

## Avant-propos

# Le soudage, liaison permanente entre deux corps solides

C'est une longue histoire que celle du soudage ! Né à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle dans l'esprit des scientifiques, il est passé rapidement dans la main des techniciens, tout d'abord avec la technique oxyacétylénique, puis avec celles du soudage à l'arc et du soudage par résistance. D'autres procédés, nous ne les citerons pas tous dans cette introduction, sont arrivés ensuite et le XX<sup>e</sup> siècle s'est terminé avec le soudage laser né dans les années 1980.

Il n'en reste pas moins que le soudage n'est vraiment devenu majoritaire comme procédé d'assemblage que depuis les années 1950, le rivetage étant le procédé d'assemblage le plus employé jusque-là.

En fait, après avoir été quelque peu délaissé par les scientifiques, ceux-ci ont repris la main dès les années 1930. En France, à l'époque, Albert Portevin exposait *Les bases scientifiques de la soudure autogène* et un enseignement de troisième cycle débutait en 1931 à l'Institut de soudure. Toujours dans les années 1930, des ruptures de ponts impliquaient des structures soudées, notamment en Allemagne et en Belgique, puis pendant la seconde guerre mondiale survenaient les cassures de Liberty Ships construits en grand nombre grâce à la technique du soudage. Plus tard, d'autres ruptures catastrophiques ont affecté des appareils à pression. C'est dans ce contexte qu'après la guerre, en 1948, est né l'Institut international de la soudure (IIS/IIW). Il répondait au besoin de collaboration internationale, notamment en termes de sécurité et de recherche, exprimé par les différents instituts nationaux et par tout le monde de la soudure, des scientifiques aux utilisateurs. Aujourd'hui, en 2001, l'IIS/IIW en est à sa cinquante-quatrième assemblée annuelle : seize

commissions, des sous-commissions et des groupes d'études couvrent l'ensemble du domaine du soudage, de la conception à la tenue en service et à la sécurité, en passant par l'enseignement et la recherche. C'est dire l'importance de cette collaboration et la richesse de sa production.

La soudure peut être considérée, de même que la langue d'Esopé, comme la meilleure et la pire des choses ! Elle permet en effet de lier quasiment tous les matériaux, des matériaux métalliques jusqu'aux matières plastiques, à l'aide d'une forte continuité qui ne rime d'ailleurs pas avec homogénéité. Les procédés, et donc les possibilités, sont très nombreux en fonction des types d'assemblages à réaliser, des propriétés requises et, évidemment, des contraintes économiques à respecter. En même temps, la soudure peut être considérée comme le maillon faible de la plupart des constructions car c'est souvent par elle qu'arrivent les difficultés. Dans les exemples cités ci-dessus – ponts, Liberty ships, appareils à pression – c'est bien la soudure qui, à chaque fois, est mise en cause – souvent, il faut l'ajouter, liée à un métal de base dont la résistance à la rupture brutale est insuffisante.

Les phénomènes mis en jeu lors du soudage sont très nombreux et complexes. En particulier, l'influence de cycles thermiques extrêmement rapides et à haute température sur les propriétés physiques, métallurgiques et mécaniques des matériaux soudés exige toujours plus de connaissances.

Aucun livre en français ne traite globalement de la soudure à ce jour. Le livre d'Henri Granjon (la deuxième édition date de 1995) donne les *Bases métallurgiques du soudage*, d'autres sont plus spécialisés dans certains des domaines du soudage ou pour des matériaux spécifiques.

La multiplicité des connaissances, tant scientifiques que techniques, qui sont à mettre en œuvre nous a conduit, pour la réalisation de cet ouvrage, à privilégier le recours à des auteurs multiples se partageant la tâche. L'inconvénient en est bien sûr une certaine hétérogénéité entre les différents chapitres, ainsi que le risque de quelques redites. Par contre, elle en fait également la richesse, puisque ce livre rassemble les contributions de nombreux spécialistes français reconnus dans leur domaine respectif. Il présente en deux tomes un ensemble aussi complet que possible sur les connaissances disponibles aujourd'hui sur le soudage, sans bien sûr prétendre être exhaustif (par exemple, il ne sera pas question du soudage des plastiques).

Dans ce premier tome, qui traite de *Métallurgie et mécanique du soudage*, les deux premiers chapitres présentent l'ensemble des procédés de soudage, depuis les procédés classiques avec et sans métal d'apport, avec et sans action mécanique, jusqu'aux procédés récents à haute énergie, faisceau d'électrons et laser. Le chapitre suivant traite de l'ensemble des phénomènes thermiques, métallurgiques et

mécaniques, qui surviennent dans la zone affectée par la chaleur du matériau de base (ZAC ou ZAT).

Sont présentées les transformations de phase, lorsqu'elles ont lieu, avec toutes leurs conséquences sur les structures et leurs propriétés, ainsi que les phénomènes de fissuration, en particulier la fissuration à froid que l'on retrouvera souvent au cours de ce livre.

Le chapitre 4 est de même nature, mais il concerne la partie métal fondu de la soudure, avec d'autres phénomènes de fissuration mis en jeu.

Les différents types de produits d'apport sont ensuite abordés, en fonction des procédés mis en œuvre. Les progrès réalisés dans la fabrication de ces produits afin d'améliorer les propriétés des soudures et la résistance à la fissuration sont mis en évidence.

Les deux chapitres 6 et 7 illustrent les problèmes de rupture en service des constructions soudées, l'un sous l'aspect de la résistance à la fatigue, avec les solutions proposées tant pour les matériaux que pour le parachèvement des soudures, l'autre sous l'aspect de la rupture fragile avec, après l'exposé des méthodes d'évaluation de la ténacité et de l'évolution de la nocivité des défauts, des propositions quant à la qualité du matériau de base, la qualité du métal d'apport et l'importance des conditions de soudage.

Faisant suite à ce tome consacré aux aspects généraux du soudage, un second est consacré aux *Procédés et applications industrielles du soudage*. Y sont analysés successivement : le soudage des tôles minces en acier, nues et revêtues, principalement utilisées dans le marché de l'automobile ; le soudage des pièces en acier des organes mécaniques dans l'industrie automobile ; le soudage des constructions métalliques ; le soudage des appareils à pression, à partir de l'exemple des gros composants des chaudières à eau pressurisée de l'industrie nucléaire ; le soudage des aciers inoxydables ; le soudage des alliages d'aluminium. Un chapitre est également consacré aux évolutions de la normalisation en soudage sous l'aspect de l'organisation générale de la qualité et des normes de contrôles non destructifs.

Nous tenons à remercier l'ensemble des auteurs qui ont accepté de contribuer à cet ouvrage et notamment ceux qui travaillent dans l'industrie et ont bien voulu prendre sur leur temps libre afin de contribuer à cette synthèse des savoir-faire et recherches en cours dans les différents domaines du soudage.