

Chapitre 4 : Assemblage des matériaux

4.1.Introduction :

Mis à part les systèmes taillés à partir d'un bloc de matière, la fabrication d'une structure passe généralement par l'assemblage de pièces les unes avec les autres. Ainsi, une structure constituée de pièces différentes, en particulier au niveau de la nature des matériaux utilisés pour les réaliser, est construite par l'assemblage de ces différentes pièces. Il est naturel de penser que plus la structure est complexe, plus le nombre de pièces à assembler et nécessaires à la construction de la structure est élevé.

Assemblage des matériaux est un procédé permettant de lier entre elles plusieurs pièces pour former un ensemble.

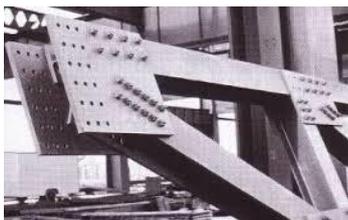
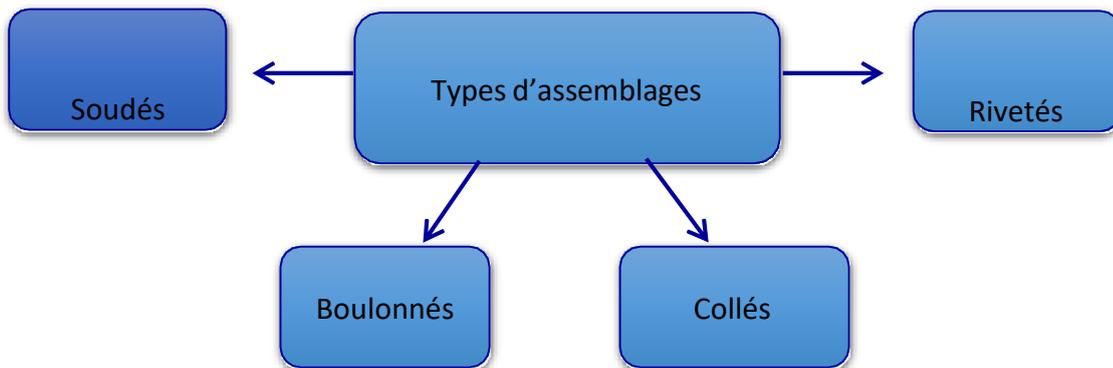
Le choix d'une solution d'assemblage dépend de :

- Coût
- Durée de vie
- Maintenabilité
- Encombrement
- Esthétique

Les procédés d'assemblages se classent en 3 familles : Mécanique – Thermique - Chimique

Un assemblage mécanique peut être :

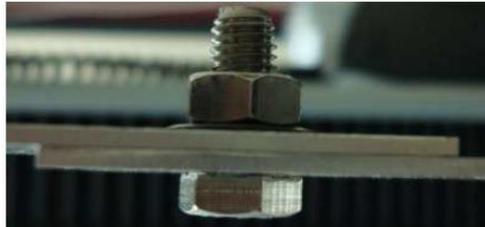
- Rigide ou élastique
- Articulé ou fixe
- Démontable ou Permanent.



4.2. Les assemblages mécaniques amovibles (Boulonnage)

Permettre d'obtenir une liaison rigide ou élastique qui sera articulée ou fixe avec possibilité de démontage sans détruire son mode d'assemblage.

Un assemblage fileté permet d'assurer un effort de pression entre pièces en vue de les immobiliser les unes par rapport aux autres, et souvent d'assurer une étanchéité.



Boulon = vis + écrou

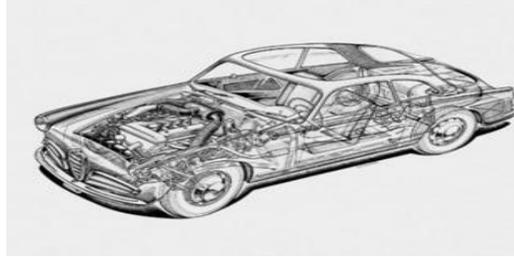
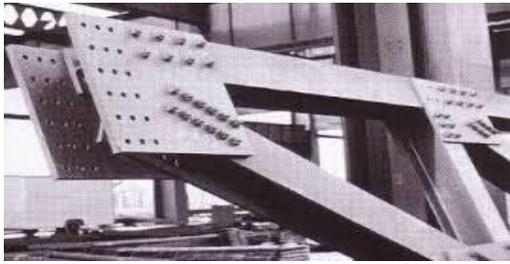
Vis : pièce constituée d'une tige filetée sur tout ou partie de sa longueur, avec ou sans tête, mais comportant un dispositif d'entraînement ou d'immobilisation.

Écrou : pièce taraudée comportant un dispositif d'entraînement, et destinée à être vissée.

Boulon : ensemble constitué d'une vis à tête, et d'un écrou, et destiné à assurer un serrage entre la face d'appui de la tête, et celle de l'écrou.

Goujon : tige comportant un filetage à ses 2 extrémités et destinée à assurer un serrage entre la face d'une pièce dans laquelle l'un des extrémités vient s'implanter à demeure par vissage, et la face d'appui d'un écrou vissé à l'autre extrémité.





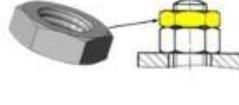
Les différentes vis

Ce sont des tiges cylindriques métalliques filetées à la tête particulière (empreinte, forme). Elles se combinent avec un écrou ou s'assemblent avec le support (vis parkers).

Vis à tête hexagonale mâle,	Vis à tête hexagonale femelle	Vis à tête empreinte torx femelle	Vis parkers tête chanfreinée	Vis à bois à tête bombée
				
clé tête hexagonale femelle	clé tête hexagonale mâle	clé male torx	Tourne vis cruciforme	Tourne vis plat

Les différents écrous

L'écrou est une pièce mécanique recevant une tige filetée (vis) pour assurer une liaison entre deux pièces.

Ecrou simple	Ecrou papillon	Ecrou borgne	Ecrou auto-freiné	Ecrou à créneaux	Contre écrou
					

4.3. Les assemblages mécaniques permanents (rivetage)

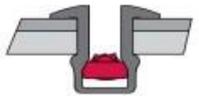
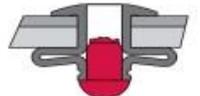
Définition:

On appelle assemblage permanent tout moyen d'assemblage qui, pour sa désolidarisation, nécessite la destruction de la liaison ou d'une des pièces assemblées.

Le rivetage:

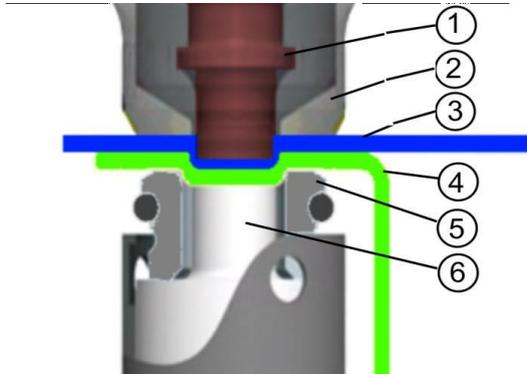
Le rivetage utilisé en carrosserie, permet d'assembler des pièces dont un seul côté est accessible. Ils sont pour cette raison appelés « **rivets aveugles** ».

Plusieurs types de rivets sont utilisés selon la résistance attendue et la nature des pièces à assembler :

Rivet ouvert	Rivet multigrip	Rivet étanche	Rivet pétale	Rivet éclaté
				
Rivet polyvalent	Rivet haute performance	Assure l'étanchéité	Répartit la charge de serrage	Rivet pour matière plastique ou caoutchouc

Clinchage

Le clinchage ou assemblage-emboutissage est une technique d'assemblage mécanique de tôles métalliques minces



Principe

Le principe de base est de connecter deux tôles métalliques par [emboutissage](#) entre un poinçon (1), guidé par une presse (2), et une matrice (5), et éjectées par un doigt (6). Les tôles subissent localement une déformation plastique à froid, formant un point de connexion. Le formage à froid est utilisé comme technique d'assemblage

Propriétés

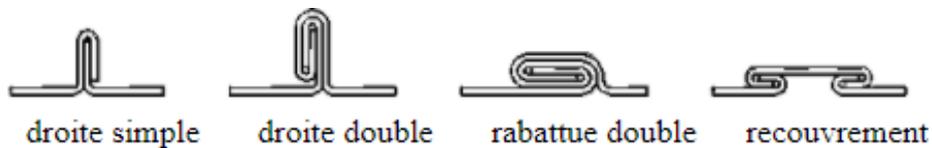
Le clinchage présente d'importants avantages :

- il ne nécessite pas d'apport de matière comme avec le [soudage](#) ou le [brasage](#) ;
- il permet l'assemblage de tôles d'épaisseurs différentes ;
- il permet l'utilisation de tôles de matières différentes (ex. aluminium et acier) ;
- il permet l'utilisation de tôle déjà peinte ou traitée anti-corrosion. Par

contre, cet assemblage n'est ni étanche ni démontable.

Agrafage

Procédé d'agrafage de tôles fortes constitué de deux ensembles séparés, complémentaires et indissociables l'un à l'autre et assemblés face à face sur un même bâti.



Les techniques et les procédés employés pour ces assemblages dits agrafages, ne sont pas valables pour l'agrafage de tôles FORTES (les tôles de plus d'un millimètre d'épaisseur et allant jusqu'à 3 millimètres. Au-delà, les tôles deviennent épaisses).

Les procédés connus d'agrafage de tôles fines (jusqu'à un millimètre, ne peuvent être employés avec une fiabilité acceptable. Dans la majorité des cas il y a rupture, d'une, voire même des deux languettes découpées qui se détachent au moment où elles sont rabattues.

Frettage

Principe:

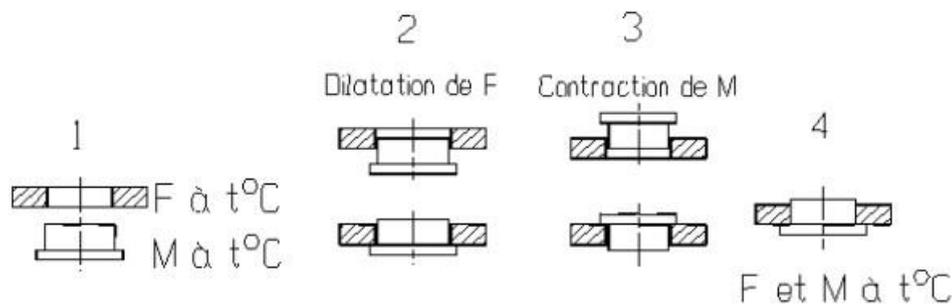
On peut obtenir le serrage d'une pièce qui en enveloppe une autre en prévoyant les dimensions internes de la

première, légèrement inférieures aux dimensions externes de la seconde.

Modalités de réalisation

On peut :

- soit chauffer la pièce externe, dont l'alésage grandira avec l'échauffement, mais se contractera lors du refroidissement, en serrant la pièce,
- soit refroidir la pièce interne (neige carbonique par exemple) dont le diamètre grandira lors du réchauffement, pressant ainsi l'alésage de la pièce externe,
- soit forcer mécaniquement (vérins et portée conique) la pièce intérieure dans la pièce extérieure.



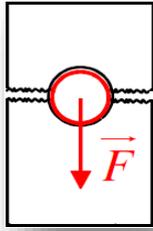
Avantages

- ✓ Une technique d'assemblage rapide, précise et démontable ;
- ✓ Permet d'assembler tout type de matériaux, même différents ;
- ✓ Autorise un transfert de charge élevé, pour des substrats épais ;
- ✓ Permet d'obtenir un assemblage de bonne conductivité électrique ;
- ✓ Mise en œuvre relativement simple.

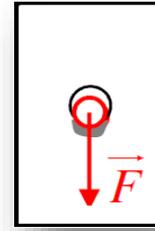
Inconvénients

- ✓ Le Boulonnage altère les substrats, du fait du perçage ;
- ✓ Forte concentration de contraintes au niveau du trou qui augmente les risques de fissures ;
- ✓ Le repérage de ces fissures n'est possible qu'une fois que leur taille a dépassé la tête de vis ;
- ✓ Ne permet pas d'obtenir des joints étanches d'où la nécessité d'ajouter du mastic par exemple ;
- ✓ Permet d'obtenir des surfaces lisses, seulement dans le cas de l'utilisation de têtes fraisées ;
- ✓ La mise en œuvre du boulonnage sur avion coûte cher du fait de la haute qualité d'ajustement et des traitements de surface à obtenir (contrer les couples galvaniques).

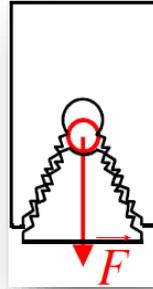
Les différents types de rupture



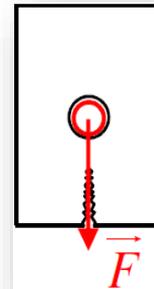
Rupture par section nette



Rupture par matage



Rupture en cisaillement



Rupture par clivage

4.3. Collage

Un collage est un assemblage de matériaux au moyen d'une colle.



Le collage des métaux a commencé vers 1942, sous l'effet de deux événements :

- la découverte des adhésifs époxydes, qui ont permis pour la première fois de réaliser des collages très solides sur métaux, grâce à leur adhérence et à leur résistance mécanique très élevées ;
- la Seconde Guerre mondiale, qui a conduit les Américains à produire en grandes séries des avions et des bateaux de guerre, et donc à rechercher des méthodes d'assemblage plus rapides que les assemblages mécaniques classiques (soudure, rivetage, boulonnage).

On s'est donc enhardi progressivement, en remplaçant des assemblages tout mécanique, par des assemblages mixtes (soudé-collé, serti-collé), puis par des assemblages uniquement collés pour des pièces secondaires.

Assemblage par collage

Principes

Le joint collé constitue essentiellement un procédé d'assemblage permettant :

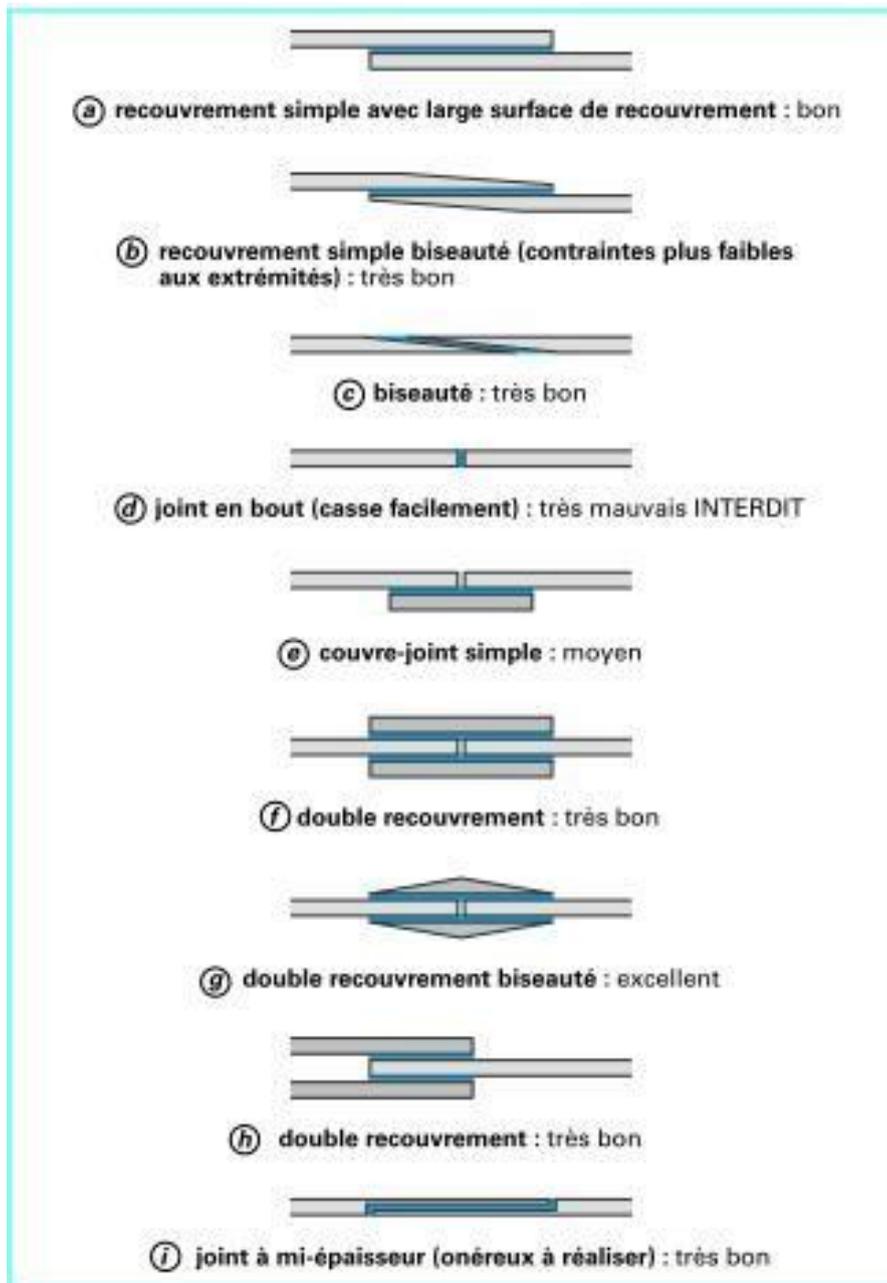
- d'alléger les structures (pas de boulons, etc),
- d'éviter les modifications structurales internes des matériaux à réunir,
- de former un joint continu, résolvant des problèmes d'étanchéité, et parfois de corrosion,

- de répartir uniformément les contraintes

La figure ci-dessous montre un certain nombre de configurations de collages de pièces métalliques et indique les avantages correspondants.

Par exemple, la figure d montre ce qu'il ne faut absolument pas faire car un tel collage en bout ne résiste pas du tout aux sollicitations mécaniques.

Certaines configurations sont particulièrement bien adaptées au collage des métaux, par exemple les pièces de révolution, complexes à réaliser par assemblages mécaniques, car elles nécessitent alors des brides et des épaulements, des frettages..., donnent automatiquement des recouvrements qui travaillent en cisaillement et en couple, qui sont les cas les plus favorables au collage, avec une grande facilité d'assemblages.

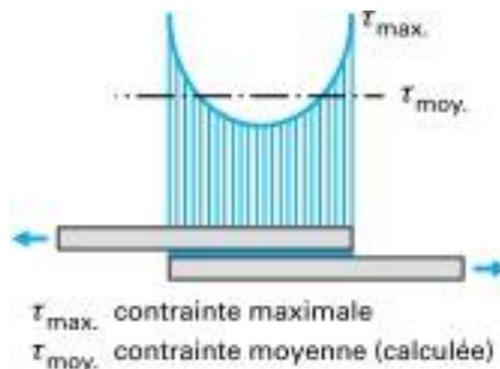


On chercha à remplacer une ligne de soudure ou une ligne de rivets par une ligne de colle, mais les adhésifs époxydes, les plus utilisés pour le collage des métaux, ne résistent pas bien au pelage ni au clivage, et on s'est donc aperçu très vite qu'il fallait concevoir spécialement les pièces collées.

En particulier, il faut que les pièces travaillent en cisaillement, et que les contraintes soient réparties sur une plus grande surface, comme le montre la figure ci-dessous.

On a donc conçu spécifiquement les assemblages pour obtenir des recouvrements de surfaces suffisamment larges afin de répartir les contraintes sur une plus grande surface et de réaliser des assemblages plus solides que les rivets, à l'endroit desquels se concentrent les contraintes.

Les assemblages collés présentent par ailleurs l'avantage d'être plus lisses, plus esthétiques et plus aérodynamiques que les assemblages rivetés ou soudés.



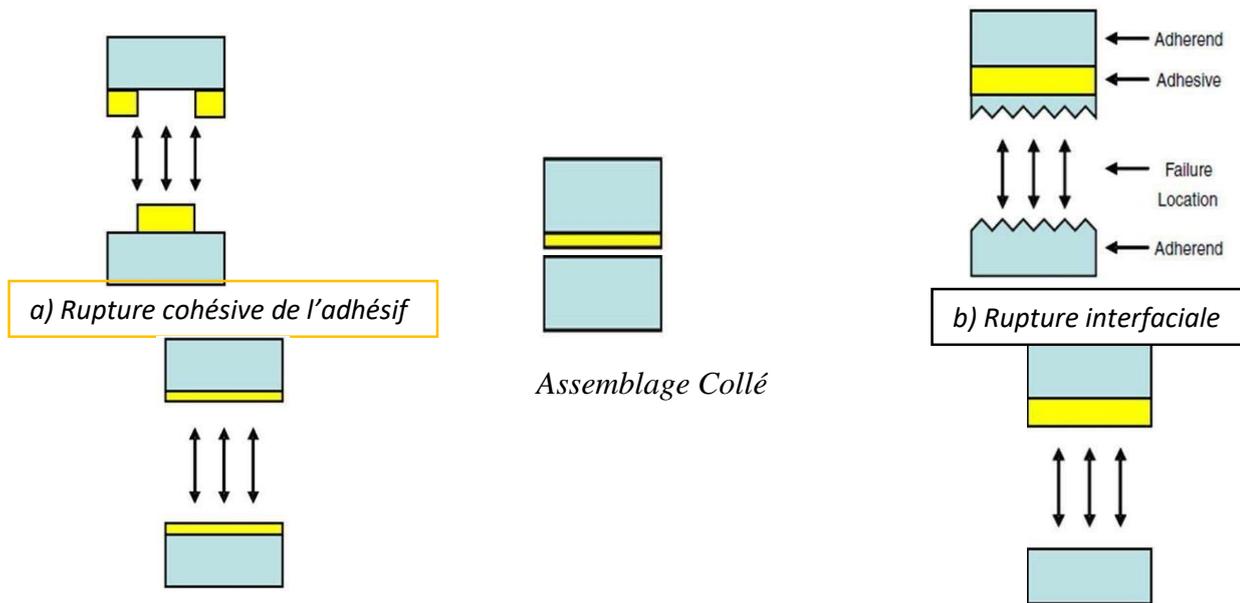
Avantages

- ✓ Une technique d'assemblage performante utilisée industries : automobile, bâtiment, électroménager, électronique, loisirs, aéronautique, mécanique ...
- ✓ Permet d'obtenir une meilleure répartition des contraintes, due au transfert de charge Continu ;
- ✓ Diminue le risque de corrosion galvanique entre deux métaux différents ;
- ✓ Permet de réduire le poids de la structure assemblée (comparée à une structure boulonnée) ;
- ✓ permet d'obtenir des structures lisses (avantage aérodynamique) ;
- ✓ permet d'assembler entre eux des matériaux différents sans précaution particulière (corrosion).

Inconvénients

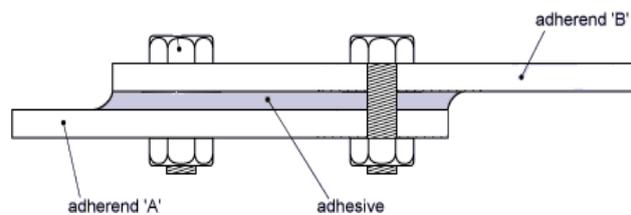
- ✗ Les colles ont une tenue limitée en température (-70°C à $+150^{\circ}\text{C}$) ;
- ✗ Résiste mal au vieillissement humide. L'humidité (dégrade aussi la résine et diminue ses performances mécaniques) ;
- ✗ Le collage exige une préparation des surfaces soignée et précise ;
- ✗ Le temps de prise des colles peut être incompatible avec les cadences industrielles ; Le
- ✗ collage ne permet pas un démontage aisé des structures assemblées ;
- ✗ Epaisseur de colle doit être maîtrisée au niveau de l'assemblage, afin de prédire la tenue de l'assemblage obtenu.

Mode de défaillance statique des joints collés



4.4. Assemblage hybrides

Un assemblage est dit hybride quand il associe deux techniques d'assemblage différentes.



La combinaison de ces deux techniques d'assemblage vise à :

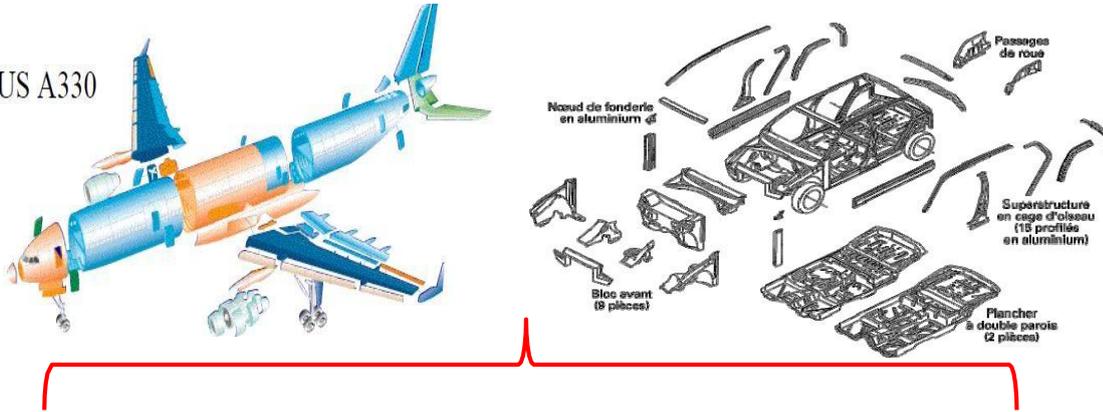
- tirer avantage d'une possible complémentarité ;
- minimiser les aspects négatifs de chacune des deux techniques.

L'association du boulonnage et du collage a pour but de :

- mieux répartir le transfert de charge d'un substrat de l'éclissage à l'autre ;
- déplacer les pics de surcontrainte afin d'utiliser l'effet bénéfique de la jonction collée sur la durée de vie ;

réduire le nombre de fixations : moins cher, moins lourd, moins long à fabriquer.

AIRBUS A330



Tirer avantage d'une possible complémentarité ;

Minimiser les aspects négatifs de chacune des deux techniques

Mieux répartir le transfert de charge d'un substrat de l'éclissage à l'autre ;

Déplacer les pics de surcontrainte afin d'utiliser l'effet bénéfique de la jonction collée sur la durée de vie ;

Réduire le nombre de fixations : moins cher, moins lourd, moins long à fabriquer.

Ce type d'assemblage associe un mode de transfert discret (au niveau des fixations) et

4.5.Soudage

De nombreuses structures comme les ponts, les réservoirs de stockage, et les bateaux etc. sont assemblées par soudage.

a) Soudage des plastiques

Une technique d'assemblage permanent qui assure une continuité de même nature par fusion des surfaces à joindre ; rapprochement, contact puis maintien jusqu'à solidification du mélange ainsi formé. Les thermoplastiques sont soudables et les thermodurcissables ne le sont pas.

b) Soudage des métaux

Une technique d'assemblage permanent qui établit la continuité métallique entre les pièces soudées. La soudure est le résultat de cette opération. La source de chaleur peut être une flamme, un plasma, un arc électrique, un faisceau d'électrons ou un faisceau laser. Dans le soudage autogène, seul le métal de

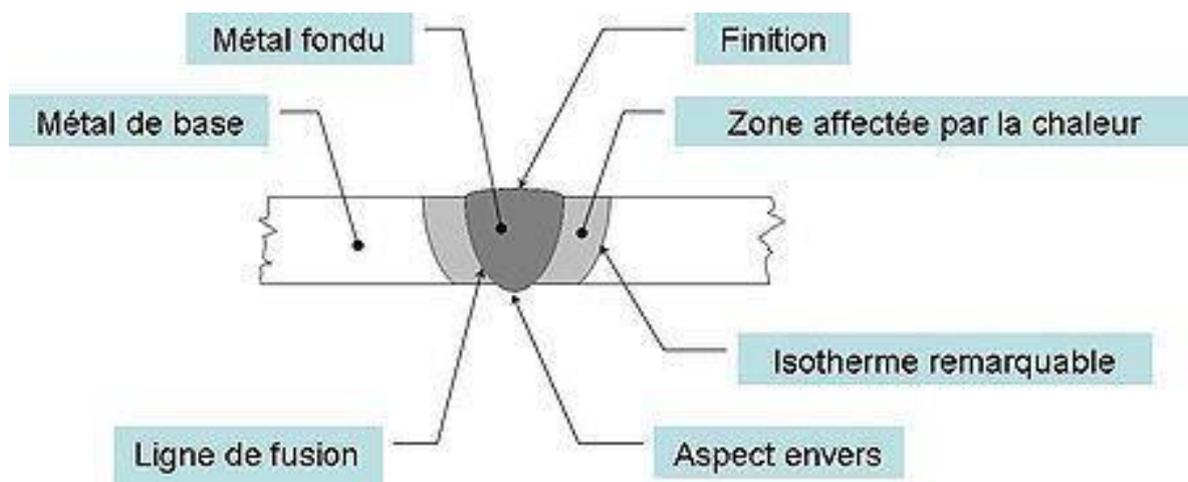
base intervient dans la formation du joint soudé. Un métal d'apport peut être utilisé. Le profil des pièces est modifié par la fusion locale. Celle-ci est suivie d'une solidification et d'une évolution microstructurale dans la zone affectée thermiquement (ZAT) au voisinage du cordon de soudure. Beaucoup de métaux sont soudables citons les aciers, le cuivre, l'aluminium, le nickel et leurs alliages.

On distingue deux types de soudures :

- 1- **Soudage homogène** : Lorsque le métal d'apport et le métal de base sont de nature identique. Dans ce procédé, le métal des pièces à assembler participe à la constitution du joint au même titre que le métal d'apport. Le métal de base se dilue dans le métal d'apport. La température de soudage est donc nécessairement supérieure à la température de fusion des pièces à assembler.
- 2- **Soudage hétérogène** : Lorsque le métal d'apport et le métal de base sont de nature différente. Dans ce procédé, les pièces à assembler ne sont pas portées à la température de fusion.

Les zones de soudure :

La soudure ainsi réalisée, se décompose en plusieurs zones :



- 1- **La zone fondue (ZF)** : une zone de dureté élevée.
- 2- **La zone affectée thermiquement (ZAT)** : zone se trouvant en bordure de la zone fondue, ayant été soumise à l'élévation de température sans être portée à la fusion. Des modifications générées importantes menant à sa fragilisation.
- 3- **La zone de liaison** : cette zone, située à la frontière entre la zone fondue et la zone affectée thermiquement, correspond à la surface sur laquelle la solidification du métal fondu a commencé.
- 4- **Le métal de base** : au-delà de la zone affectée thermiquement (ZAT), l'élévation de température est insuffisante pour engendrer une quelconque transformation structurale. Cette zone est aussi dite non affectée.

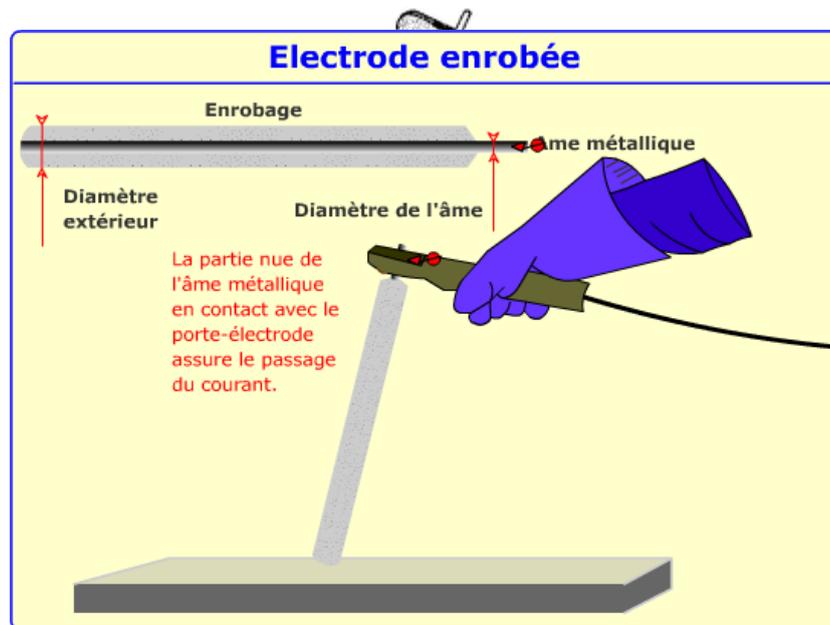
Procédés de soudage

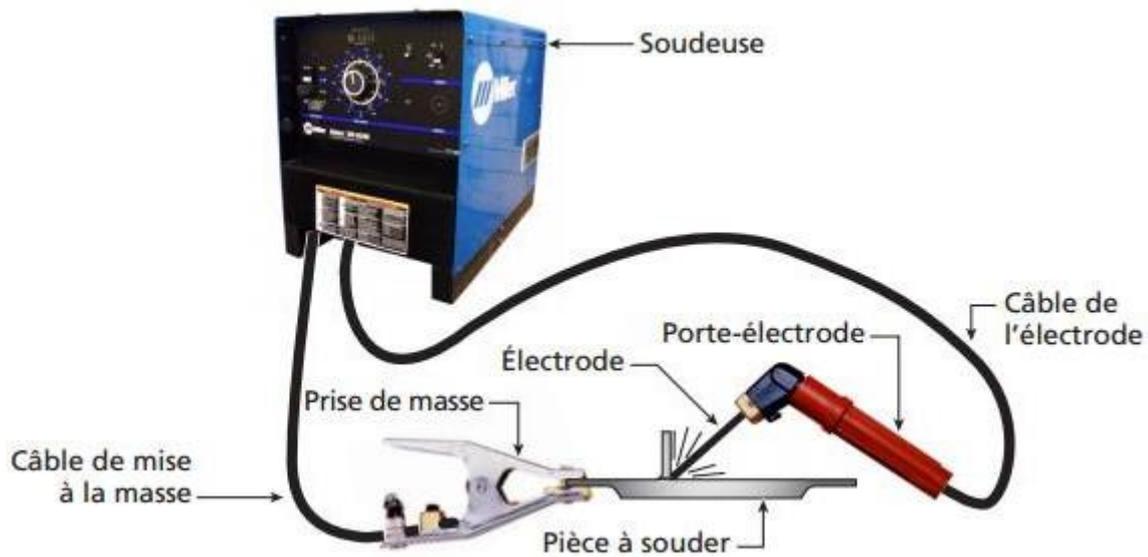
Il existe plusieurs types de soudage caractérisés par le type de source d'énergie pour réchauffement et par l'état du métal à l'endroit du soudage.

a) Soudage à l'arc

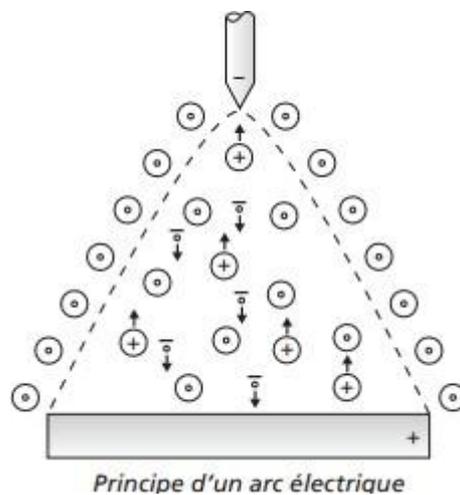
Le plus utilisé des procédés de soudage est le soudage à l'arc : Le terme « soudage à l'arc » définit un procédé de soudage par fusion des bords et addition d'un métal d'apport (souvent contenu dans l'électrode). La chaleur de l'arc peut varier entre 3500° et 5550° . Le métal de base est fondu avec le métal d'apport, ce qui crée le bain de fusion.

Lors du soudage à l'arc, le courant circule à travers un conducteur qui relie le poste de soudage à l'électrode. Un arc électrique est établi en traversant l'espace libre entre l'électrode de métal d'apport et les pièces à assembler, puis il poursuit sa course en passant par le câble de masse pour retourner au poste de soudage. L'électrode est revêtue d'un flux qui fond et forme une couche protectrice sur le métal en fusion.





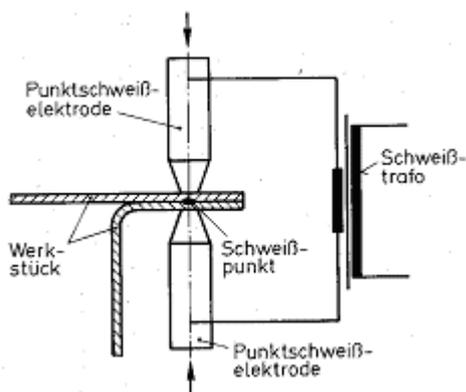
Un arc électrique est donc un gaz ionisé dans lequel circule un courant électrique



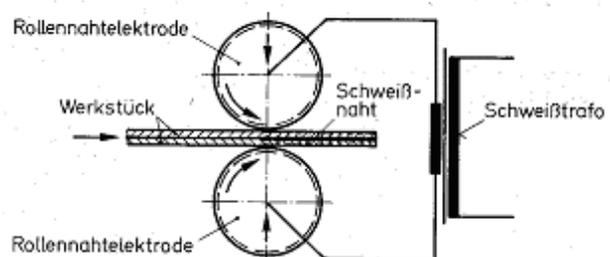
Soudage par pression

Le soudage par pression est un procédé dans lequel on obtient en général sans métal d'apport, par l'application d'une pression suffisante pour obtenir une liaison atomique de la zone de soudage.

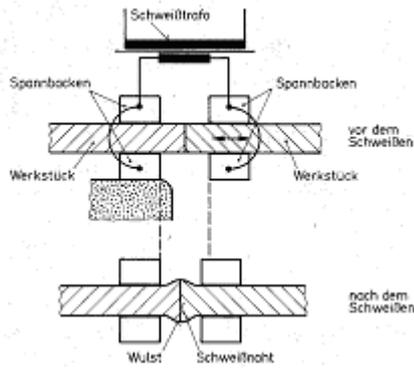
SOUDEGE PAR POINTS



LE SOUDAGE PAR MOLLETES



LE SOUDAGE EMBOUT PAR FORGEAGE



Soudage par fusion

Sous l'action de la chaleur des bords du métal sont fondus et établissent une liaison entre eux ou encore avec un métal d'apport, ainsi formant le bain de fusion, lequel après solidification constitue la soudure.

