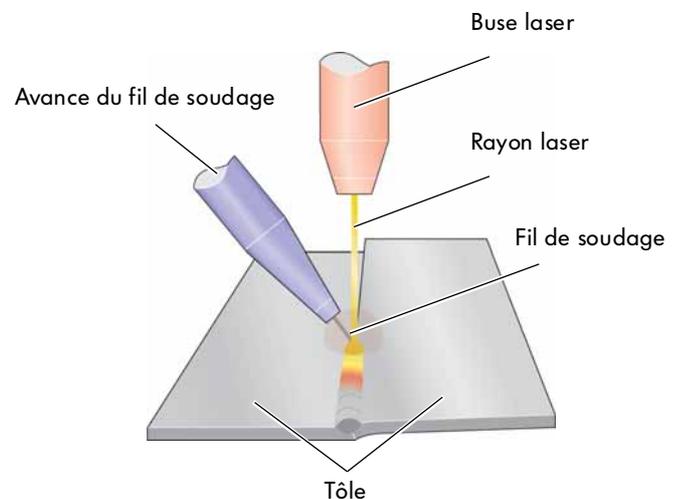
Lors du soudage laser, la chaleur nécessaire à la fusion du matériau est produite par un rayon laser. Ce procédé a d'abord été employé pour la fabrication des flans rabotés en construction automobile. En raison de ses nombreux avantages, il est de plus en plus utilisé également pour l'assemblage d'un véhicule.

- Lors du soudage laser, il est possible d'assembler des pièces « presque sans raccord », ce qui est particulièrement avantageux pour l'assemblage de tôles à très haute limite élastique. Le rôle de support du matériau est en grande partie également préservé dans la zone du cordon de soudure.
- Des soudures compliquées, comme par ex. d'un seul côté, sont également possibles. Grâce à l'utilisation de fil d'apport, d'autres formes de soudure que les soudures bout à bout sont réalisables, comme par ex. les soudures d'angle.
- À des vitesses de travail élevées, on obtient simultanément une très bonne qualité de surface.
- La qualité de l'état de surface d'un cordon de soudure laser est déjà tel qu'une retouche, par ex. pour réaliser une peinture en bonne et due forme, ne demande qu'un temps minimal.

Exemple sur la Passat 2006 : cordons de soudure laser

- Dans la zone des ouvertures de portes
- Sur la galerie porte-bagages à l'avant et à l'arrière
- Sur le cadre latéral du pare-brise
- Dans la zone du passage de roue avant
- Dans la zone du cadre de lunette arrière
- Sur la jupe arrière

Avec le soudage laser, les matériaux à assembler et le fil de soudage sont liquéfiés par la grande quantité d'énergie dégagée par le rayon laser.



S421_059

Soudage par résistance

Ce procédé permet de souder des matériaux conductibles électriquement. Un courant électrique circulant sur le point de soudure fait fondre le matériau et les pièces à assembler sont soudées ensemble, sans apport de matériau. Le travail est généralement effectué avec des tensions basses et des intensités élevées de sorte que l'effet de soudure soit possible mais sans présenter de danger.

Cette méthode de soudage existe en différentes variantes, comme par ex.:

- Le soudage par points et
- Le soudage en bout.

Soudage par points :

Dans la construction des carrosseries, le soudage par points conserve une grande importance. De nouvelles possibilités modernes de commande et de régulation permettent aujourd'hui également de pratiquer le soudage par points sur des tôles à très haute limite élastique ainsi que sur des tôles revêtues.

Dans la construction moderne des carrosseries, on ajoute de la colle dans la zone de l'assemblage pour améliorer la limite de charge et la rigidité d'un tel assemblage ainsi que pour augmenter la résistance aux vibrations. La couche de colle empêche en plus la pénétration de matières, comme par ex. l'eau ou d'autres liquides, et contribue également à prévenir la corrosion fissurante.

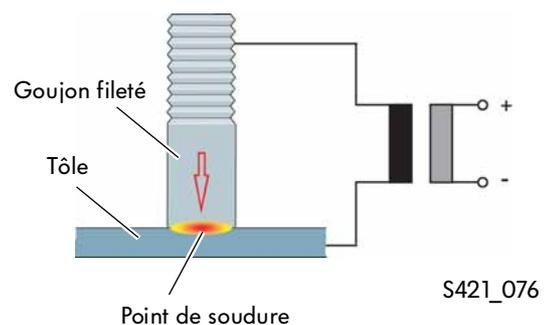
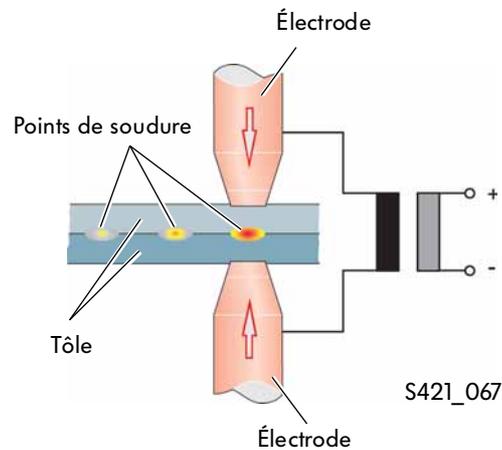
Le soudage par résistance à la molette constitue une autre forme de soudage par points, les molettes faisant ici office d'électrodes. Les pièces à assembler circulent à travers le couple de galets-électrodes et un cordon de soudure est formé.

Soudage par résistance en bout

Le soudage par résistance en bout n'est utilisé que pour des liaisons non porteuses.

Dans ce cas, deux pièces sont pressées l'une contre l'autre et sont soumises à un courant électrique ; au point de pression, il se produit une fusion du matériau et une soudure.

En carrosserie, on soude par ex. des goujons filetés sur les pièces de tôle.



Connaissances de base sur l'ingénierie des procédés

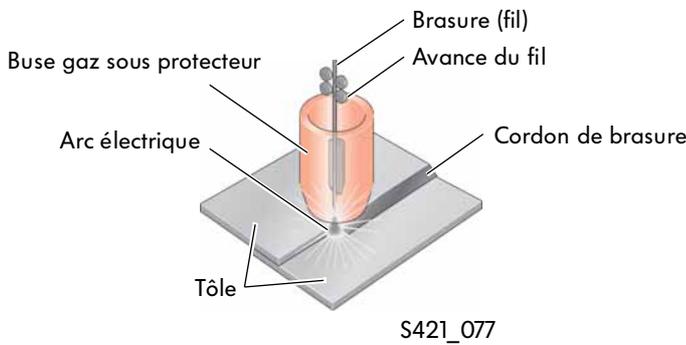
Brasage

Lors du brasage, les pièces à assembler ne sont pas fondues au point d'assemblage comme c'est le cas pour le soudage. On utilise en effet un matériau d'apport en bronze, la brasure. Cette brasure, qui fond lors du brasage, remplit l'interstice dans la fente et relie les pièces à assembler et assure ainsi une **RÉSISTANCE** élevée. En raison des températures plus basses utilisées lors du brasage, la couche de zinc des tôles zinguées par ex. est moins influencée et des durcissements accrus sont évités dans la zone d'assemblage. La brasure permet de mieux couvrir les fentes d'assemblage.

Les températures plus basses utilisées lors de ce processus permettent de réduire les déformations dues à la chaleur.

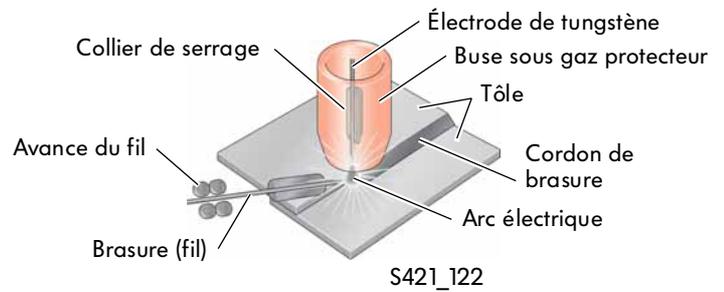
Les principaux procédés de brasage sont expliqués ci-après.

Brasage MSG



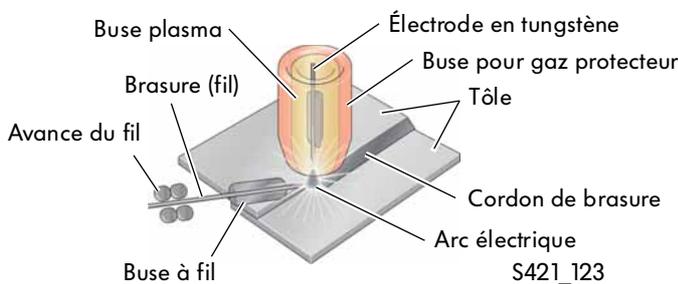
Sous gaz protecteur, la brasure est fondue par l'arc électrique se formant entre la brasure et la pièce à braser.

Brasage WIG



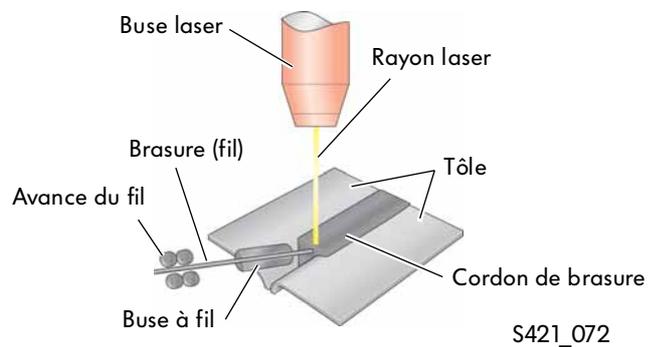
Sous gaz protecteur, la brasure est fondue par l'arc électrique se formant entre une électrode de tungstène et la pièce à braser.

Brasage plasma



Lors du brasage plasma, l'arc utilisé pour le brasage TIG (Tungstène gaz inerte) est en plus canalisé par une buse plasma. La densité d'énergie ainsi obtenue est plus élevée, les cordons sont plus minces et les vitesses de brasage sont plus élevées.

BRASAGE LASER



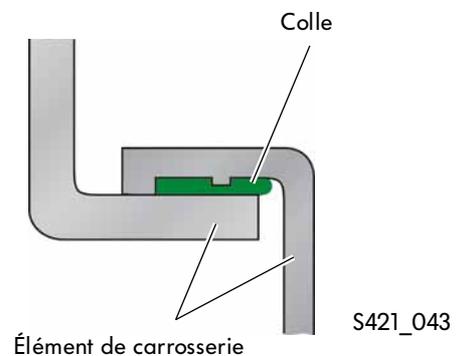
Lors du brasage LASER, la chaleur de brasage est générée par un rayon laser.

Collage

Le collage est un procédé permettant d'assembler de manière définitive des composants à l'aide d'une colle. Suivant le type de colle, le processus de durcissement lors du collage peut être amélioré par un faible apport de chaleur. Grâce au développement de colles et procédés de collage toujours nouveaux et efficaces ainsi qu'à leur adaptation précise à chaque cas, le collage prend de plus en plus d'importance dans la fabrication des carrosseries. Des assemblages par collage peuvent d'ailleurs être d'une **RÉSISTANCE** supérieure aux assemblages par points de soudure par exemple.

Mais le collage ne permet pas uniquement l'assemblage de pièces. Tout spécialement dans la construction de carrosseries, le procédé peut être utilisé pour une série d'autres tâches, comme par ex. pour :

- Étancher la zone d'assemblage contre la pénétration d'humidité ou de milieux corrosifs ,
- Assembler différents matériaux comme par ex. une tôle d'acier avec une matière plastique,
- Amortir les bruits et les vibrations,
- Étancher les gaz et les liquides,
- Augmenter la résistance des composants,
- Éviter la corrosion fissurante et par contact,
- Assembler avec faibles distorsions en évitant les sollicitations de température,
- Une répartition régulière des forces en surface.



Pour effectuer un collage correct, des prétraitements sont nécessaires, comme par ex. :

- Surfaces propres et sans graisse,
- Application d'une couche de fond (agent d'accrochage).

Différentes colles sont utilisées suivant le cas. Elles se différencient selon ...

... leur composition
Colles à 1 composant
Colles à 2 composants

... la température d'utilisation
Colles à froid (température ambiante)
Colles à chaud (120-250 °C)



Les procédés de revêtement

L'objectif des différents revêtements de surface est de protéger l'acier de la carrosserie contre une possible oxydation (CORROSION) en raison de l'action de l'air et des intempéries. On utilise à cet effet différents revêtements ; ceux à base de zinc étant les plus répandus.

Aujourd'hui, en construction automobile, la carrosserie n'est pas entièrement galvanisée (par ex. par immersion) ; les composants de la carrosserie ou leurs PRODUITS SEMI-FINIS d'origine sont le plus souvent dotés d'un revêtement avant leur traitement ultérieur.

Le zinc est un matériau qui tend plus fortement à oxyder que l'acier. Cela s'explique par son positionnement dans la série électrochimique où le zinc est moins noble que l'acier.



La couche de zinc recouvre la surface de l'acier et la protège ainsi de la CORROSION. Tant que ce système de couche n'est pas endommagé – par ex. par des interventions mécaniques –, la protection fonctionne de manière optimale.

Mais s'il se produit une blessure qui se manifeste par une rupture de la couche de zinc et une mise à nu de la surface de l'acier, la différence de potentiel entre les deux matériaux (par ex. lors de la pénétration d'eau) peut entraîner une dissolution prématurée de la couche de zinc. C'est à ce moment-là que la surface de l'acier apparaît et que la CORROSION des différentes parties de cette surface commence.

Si la couche de zinc est combinée à une peinture, on obtient une protection optimale appelée « système duplex ».

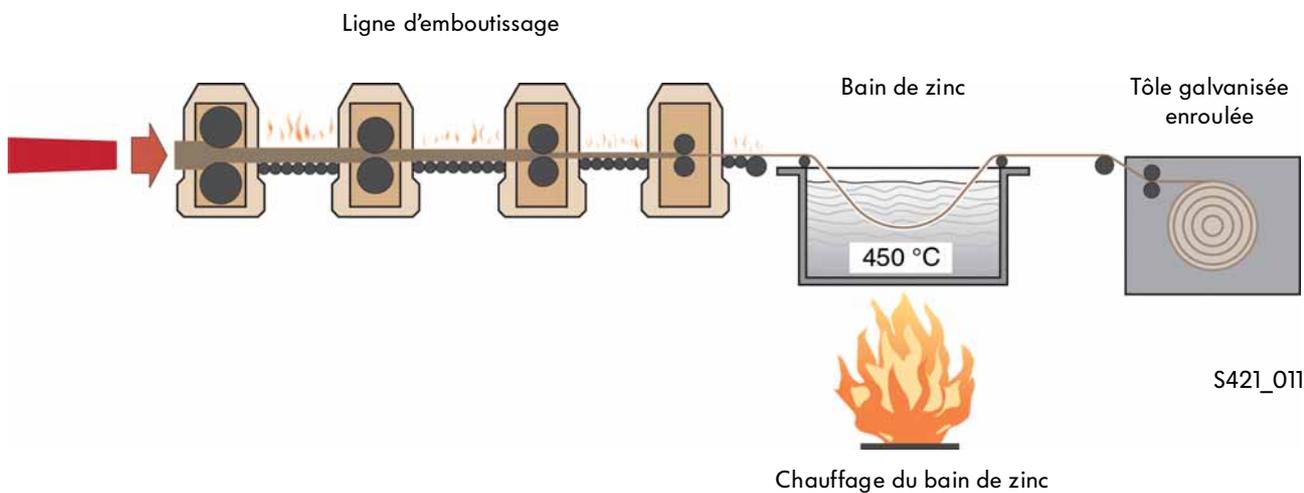
Les principaux procédés de galvanisation utilisés pour les carrosseries sont :

Galvanisation à chaud pour toutes les pièces invisibles de l'extérieur	« Galvannealed » et électrogalvanisation pour toutes les tôles extérieures
Surface rugueuse	Surface lisse
Couche de zinc d'env. 10 microns	Couche de zinc d'env. 8 microns
Difficilement déformable	Aisément déformable

Galvanisation à chaud



En raison des températures élevées induites par le procédé et donc du risque de déformation des tôles, la galvanisation à chaud ne peut pas être employée pour les tôles extérieures de la carrosserie.



S421_011

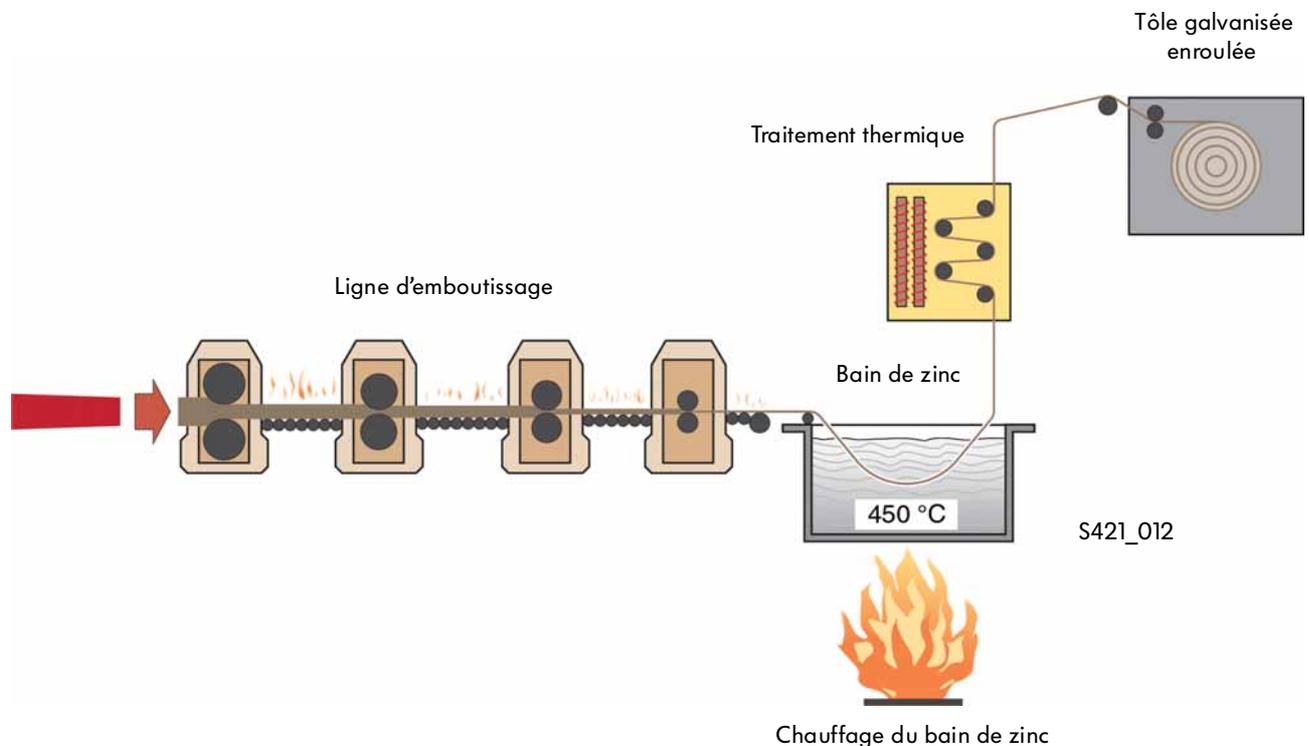
La galvanisation à chaud s'effectue après le laminage et avant l'emboutissage de la tôle. Après le laminage, la tôle est plongée dans un bain de zinc liquide à 450 °C, ce qui provoque la formation d'une couche de zinc. Cette dernière comporte une couche de fond constituée d'une liaison fer-zinc et recouverte de zinc pur. La galvanisation à chaud est un des procédés les plus efficaces en matière de protection anticorrosion.

La plupart du temps, la galvanisation à chaud n'est pas utilisée sur les pièces visibles car elle laisse une surface rugueuse avec des marques sur la tôle, d'où la nécessité d'un traitement ultérieur en cas d'utilisation sur des pièces visibles.



Connaissances de base sur l'ingénierie des procédés

Procédé « Galvannealed »



L'application de la couche par le procédé « Galvannealed » s'effectue après le laminage et avant l'emboutissage de la tôle.

Le procédé « Galvannealed » est une variante de la galvanisation à chaud. À la différence de celle-ci, l'acier est soumis en plus après le bain à un traitement thermique de 30 secondes (recuit) à 430 °C.

Lors de ce traitement thermique, il se produit une diffusion du fer présent dans l'acier à travers la couche de zinc. Cela entraîne la formation d'un ALLIAGE de zinc et de fer. La couche de zinc, qui contient env. 10 % de fer, est désignée par le terme « Galvannealed ».

Le procédé « Galvannealed » permet d'obtenir une plus grande résistance à la corrosion qu'avec la galvanisation à chaud.

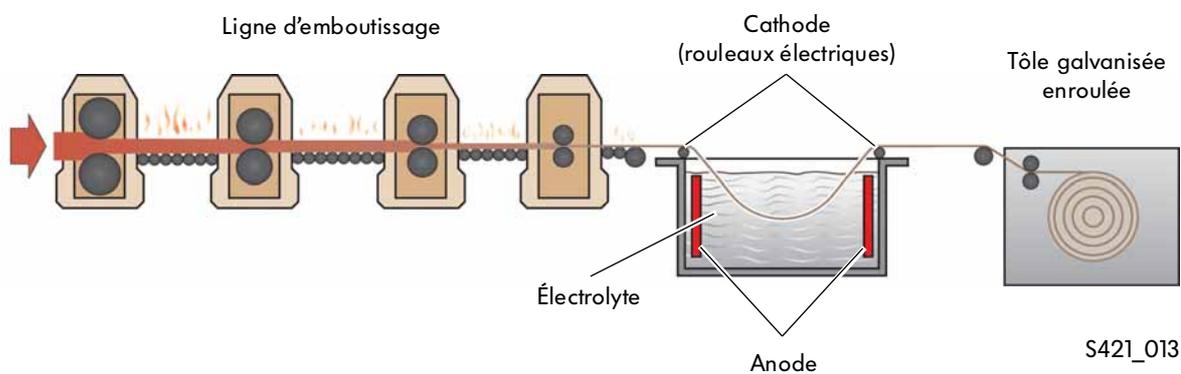
Ce procédé a notamment pour but :

- L'optimisation de la soudabilité de la couche,
- L'obtention d'un d'état de surface de qualité sans irrégularités,
- La formation d'un bon support pour les couches suivantes.

Électro galvanisation



L'électro galvanisation peut être utilisée pour les tôles extérieures de la carrosserie en raison des faibles déformations qu'elle génère.



L'électro galvanisation s'effectue après la laminage et avant l'emboutissage de la tôle. Ce procédé repose sur un processus électrochimique.

La tôle passe entre des rouleaux électriques qui fait office de cathode (pôle négatif). Grâce à un champ électrique entre la tôle (qui fait également office de cathode) et les anodes qui font office de pôle positif, le zinc dissous dans l'électrolyte est déposé sur la tôle.

C'est ainsi que se forme une très fine couche homogène de zinc d'env. 8 microns, qui permet la mise en œuvre des processus suivants comme l'emboutissage, le soudage et la peinture sans nuire à la protection anticorrosion.

En raison de la bonne qualité finale, on utilise cette technique pour les pièces visibles de la carrosserie.

L'apparence définitive de l'électro galvanisation dépend de l'épaisseur de la couche et de la qualité de l'état de surface de l'acier.



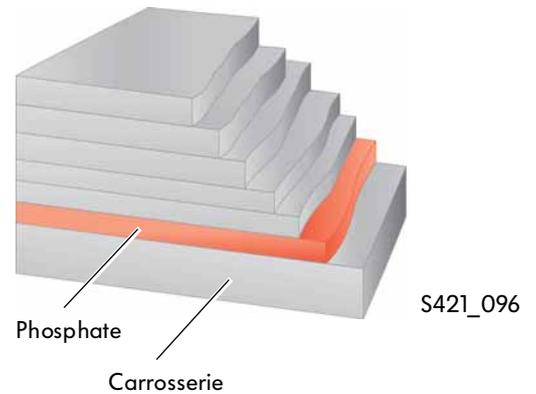
Protection anticorrosion

Le prétraitement

Si une couche de peinture doit être appliquée sur la carrosserie, le matériau doit être prétraité correctement. En construction de carrosseries, c'est principalement la phosphatation qui est utilisée à cet effet.

Objectif du prétraitement :

- Protection anticorrosion,
- Fabrication d'une bonne couche passivante au phosphate.

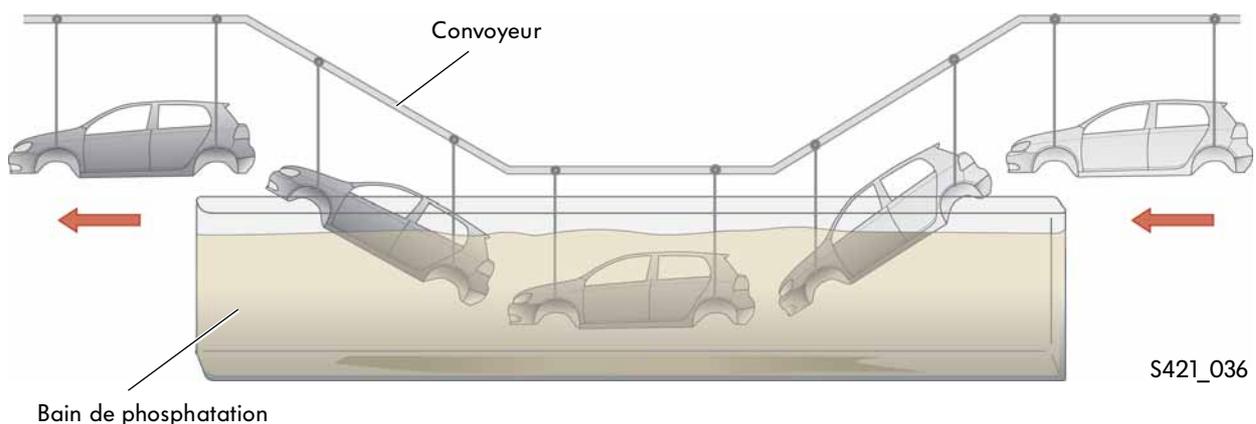


Phosphatation

La phosphatation est un processus chimique/électrochimique lors duquel de fins cristaux de phosphate insolubles à l'eau se forment sur une surface métallique par immersion dans des solutions d'acides phosphoriques (ions zinc, nickel, manganèse et acide phosphorique).

Ces phosphates apparaissent par réaction chimique avec le métal de base et forment ainsi une couche qui adhère fortement à celui-ci.

Suivant le métal de base réactif (il peut s'agir du matériau de revêtement), il apparaît par ex. une couche de fer, de nickel, de manganèse ou de phosphate de zinc.



La couche présente de nombreux trous et capillaires, ce qui assure un pouvoir absorbant optimal. Ainsi, des produits anticorrosion comme les cires, les huiles, les pigments de couleur et les peintures peuvent bien pénétrer.

Les surfaces phosphatées constituent un bon fond d'accrochage pour les couches de peinture.

L'étanchement des jointures

Un étanchement efficace des jointures est également important pour assurer une protection durable contre la corrosion.

Il est souvent supposé que des défauts dans la protection des corps creux peuvent être la cause de débuts de CORROSION – mais le processus de protection des corps creux est aujourd'hui si bien maîtrisé qu'il ne pose quasiment plus aucun problème.

Mais la situation est plus critique en ce qui concerne l'étanchement des jointures.

Sur les cordons de soudure avec recouvrement des bords, comme par ex. sur :

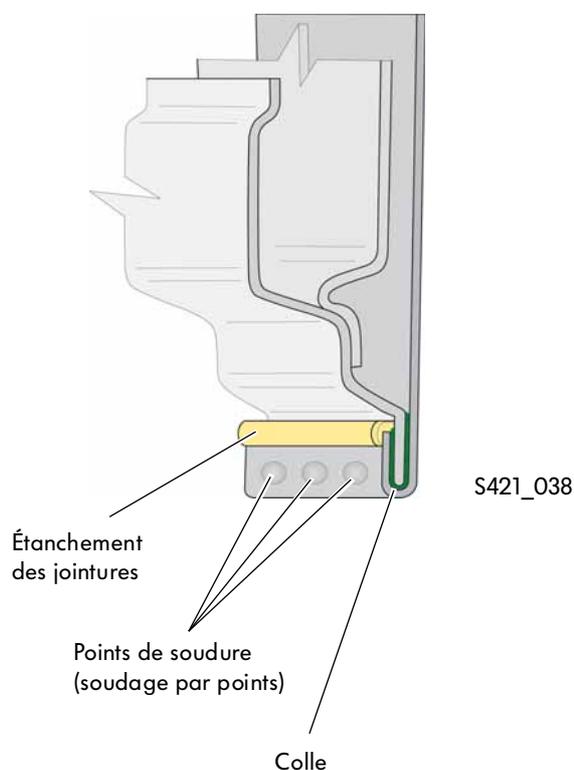
- Les boucliers avant et arrière
- La jupe arrière
- Le compartiment moteur
- Le plancher du coffre à bagages
- Le plancher du compartiment passagers
- Les parois latérales
- Les passages de roues
- Le soubassement
- Les ailes, etc.

un étanchement doit être appliqué a posteriori avec des matériaux appropriés pour éviter absolument toute pé-nétration d'eau entre les deux composants raccordés l'un à l'autre.

Même si par ex. les cordons de soudure (soudage par points) sont remplis de colle dans la fente d'assemblage, il faut procéder à un étanchement des jointures. L'étanchement des jointures protège également les bords des tôles.

Cet étanchement des jointures est important car de l'humidité qui aurait pénétré a peu de chance de sécher. Dans ce cas, le début de CORROSION est beaucoup plus rapide que sur des surfaces exposées.

Cordon de soudure avec étanchement des jointures

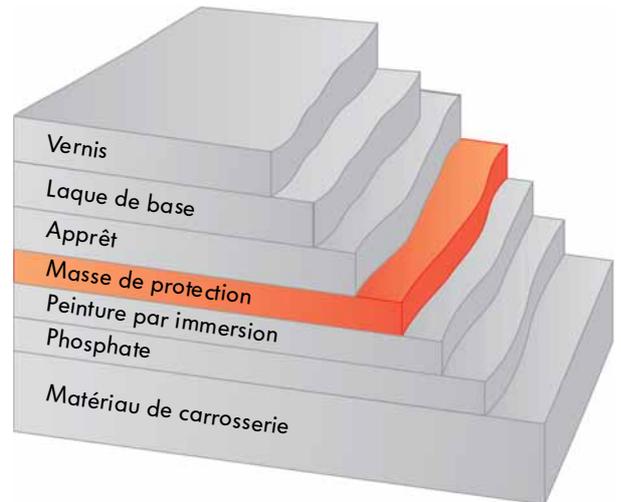


Protection anticorrosion

La protection antigravillonnage

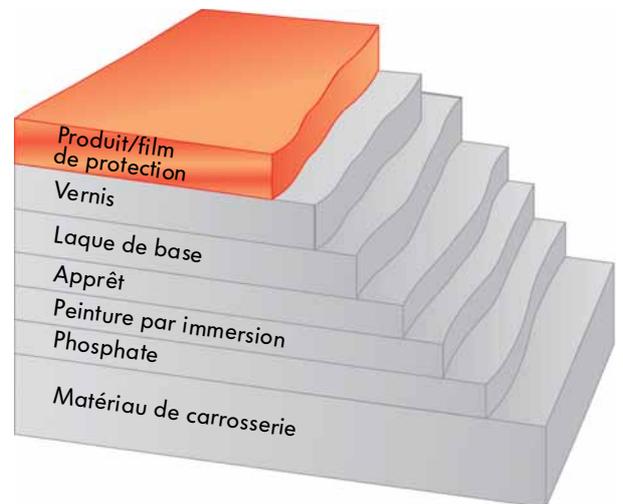
La protection antigravillonnage est une mesure importante et également très efficace pour lutter contre la CORROSION. Dans ce cas, ce n'est pas l'ensemble de la carrosserie qui subit des traitements, mais des couches sont appliquées sur les zones menacées. Cela peut être effectué de la manière suivante :

- Application d'une masse de protection après le primaire (peinture par immersion) et avant l'application de la peinture – par ex. sur la partie avant de la carrosserie.



S421_073

- Application d'une masse de protection après la peinture (vernis) – dans des zones non visibles – comme par ex. sur le plancher du véhicule et dans les passages de roues ; possibilité également d'appliquer des films de protection spéciaux.



S421_074

La protection antigravillonnage est en règle générale une couche élastique et assez épaisse. Ces propriétés élastiques, associées à une couche plus épaisse, produisent un effet insonorisant.

La protection antigravillonnage peut également être obtenue par l'utilisation de matériaux spéciaux, comme par ex. des plastiques spéciaux à la place de pièces en tôles peintes.

La protection contre la corrosion par contact

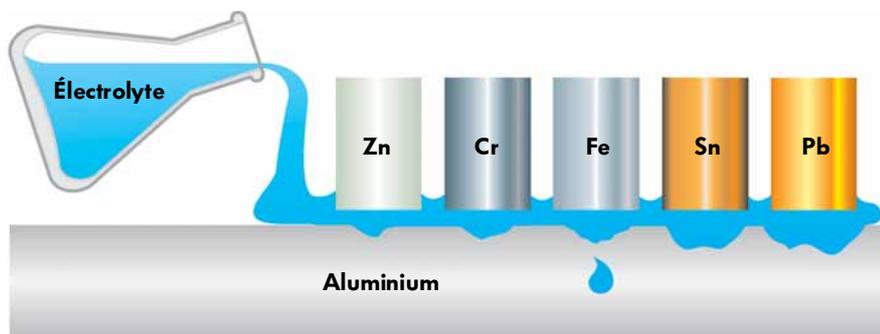
Lorsqu'en construction de carrosseries, d'autres métaux que l'acier sont employés pour certaines pièces, comme par ex. l'aluminium, il faut apporter une attention particulière à la prévention de la corrosion par contact. Fondamentalement, cela vaut également pour le fer/ l'acier. Mais en raison de son potentiel électrochimique particulièrement bas dans la série électrochimique, l'aluminium est beaucoup plus menacé par la corrosion par contact. C'est la raison pour laquelle l'aluminium a été pris ici à titre d'exemple pour illustrer la corrosion par contact.

Corrosion par contact

Tous les métaux possèdent un POTENTIEL ÉLECTROCHIMIQUE spécifique qui se différencie du potentiel d'un autre métal. Si un électrolyte (à base d'acide, de soude ou de sel) vient encore s'ajouter à deux ou plusieurs matériaux en contact, une compensation de tension peut se produire entre deux partenaires de potentiel. Un courant électrique circule, le métal ayant la valeur de tension négative la plus élevée étant toujours le premier à se détacher.

Pour illustrer les différences de potentiel, on utilise également la série électrochimique des métaux.

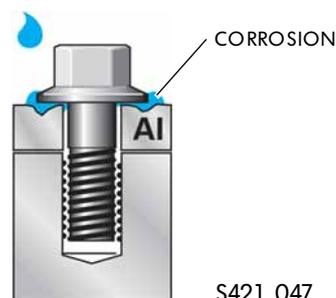
La figure S421_046 montre à titre d'exemple un essai pour illustrer la CORROSION.



S421_046

Légende de la série électrochimique (sélection tirée la série de tension)

Pb – Plomb	(- 0,13 V*)
Sn – Étain	(- 0,14 V*)
Fe – Fer	(- 0,44 V*)
Cr – Chrome	(- 0,56 V*)
Zn – Zinc	(- 0,76 V*)
Al – Aluminium	(- 1,67 V*)



S421_047

* Tension mesurée par référence à une électrode normale d'hydrogène à 25 °C
Les différences de potentiel peuvent être déterminées entre l'aluminium et les métaux représentés sur la figure (S421_046) (zinc, chrome, fer, étain et plomb) par la différence entre deux métaux en contact.

Protection anticorrosion

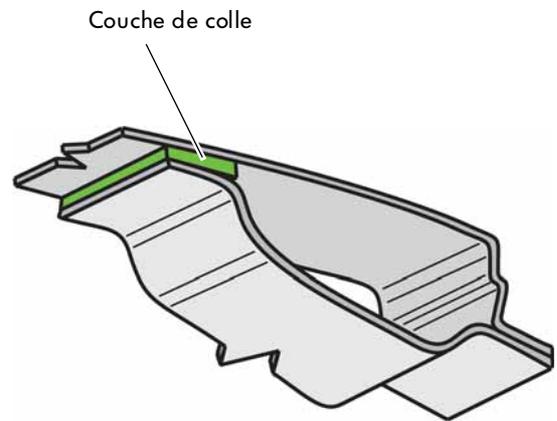
Mesures de protection contre la corrosion par contact

Afin de prévenir la formation de corrosion par contact, un contact direct entre les composants de différents métaux devrait être évité.

La liaison doit être conçue de telle manière qu'une couche intermédiaire isolante sépare les deux métaux différents.

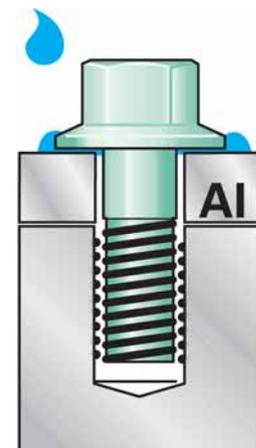
Variantes pour une couche intermédiaire isolante :

- Couche de colle : la colle utilisée pour l'assemblage sert également d'isolant.



S421_048

- Revêtement de surface d'une pièce – par ex. d'une vis pour la fixation sur des pièces de carrosserie en aluminium –, la couche agissant comme une couche intermédiaire isolante.

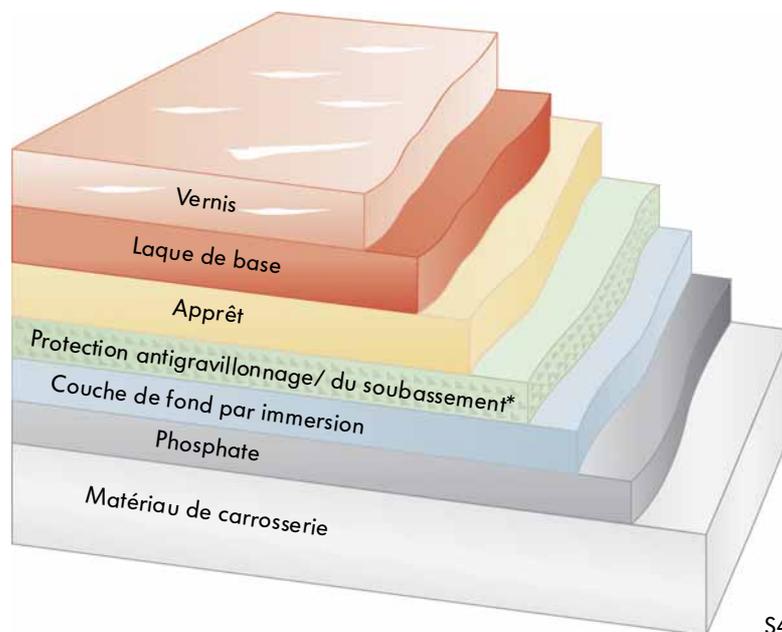


S421_049

La mise en peinture

Après le prétraitement des PRODUITS SEMI-FINIS ou également de la carrosserie complète, la protection anticorrosion se termine par la mise en peinture. La mise en peinture comporte les phases suivantes :

- Avant la mise en peinture, la carrosserie est nettoyée et dégraissée afin qu'aucun défaut de liaison n'apparaisse ultérieurement lors de la mise en peinture.
- Ensuite a lieu la phosphatation, ce qui crée un bon fond d'accrochage et de bonnes conditions pour une protection optimale contre la corrosion.
- Puis est appliquée une couche de fond par immersion et cataphorèse à laquelle succède l'apprêt.
- La peinture de finition est appliquée après rinçage, à l'aide d'une laque de base et d'un vernis.



S421_037

- * Après la couche de fond par immersion, la protection du soubassement et le produit de scellement pour le colmatage fin sont appliqués sur les zones concernées de la carrosserie en fonction des besoins. Une peinture élastique très visqueuse est appliquée sur les zones particulièrement exposées aux gravillons (voir également page 62).



Concernant la peinture, vous pouvez également consulter le Programme autodidactique 214 « Mise en peinture des carrosseries - La préparation » ainsi que le Programme autodidactique 215 : « Mise en peinture des carrosseries - La peinture de finition ».

Vous trouverez également d'autres informations dans ELSA (Système Électronique d'Information Service) dans le Manuel de réparation « Peinture » (ELSA – puis cliquez sur le bouton « Internet »).

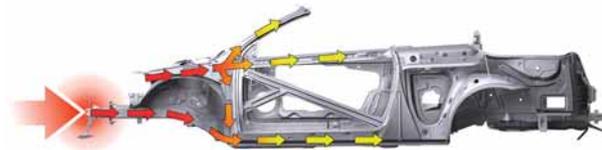
Réparation

Connaissances de base

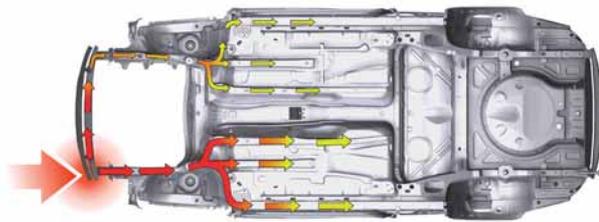
Avant chaque réparation de carrosserie, il est nécessaire d'évaluer les dommages.

Critères d'évaluation :

- Dans quelle direction la déformation s'est-elle effectuée ?
- Des éléments contigus et non visibles de la carrosserie ont-ils été endommagés ?
- La structure de la carrosserie a-t-elle été déformée ?



S421_111

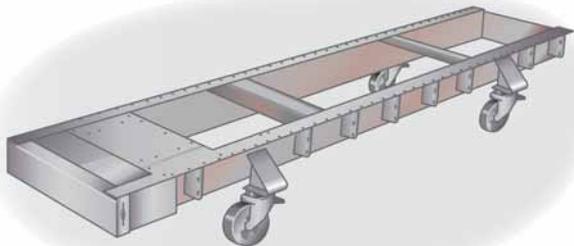


S421_112

Si la carrosserie a été endommagée (déformée) à tel point que sa structure a également été touchée, elle doit être remise en forme à l'aide d'un marbre et d'équerres de redressement.

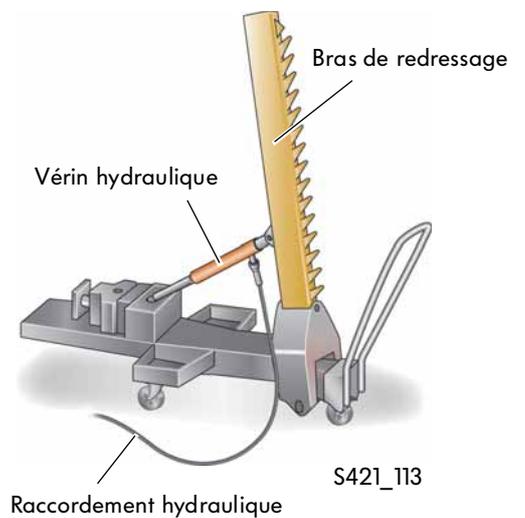


Marbre (exemple)



S421_114

Équerre de redressement (exemple)



S421_113

Les méthodes de réparation

Remise en forme

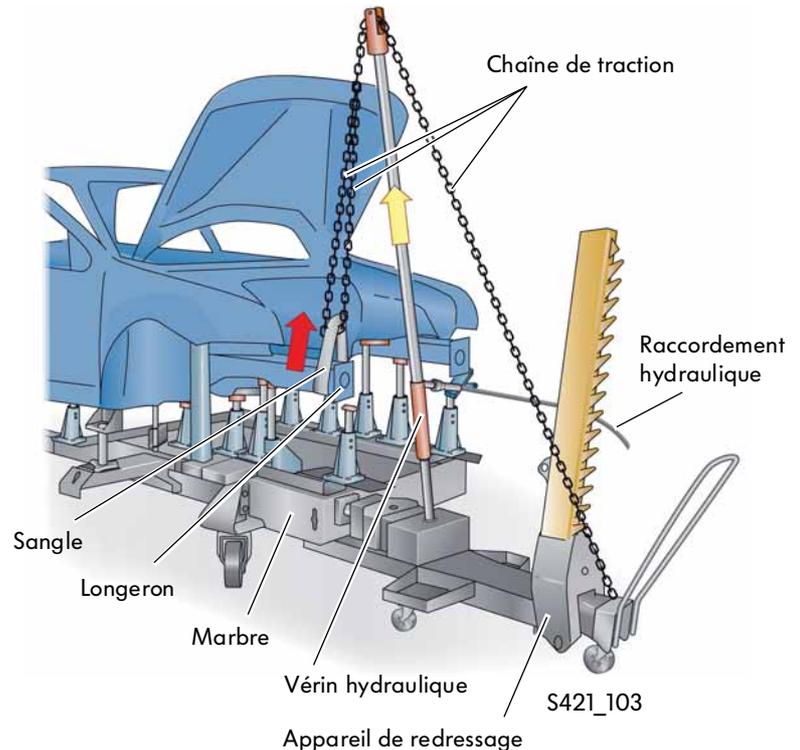
Lors de réparations sur les carrosseries, la remise en forme est la méthode la plus employée. Elle peut être effectuée de différentes manières. Certaines de ces possibilités sont présentées ci-après à titre d'exemples.

Traction à 3 points dirigée vers le haut...

Une chaîne de traction est tendue à l'aide d'un vérin hydraulique.

Une extrémité de la chaîne est fixée à la partie de la carrosserie à redresser (dans cet exemple, à l'aide d'une sangle supplémentaire) et l'autre extrémité à l'appareil de redressage.

Lorsque le vérin hydraulique est actionné et déployé vers le haut, la chaîne se tend et tire la pièce de carrosserie à redresser vers le haut.



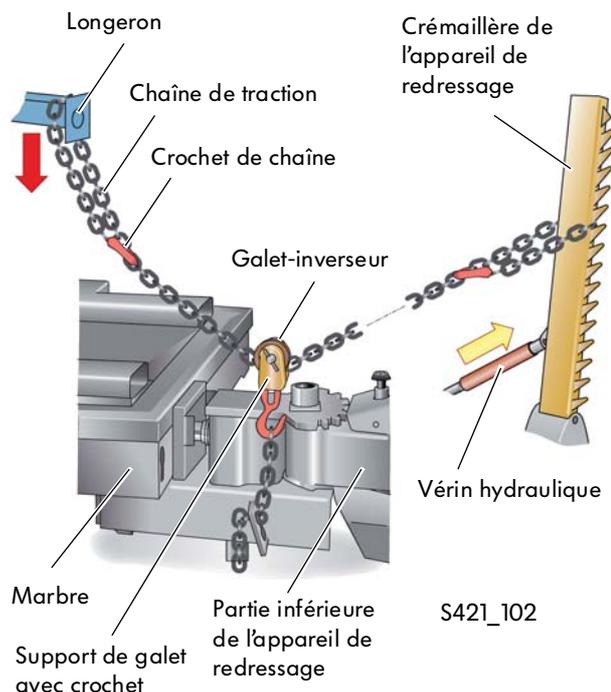
Traction vers le bas à l'aide d'un galet inverseur lâche...

Une extrémité de la chaîne de traction entoure une pièce de la carrosserie, par ex. un longeron, puis est accrochée à la chaîne à l'aide d'un crochet.

L'autre extrémité de la chaîne est accrochée à la crémaillère de l'appareil de redressage.

Dans la chaîne de traction se trouve un galet-inverseur lâche doté d'un support et d'un crochet fixé sur ce dernier. À ce crochet est accrochée une autre chaîne dont l'extrémité est attachée par ex. à la partie inférieure de l'appareil de redressage.

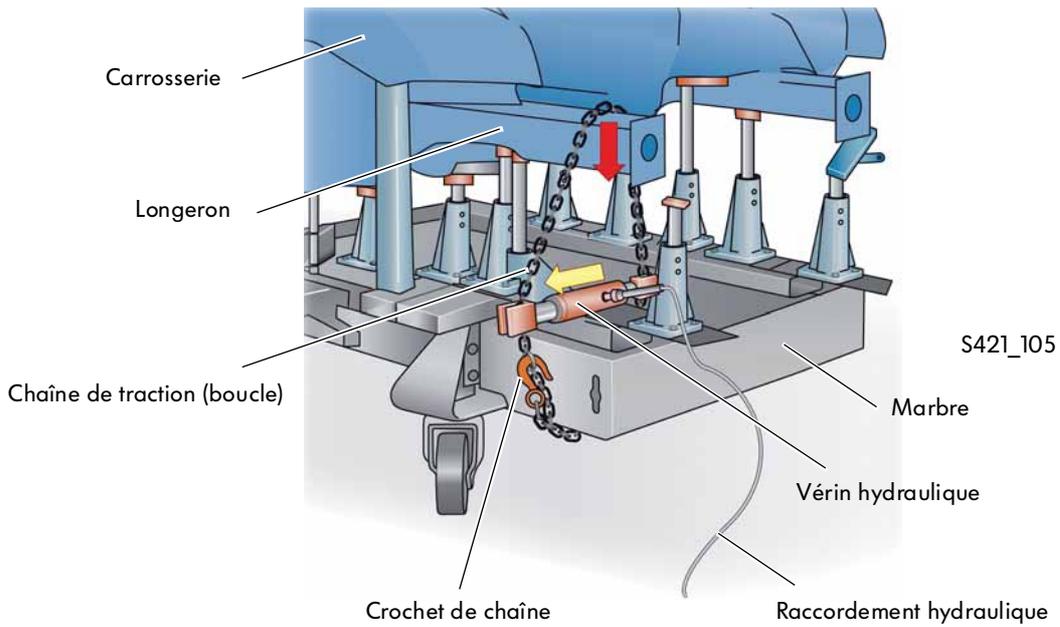
Lorsque la chaîne de traction est tendue par basculement de la crémaillère à l'aide du vérin hydraulique, le longeron est tiré vers le bas.



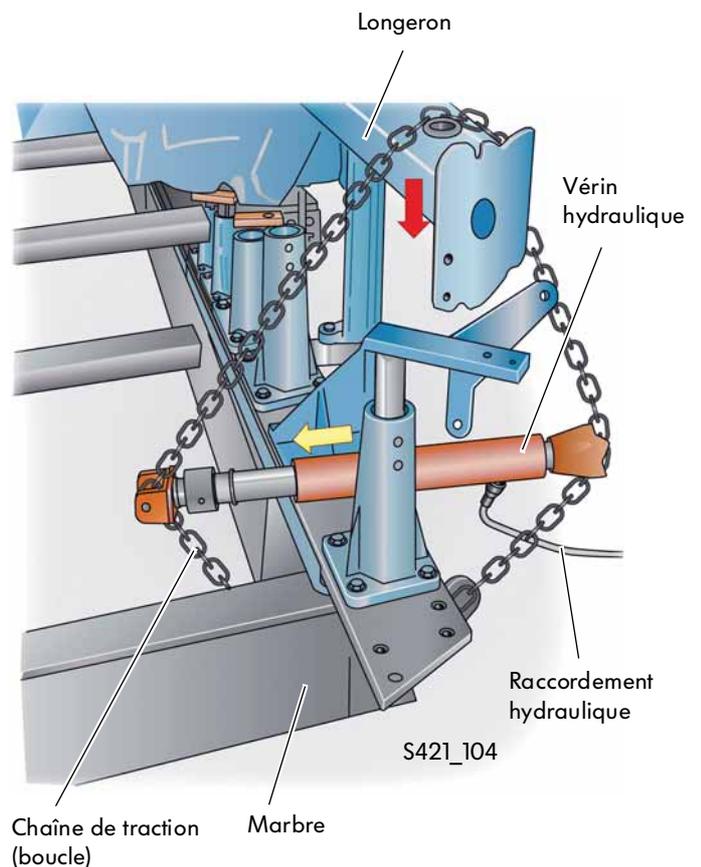
Réparation

Écartement direct de la chaîne pour tirer des organes vers le bas

Une chaîne de traction est placée autour de la pièce de carrosserie à redresser (par ex. autour du longeron et d'une pièce appropriée du cadre de marbre) puis raccrochée à la chaîne à l'aide d'un crochet. La boucle de chaîne ainsi formée est ensuite écartée à l'aide d'un vérin hydraulique.

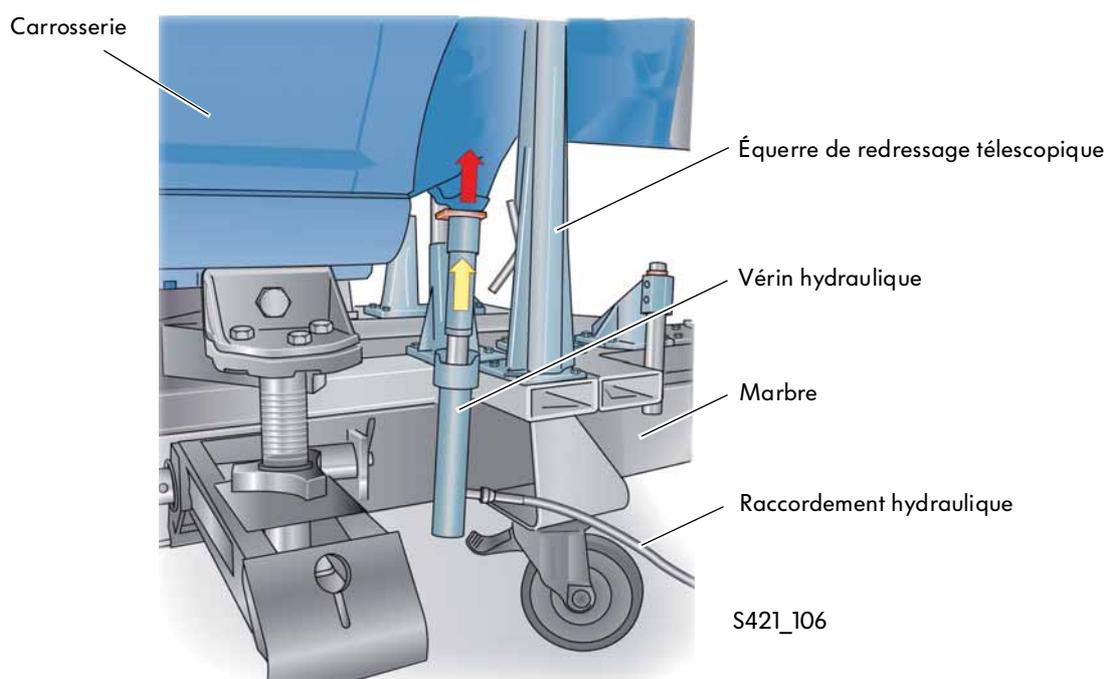


Le vérin hydraulique accroché à la boucle de chaîne est actionné. Il écarte la boucle et le longeron est alors tiré vers le bas.

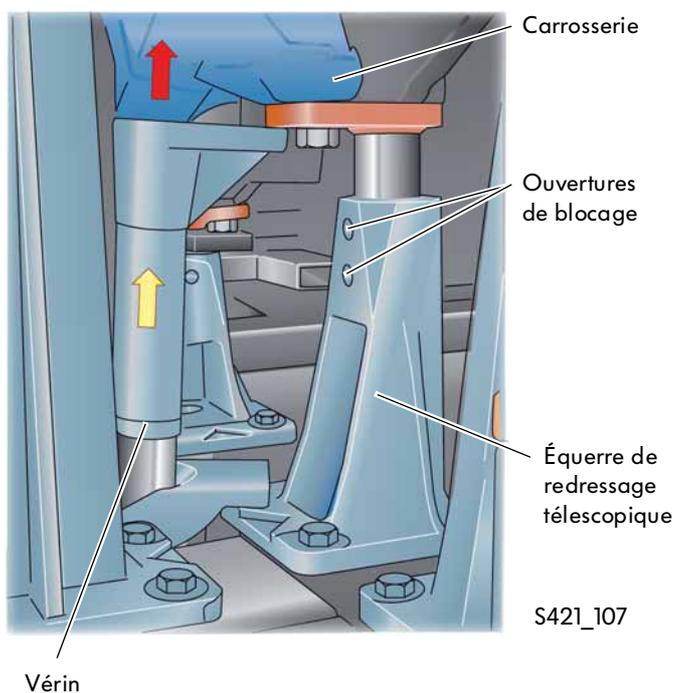


Application directe d'une force à la carrosserie à l'aide un vérin pour pousser des organes vers le haut

Cette variante de redresseage utilise la fonction télescopique de l'équerre de redresseage. Au début, la pièce de carrosserie est soulevée à l'aide d'une force appliquée directement par un vérin hydraulique.



Ce processus est poursuivi jusqu'à ce que l'équerre de redresseage télescopique se positionne sous la carrosserie de telle manière qu'elle puisse être bloquée avec une tige de blocage introduite dans l'une des ouvertures de blocage.



Réparation

Débosselage au marteau et au tas

Lorsque la surface de la tôle présente un creux, il se produit à l'extérieur un allongement de la tôle dans les zones de transition vers la forme normale alors qu'à l'intérieur, se produit une accumulation de matière (refoulement).

Lorsqu'un coup est donné au milieu du creux, la tôle se redresse immédiatement dans les zones déformées. Cela signifie qu'après chaque coup de marteau de nouvelles zones d'allongement et de refoulement apparaissent.

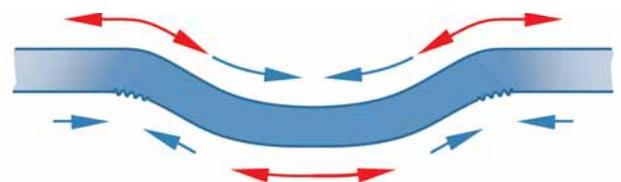
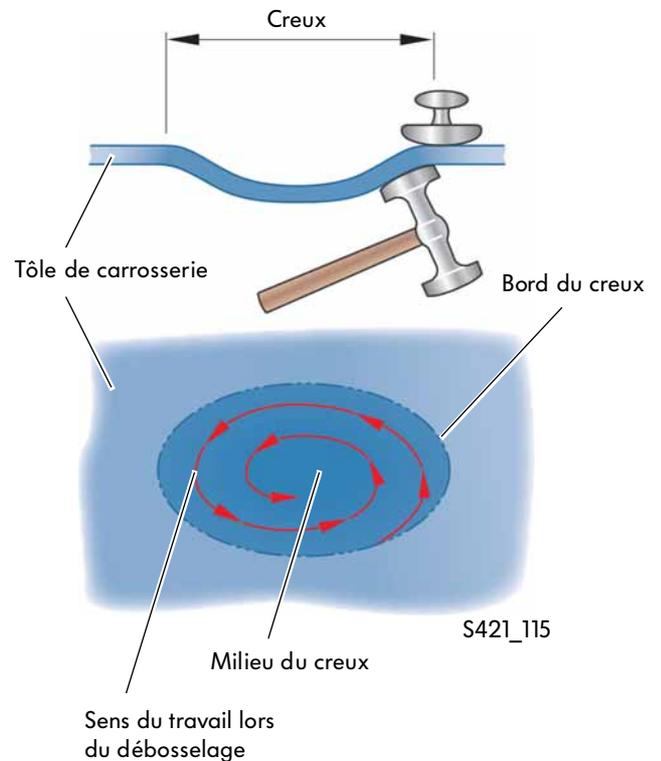
Plus de telles zones sont nombreuses, plus leur effet est incontrôlable sur le lissage de la surface.

Lors du débosselage, il faut donc veiller à ce que les zones d'étirement et de refoulement soient supprimées sans que de nouvelles n'apparaissent. À cet effet, il est nécessaire, en règle générale, d'effectuer les travaux de débosselage en partant du bord du creux pour progresser vers son milieu.

Bien souvent, la tôle rebondit si fortement autour du creux que le coup de marteau n'a aucun effet : « le marteau n'a aucun impact ».

Ce n'est que lorsqu'un tas approprié est maintenu de l'autre côté de la tôle que des coups dosés et efficaces peuvent être donnés.

À l'opposé d'une zone d'allongement se trouve toujours une zone de refoulement.



- Zone d'allongement
- Zone de refoulement



Méthode de débosselage thermique

La méthode de débosselage thermique est idéale pour des creux d'un diamètre max. de 10 cm et d'une profondeur de 1 – 2 mm.

Le principe suivant est utilisé :

Le métal se dilate sous l'effet de la chaleur ; en refroidissant, il se rétrécit.

Lorsqu'un creux est chauffé depuis le bord vers le milieu et en spirale, la chaleur se concentre au milieu du creux. D'où également un léger soulèvement de la surface avoisinante de la carrosserie.

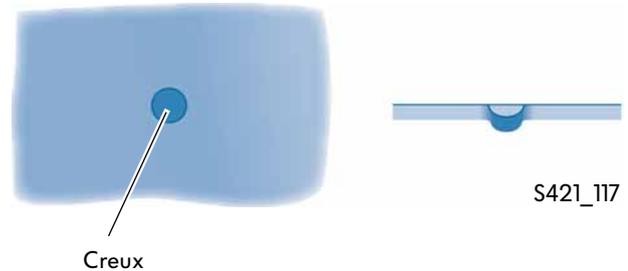
Maintenant, la partie centrale du creux est limée à l'aide d'une lime spéciale pour carrosserie dont la partie active est recourbée vers l'extérieur. La lime se trouve au bord du creux et absorbe ainsi la plus grande partie de la chaleur. Ainsi, le matériau qui se situe dans les couches inférieures s'étire vers les bords et soulève le milieu du creux.

La lime se réchauffe très rapidement pendant l'opération et doit être remplacée par une lime froide après plusieurs mouvements de va-et-vient.

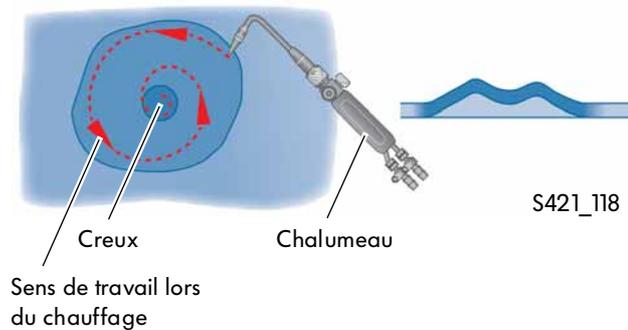


Important :
La lime sert à évacuer plus rapidement la chaleur et non à ôter du matériau.

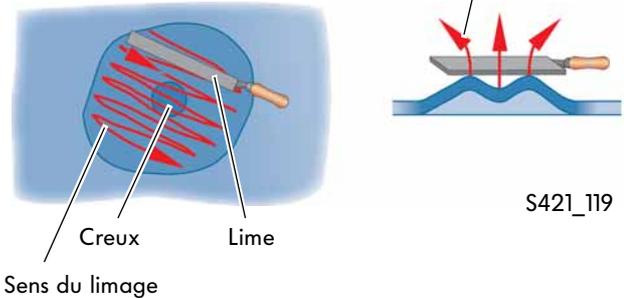
État initial d'une zone de tôle comportant un creux



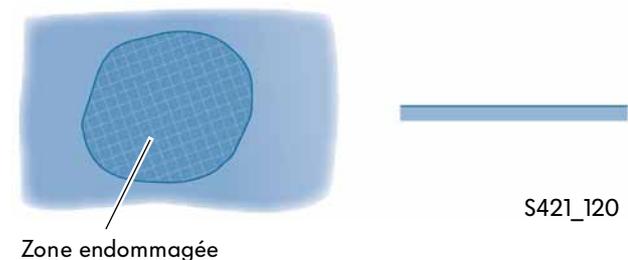
Chauffage au chalumeau...



Prélèvement de la chaleur à l'aide d'une lime



Zone endommagée après débosselage...



Réparation

Rétreinte d'une cloque à l'aide d'une électrode en carbone

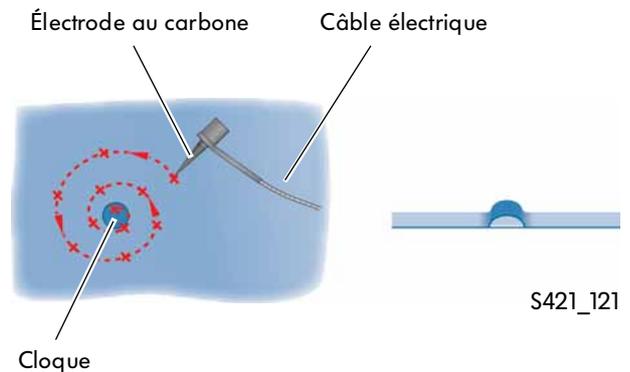
À l'aide d'une électrode en carbone, la surface de tôle en saillie est chauffée en certains points jusqu'à ce qu'elle soit rouge cerise. Comme lors de travaux au chalumeau, les points de chauffe doivent être appliqués de l'extérieur vers l'intérieur en spirale.

Sur des surfaces à rétreindre plus importantes, chaque point doit être immédiatement refroidi après chauffage (avec une éponge humide).

Les surfaces plus petites sont chauffées en spirale en une seule opération pour être ensuite refroidies également en spirale. Le refroidissement à l'eau provoque ici aussi un effet de rétreinte.

Comme le terme l'indique, quelque chose a été « rétreint » lors de cette opération. Dans ce cas, cela signifie que le matériau étiré dans la zone du creux est restauré, c'est-à-dire ramené à son état d'extension initial alors moindre : il y a donc rétreinte.

Mais le réchauffement et le refroidissement seuls ne peuvent pas refouler autant de matériau que des coups de marteau directs.



S421_121

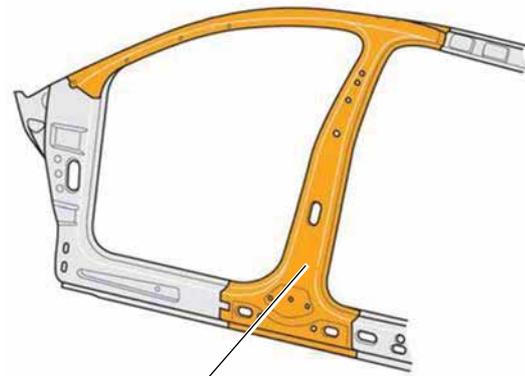


Découpage

Découpage de tôles endommagées

Ce n'est que lorsque la carrosserie est redressée de telle manière que les têtes de redressage s'insèrent de nouveau dans les trous pilotes de la carrosserie que le découpage des parties endommagées peut commencer.

Une exception à cette règle est par exemple le montant B formé à chaud et la zone de carrosserie proche du montant A sur la Golf à partir du millésime 2004. Compte tenu de la RÉSISTANCE élevée, une remise en forme est presque impossible.



Montant B (Golf millésime 2004)

S421_108

Pour le découpage des pièces de tôles, il est possible d'utiliser de l'outillage à main, comme par ex. un marteau et un burin de carrossier, de l'outillage électrique, comme par ex. une meuleuse d'angle ou de l'outillage pneumatique, comme par exemple une scie de carrossier et une fraiseuse-dépointeuse.

Scie de carrossier



S421_109

Fraiseuse-dépointeuse



S421_110



Glossaire

Alliage

Un alliage est une solution solide dotée de propriétés mécaniques.

Le terme « alliage » vient du latin ligare devenu plus tard legare. Cela signifie attacher ensemble, relier ou rassembler.

Dans le domaine technique, l'alliage a une grande importance car par l'adjonction de certains éléments d'addition à des métaux, notamment aussi à l'acier, il est possible de modifier de manière ciblée les propriétés des matériaux.

Atome

Un atome est la plus petite particule indivisible d'un élément chimique. Il se compose du noyau atomique chargé positivement et d'électrons chargés négativement.

Le noyau atomique contient des particules de masse chargées positivement (les protons) et des particules à charge neutre (les neutrons). Les protons déterminent la charge positive du noyau atomique.

Corrosion

Dans le domaine technique, on entend par corrosion la réaction d'un matériau métallique avec les substances environnantes qui provoque une modification mesurable du matériau et nuit simultanément au bon fonctionnement de la pièce concernée (le terme « corrosion » est également courant dans d'autres domaines comme la médecine par ex.).

Dureté

La résistance est une valeur caractéristique qui décrit l'aptitude que possède un matériau de s'opposer à une force d'origine mécanique.

La dureté n'a qu'un rapport relatif avec la résistance d'un matériau. Une résistance élevée est la plupart du temps liée à un bon comportement à l'usure, mais également à une grande fragilité (ce qui signifie donc un risque de rupture).

Il faut donc toujours veiller à ce que le rapport entre dureté et ténacité soit équilibré afin que le matériau puisse remplir la fonction à laquelle il est destiné. La dureté a également son importance lorsque l'on considère chaque composant de la structure des aciers (par ex. les phases dures). Des solutions solides appropriées avec des composants durs formés de manière ciblée contribuent également à augmenter la résistance d'un acier.

Électron

Les électrons sont des particules de masse chargées négativement. Chaque électron possède la plus petite quantité de charge négative : la charge élémentaire. Suivant le type d'élément, un atome peut comporter un ou plusieurs électrons. Cela dépend du nombre de protons chargés positivement dans le noyau atomique. À l'intérieur d'un atome, on tend toujours vers un équi-libre entre les charges contraires ; c'est-à-dire un équi-libre entre les particules de masse positives et négatives.

Ions métalliques

Les atomes métalliques possèdent des électrons fixes sur le noyau atomique ainsi qu'un ou plusieurs électrons libres qui se trouvent sur la couche d'électrons externe. Le noyau atomique y compris les électrons fixes est appelé ion métallique. Sans les électrons dits « libres », celui-ci a une charge positive. Les forces d'attraction électriques entre les électrons chargés négativement et les ions métalliques chargés positivement sont responsables de la bonne cohésion et donc de la résistance du matériau métallique. Ce type de liaison est aussi appelé liaison métallique car il est caractéristique de tous les métaux.



Laser

Le terme « Laser » est l'acronyme de „Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation“. Dans un laser, un agent comme par ex. un mélange gazeux hélium-néon est porté à un niveau d'énergie élevé en étant stimulé par des électrons. Cette énergie est ensuite restituée au rayon laser sous la forme d'une onde électromagnétique fortement concentrée (par ex. sous forme de lumière rouge).

Potentiel électrochimique

Il faut ici commencer par expliquer de manière simplifiée le terme de « potentiel ». Lorsque l'on parle de potentiel, on entend un certain niveau par rapport à un niveau initial ou de comparaison.

En électrochimie, on emploie par ex. le terme « potentiel électrochimique ». Cela signifie que tous les métaux ont un potentiel électrochimique spécifique qui se différencie du potentiel d'un autre métal. Les valeurs de potentiel de chaque métal figurant dans une liste dite série électrochimique, sont déterminées par rapport à une électrode d'hydrogène normale à 25 °C.

Produit semi-fini

Le nom lui-même indique qu'il s'agit d'un élément qui ne correspond pas encore à l'état final d'un produit. La géométrie, le traitement ultérieur et le cas échéant le revêtement d'un produit semi-fini sont tels qu'un minimum de travail ultérieur est nécessaire lors de son traitement en aval ou de sa pose dans un produit fini.

Recristallisation

Lors de la recristallisation, la structure cristalline des métaux qui a été par ex. perturbée par le formage à froid est restaurée, ce qui supprime les changements de propriétés survenus auparavant.

Résistance

La résistance est une valeur caractéristique qui décrit l'aptitude que possède un matériau de s'opposer à une déformation plastique ou à une rupture.

Suivant le type de charge, on distingue la résistance à la traction, à la compression, mais également à la flexion, au flambage, et au cisaillement.

Sur les matériaux métalliques employés en construction automobile, on détermine en général la résistance à la traction qui est ensuite utilisée pour un classement dans différentes catégories de résistances. Mais lorsque l'acier est destiné à une autre utilisation, comme par ex. les aciers de construction, la limite d'élasticité peut servir de base.

La résistance à la traction constitue la plus grande contrainte à laquelle un matériau puisse être soumis. Les valeurs de contrainte sont déterminées par un essai de traction sur une éprouvette.

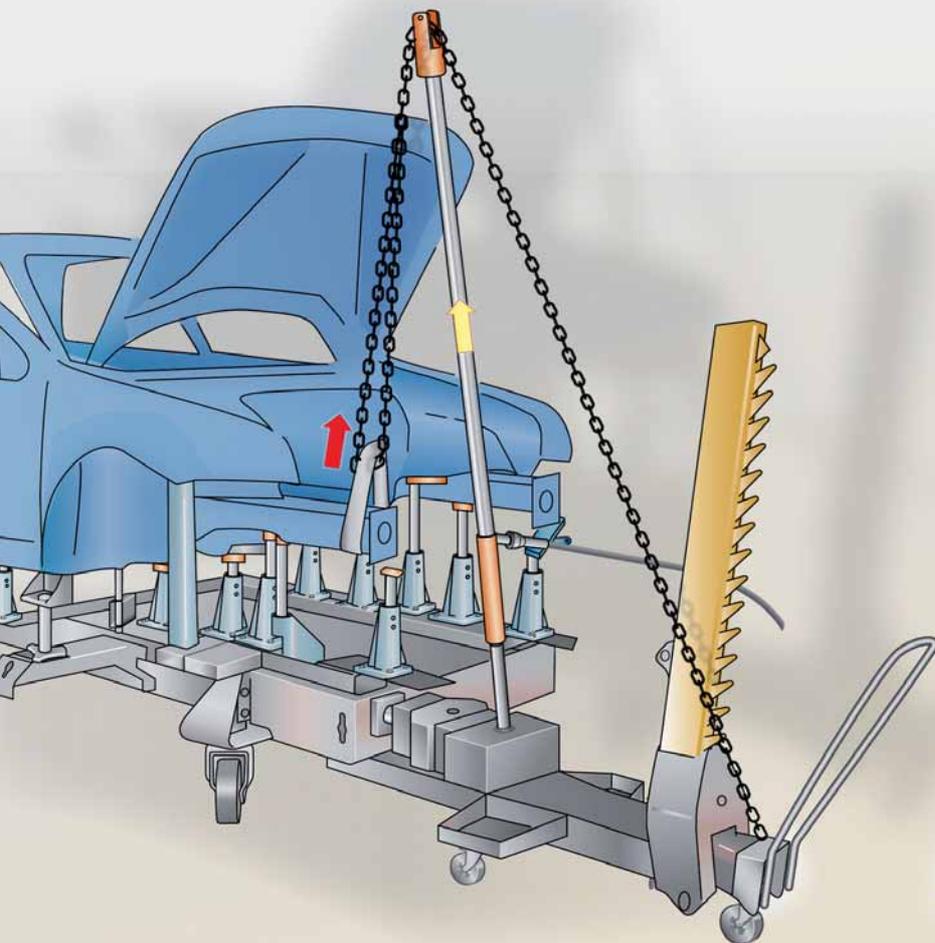
Solution solide

Une solution solide est un cristal composé d'au moins deux éléments chimiques différents. Les atomes ou ions étrangers sont répartis statistiquement.

Ils peuvent se loger dans des interstices ou remplacer des atomes d'un autre élément (solution solide de substitution). La dissolution d'atomes étrangers en cristal est aussi appelée cristal mixte.



421



© VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg
Tous droits et modifications techniques réservés.
000.2812.15.40 Version technique 10.2009

Volkswagen AG
After Sales Qualifizierung
Service Training VSQ-1
Brieffach 1995
D - 38436 Wolfsburg

♻️ Ce papier a été fabriqué avec de la cellulose blanchie sans chlore.