



Université de Relizane
Faculté des Sciences et Technologie
Département de Génie Mécanique
-2021/2022-



Technologie de Base
2^{ème} Génie Mécanique
Cours 12

Chapitre IV : Assemblage des matériaux (suite)

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

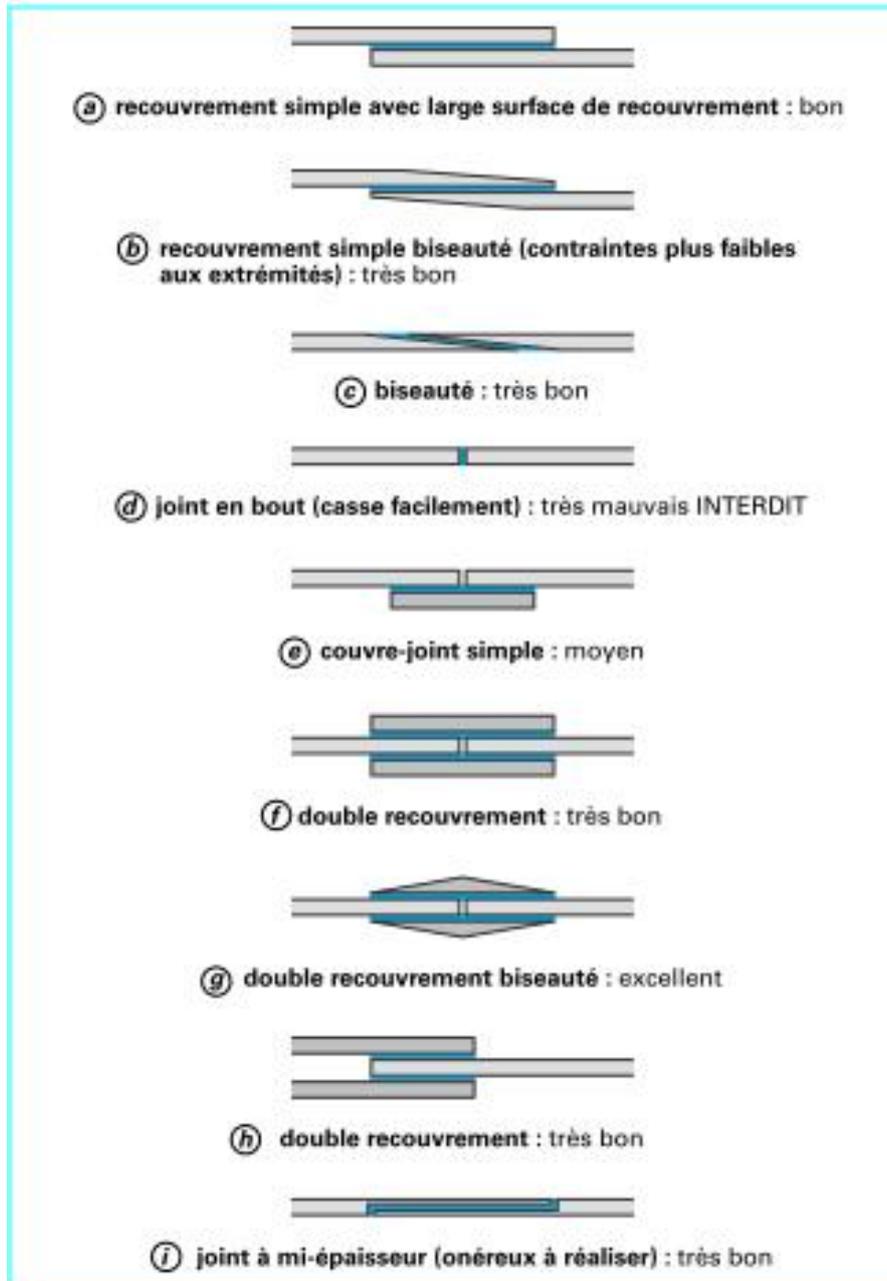
Le joint collé constitue essentiellement un procédé d'assemblage permettant :

- 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.

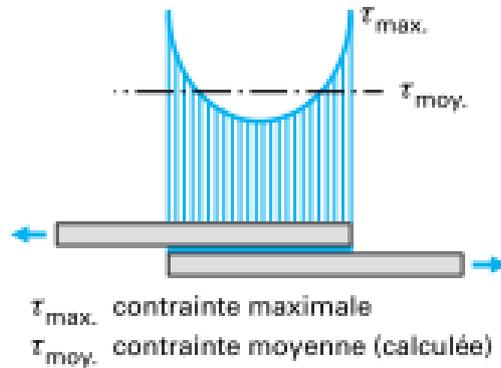


On chercha à remplacer une ligne de soudure ou une ligne de rivets par une ligne de colle, mais les adhésifs époxydes, les plus utilisés pour le collage des métaux, ne résistent pas bien au pelage ni au clivage, et on s'est donc aperçu très vite qu'il fallait concevoir spécialement les pièces collées.

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.



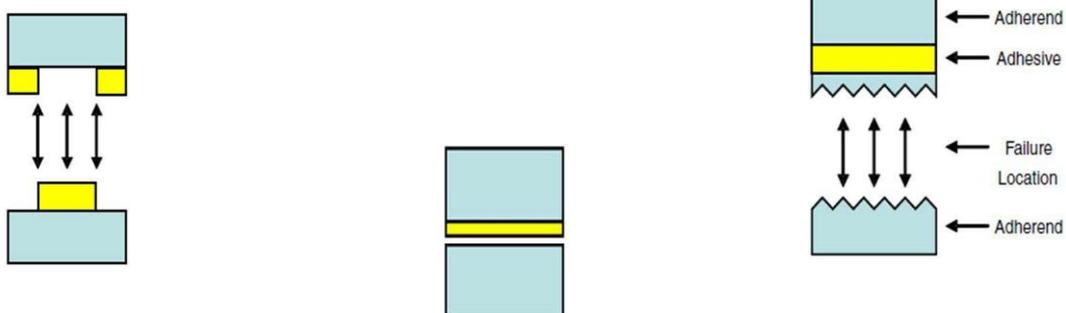
Avantages

- ✓ 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

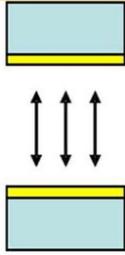
- ✗ Les colles ont une tenue limitée en température (-70°C +150°C) ;
- ✗ Résiste mal au vieillissement humide. L'humidité (dégrade aussi la résine et diminue ses performances mécaniques) ;
- ✗ Le collage exige une préparation des surfaces soignée et précise ;
- ✗ Le temps de prise des colles peut être 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

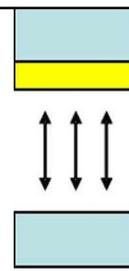


Assemblage Collé

a) Rupture cohésive de l'adhésif

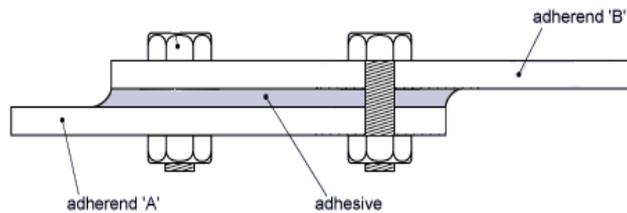


b) Rupture interfaciale



4. Assemblage hybrides

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



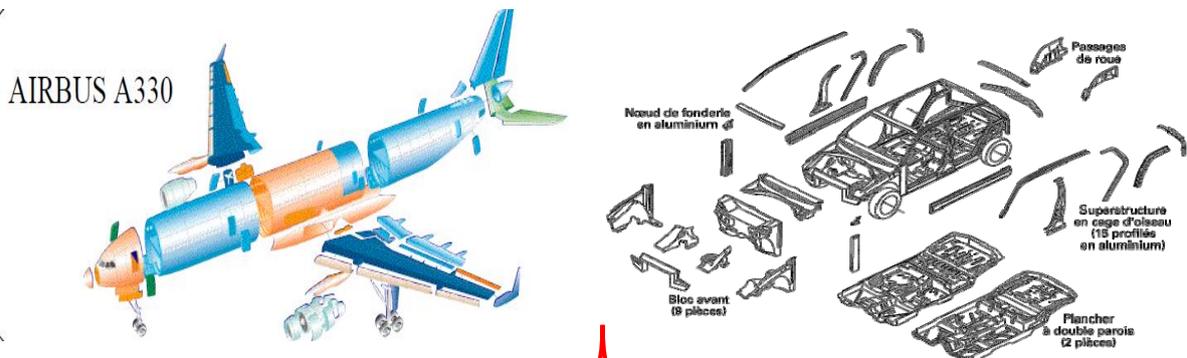
La combinaison de ces deux techniques d'assemblage vise à :

- 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.



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 ;

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.

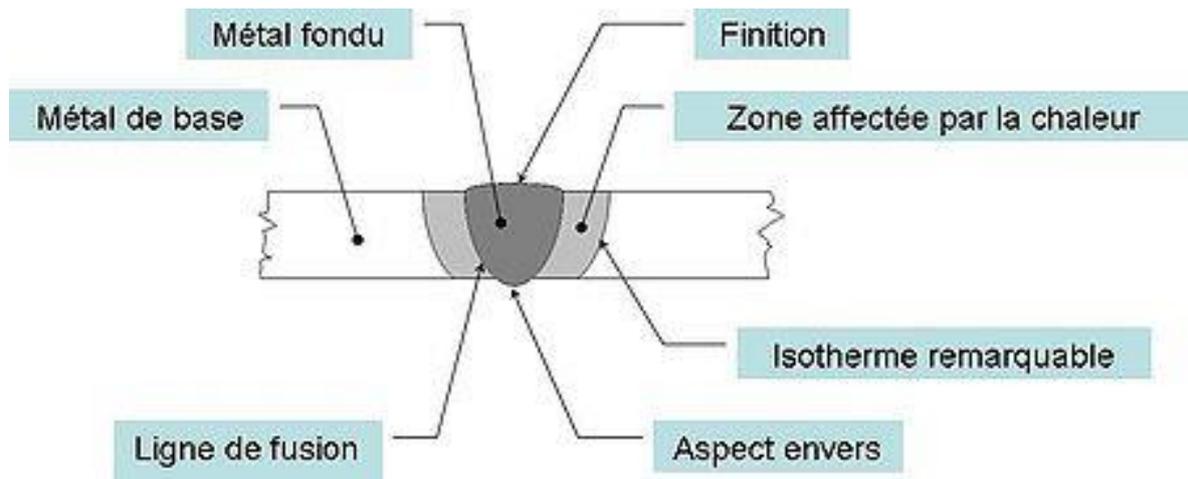
On distingue deux types de soudures :

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.

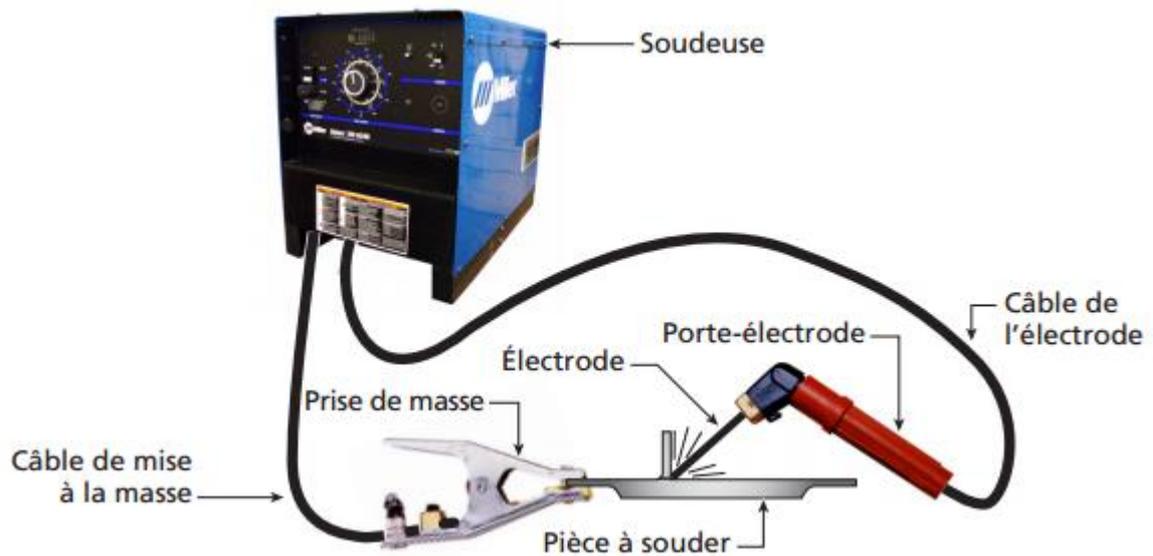
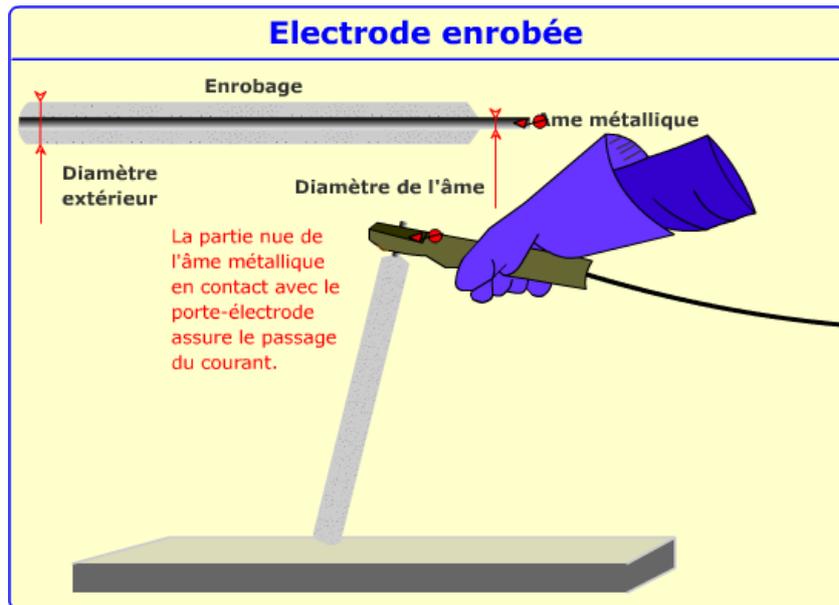
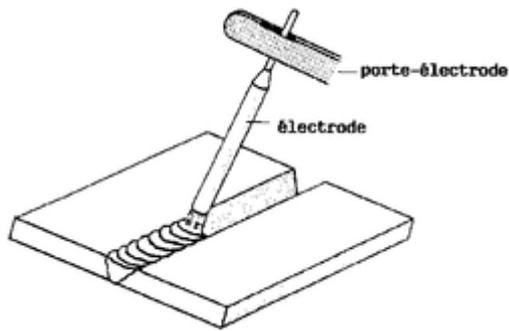
Procédés de soudage

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.

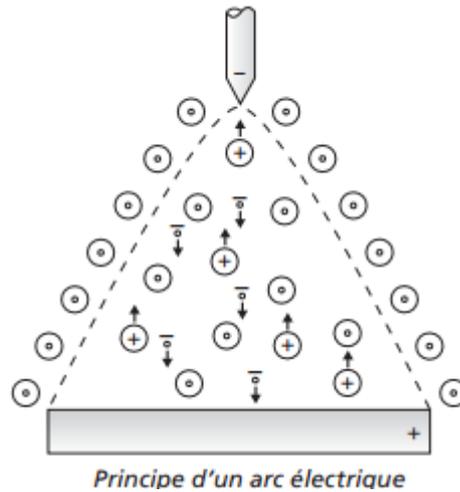
a) Soudage à l'arc

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.



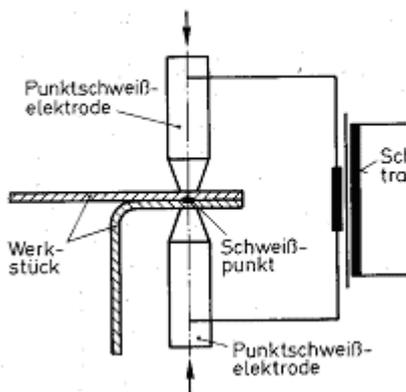
Un arc électrique est donc un gaz ionisé dans lequel circule un courant électrique



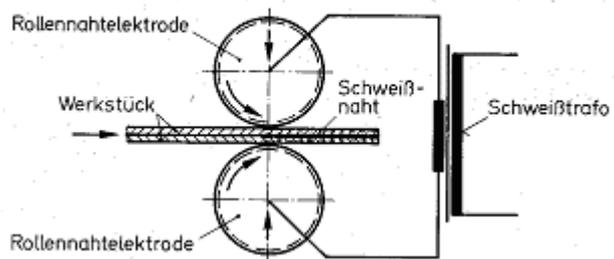
Soudage par pression

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.

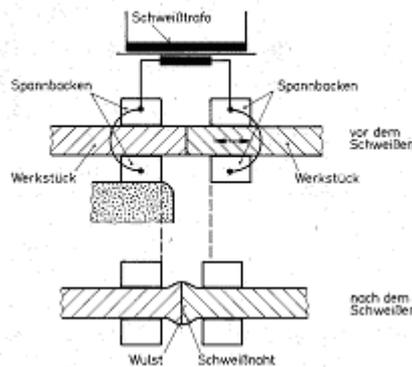
SOUDEGE PAR POINTS



LE SOUDAGE PAR MOLLETES

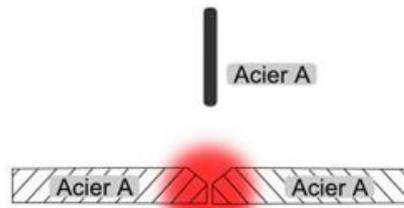


LE SOUDAGE EMBOUT PAR FORGEAGE

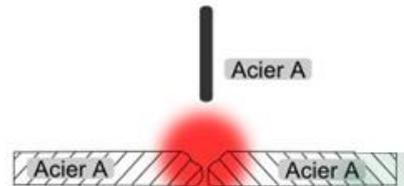


Soudage par fusion

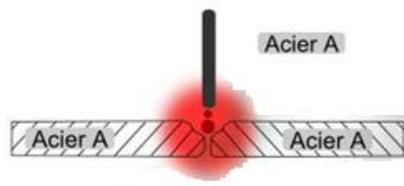
Sous l'action de la chaleur des bords du métal sont fondus et établissent une liaison entre eux ou encore avec un métal d'apport, ainsi formant le bain de fusion, lequel après solidification constitue la soudure.



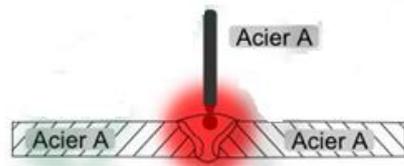
1/ Chauffage des métaux de bases



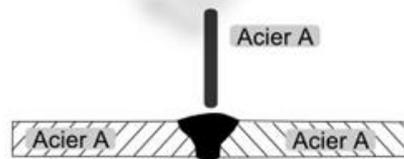
2/ Fusion des bords



3/ Fusion du métal d'apport et maintien en t°C des métaux de bases.



4/ Avance de soudage pour réaliser la longueur du cordon.



5/ Refroidissement et recristallisation des 3 métaux soudés.