

CHAPITRE -- IV --

POSE DES CANALISATIONS

IV .1. Critères de choix des canalisations

Lors d'une conception, renouvellement et pose des canalisations, on s'attachera à utiliser des matériaux adéquats en apportant un soin particulier au choix des conduites.

La nature du revêtement interne et externe choisi, en particulier et de sa conformité sanitaire interne à la qualité des eaux et de compatibilité avec les caractéristiques de l'eau, sa résistance aux agents externes liés aux problèmes de corrosions du sol. Il doit répondre aux critères suivants pour qu'il puisse préserver la qualité de l'eau véhiculée :

- étanche à l'eau ;
- faible rugosité ;
- faible porosité ;
- forte compacité ;
- résistant à l'abrasion ;
- aux types du sol et de sa consistance ;
- Nature du milieu traversé (saturé ou sec).

Il faudra vérifier si l'eau véhiculée n'est pas agressive aux conduites, pièces spéciales (tel que le Té, coude..., joints et autres équipements).

L'opérateur peut orienter le choix du matériau vers un choix technique et économique et de la disponibilité sur marché national.

IV .1.1. Choix des canalisations en fonction du liquide transporté

L'eau est l'élément véhiculée dans les réseaux présentent des caractéristiques physicochimiques très différentes. Deux principaux types d'eaux sont à prendre en compte :

- Les eaux corrosives pouvant attaquer le métal non revêtu ;
- Les eaux agressives envers les matériaux à base de ciment.

IV .1.2. Choix des canalisations en fonction du type de sol

Un revêtement extérieur a pour fonction d'assurer une protection durable contre la corrosivité des sols.

Afin de pouvoir déterminer le tuyau adapté a un type de sol défini, une étude préalable sur la corrosivité/ agressivité du terrain est conseillée.

On peut distinguer en première analyse les terrains suivants :

- 1- A faible risque : sables et graviers, matériaux d'empierrements et les calcaires.
- 2- A risque élevé : marnes et argiles.
- 3- A risque très élevé : gypse, pyrite et combustible.

❖ Pose des conduites

Dans la plupart des agglomérations, les conduites sont posées en terre, sous trottoir afin d'éviter les trépidations dues à la circulation des véhicules. Quand la voie n'est pas importante, une conduite unique dessert les abonnés situées de chaque côté, les branchements des immeubles présentent donc des longueurs nettement différents. Dans le cas d'une rue importante, une canalisation est posée sous chaque trottoir et les branchements sont relativement courts et ne traversent pas la chaussée.

La pose des canalisations d'assainissement s'opère de l'aval en direction de l'amont (c'est le contraire quand il s'agit de conduites de distribution d'eau potable). L'emboîtement est dirigé vers l'amont. Les tuyaux sont posés sans brutalité sur le fond des tranchées et ne doivent pas être roulés sur des pierres ou sur un sol rocheux. On doit utiliser des chemins de roulement en bois.

A chaque arrêt du travail, les extrémités des tuyaux non visibles en cours de pose sont provisoirement obturées pour éviter l'introduction des corps étrangers.

Les tuyaux posés dans la tranchée sont dans le prolongement rectiligne les uns des autres ; on facilite leur alignement au moyen de cales provisoires en bois.

En vue de pose correcte en terre des canalisations d'eau en fonction de la présence éventuelle de canalisation d'autre nature peuvent être rencontrée dans le sous sol d'une agglomération, il est prudent de respecter les distances minimales ci-après en génératrice les plus rapprochées des deux natures de conduites :

Entre conduite d'eau et conduite de gaz 0.5 m.

Entre conduite d'eau et câble électrique 0.2 m.

Par ailleurs, la distance entre la génératrice la plus rapprochée et l'axe d'une plantation d'alignement sera de 1.50 m au minimum.

Les tracés comportant un profil horizontal seront évités, on substituera à celui-ci un profil comportant des montées lentes (pente 0.002 – 0.003) et des descentes rapides (0.004 – 0.006).

IV .1.3. Cas particulier de pose en terre

Lorsque la conduite travers des terrains marécageux, tourbeux, il faut prévoir des travaux confortatifs en conséquence pour éviter tout mouvement ultérieurs des tuyaux suivant les circonstances, on peut prévoir sous le tuyau une semelle continue en béton armé enserrant la conduite sous un angle de 90°.

De même les tuyaux reposent sur des tasseaux en béton dans lesquels des pieux seront noyés, pieux en chêne, battus au préalable jusqu'au bon sol.

IV .1.4. Pose de conduite en fonte ductile ou acier au voisinage des points sensibles

Au voisinage des points sensibles énumérés ci- après :

- Vingt mètre de part et d'autre de croisement d'une nouvelle conduite en fonte ductile ou acier avec une canalisation protégée cathodiquement ou ligne de chemin de Fer.
- L'aplomb de croisement de lignes aériennes à haute tension.

IV .1.5. Pose des canalisations en élévation

Quand les tuyaux sont placés dans une galerie ou en caniveau d'ouvrage d'art ou en élévation, ils reposent sur des tasseaux ; ils sont en outre, s'il y'a lieu, retenus par des colliers, des berceaux ou des consols.

Les pièces mécaniques reçoivent un revêtement protecteur avant la pose dont elles assurent le maintien. Dans les lieux humides, la protection est assurée par un revêtement épais à base de goudron ou de bitume. Et dans les autres locaux, par l'application de trois couches de peintures anti rouille.

Dans le cas des canalisations exposées aux intempéries, il convient de procéder au calorifugeage des conduites ; le matériau employé à cet effet doit offrir toute les qualités d'imputrescibilité, d'isolation et de résistance.

Lors de la pose des canalisations en aériennes, les éléments suivants doivent être prévus :

- Un support pour tuyau.
- Un berceau d'appuis ($\theta = 120^\circ$).
- Un collier de fixation d'une protection en élastomère.

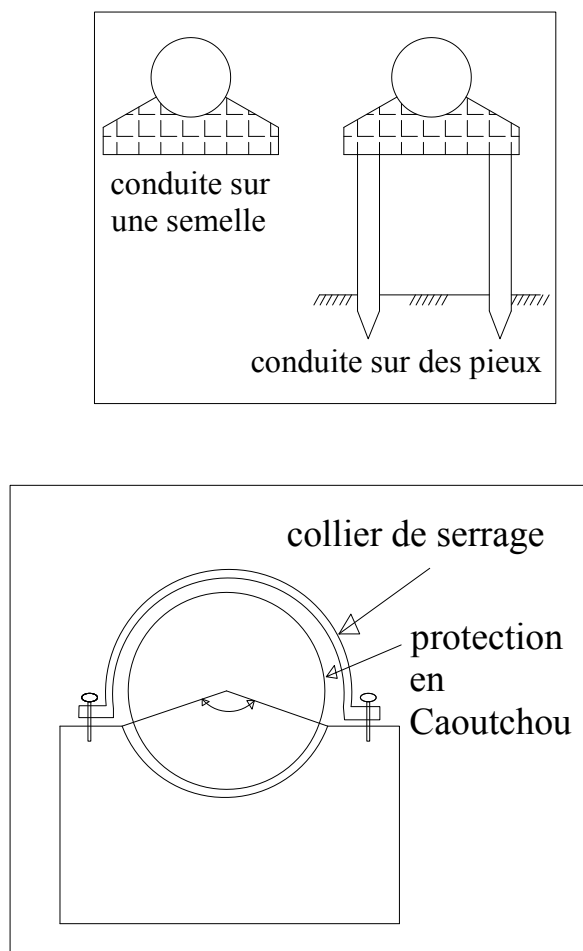


Figure 9 : Mesures de protections des conduites

IV .2. Terrassement pour canalisations

Le fond de la tranchée est purgé des pierres qui pourraient s’y trouver ; il est convenablement dressé. La profondeur de cette tranchée est déterminée de façon qu’une distance suffisante soit ménagée au dessus de la génératrice supérieure du tuyau pour éviter les dégâts qui pourraient être causés par le gel. Cette distance varie de 0.6 à 1.2 m selon que les régions.

Le fond de fouille est ensuite recouvert d’un lit de pose de 0.15 m à 0.2 m d’épaisseur bien pilonné et bien nivelé suivant les cotes du profil en long.

Ce lit de pose est constitué :

- Par gravier, dans les terres ordinaires ;
- Par de la pierre cassé à l’anneau de 5 cm pour former drains dans des terrains imperméables ou rocheux.
- Par un lit de béton maigre dans les parties rocheuses très en pente

❖ Cas des conditions atmosphériques

Quand se on trouve en présence d'un terrain sensible à l'eau, (marnes, schiste, argiles...), la finition d'un fond de fouille doit intervenir peu de temps avant l'exécution des soutènements ou des fondations. Il faut couler, au moins, le béton de propreté dans les heures qui suivent la découverte du terrain, sous peine de voir les sols se détremper sous l'action de la pluie, éventuellement gonflée, se soulever dans certains cas.

IV .3. Remblais pour canalisations

- a) L'enrobage des tuyaux circulaires ou ovoïdes jusqu'à la hauteur du diamètre horizontale et jusqu'au rien pour les tuyaux ovoïde ; l'assise et l'enrobage conditionne la bonne tenue de la canalisation ; le matériau utilisé est poussé et damé à la main sous les flancs de la canalisation.
- b) Ensuite, on poursuit le remblaiement et le damage, par couches successives, systématiquement et uniformément jusqu'à une hauteur de 0.10 m au dessus de la génératrice supérieure de l'assemblage de façon à parfaire l'enrobage. la qualité du matériau employé à la constitution du lit de pose et du calage.
- c) A partir du 0.10 m de hauteur, le remblaiement poursuivi à l'aide d'engins mécaniques avec la terre des déblais purgée des éléments, pierres supérieures à 30 mn ; l'ensemble est légèrement damé. Cela est acceptable dans la situation ou la tranchée est ouverte dans un terrain de culture.

Au droit ou au long des canalisations rencontrées, le remblaiement fait l'objet de soin spéciaux pour éviter toute rupture ou toute dommage éventuel à ces canalisations. On peut ajouter que, chaque fois que les sols et les matériaux de remblais s'y prêtent, le remblaiement hydraulique est intéressant et permet de rendre cette opération plus efficace.

❖ Problèmes de tassement des remblais

L'établissement des remblais dans les fouilles permet de réduire les coefficients de tassement.

Une longue pratique des travaux permet de fixer les coefficients de tassement sous l'effet des surcharges comme suit :

- Sable et gravier 10 % approximativement de tassement ;
- Déblais secs, sable et gravier : 8 % approximativement de tassement.

Devant cette situation, le chargé de la réalisation doit assurer convenablement l'entretien des tranchées.

IV .4. Manutentions des canalisations

- 1- Inventorier les moyens de manutention mécanique adaptés à la configuration du chantier.
 - 2- Prévoir l'organisation de la manutention sur le site ou sur le chantier depuis la livraison jusqu'à la mise en œuvre.
 - 3- Déterminer et respecter les cheminements horizontaux et verticaux en fonction de la configuration du chantier, des charges à déplacer ; tenir compte de la circulation des véhicules et engins, de la présence de machines, des zones de survol des appareils de levage... Ces cheminements doivent en outre être reconnus à l'avance, balisés et maintenus débarrassés des obstacles ou matériaux.
- 1- Aménager les postes de travail, de stockage et les circulations en vue de faciliter les tâches de manutention et de diminuer la pénibilité.

IV .5. Technique de pose et d'assemblage des canalisations

Les techniques d'assemblage des conduites plastiques sont principalement électrosoudage et le soudage bout à bout.

IV .5.1. Technique de l'électrosoudage

Cette technique est fiable est très bien connue, elle consiste pour l'essentiel à joindre des tubes à l'aide d'un manchon ou d'une prise de déviation électrosoudable comportant une nappe chauffante constituée d'un enroulement métallique apportant par l'effet de joule l'énergie nécessaire pour générer la fusion et l'inter diffusion des macromolécules des polyéthylène. Cette technique possède un avantage majeur de pouvoir être assemblée par des techniques de fusions efficace et facile à mettre en œuvre et également possède un inconvénient majeur d'être coûteuse pour les grandes diamètres pour les quels le prix des pièces de connexion peut être élevé.

IV .5.1.1. Avantages de l'électrosoudage :

- Il permet le raccordement de tube de diamètres égaux ou différents.
- les raccords sont des pièces en PEHD munies d'une résistance sur la surface interne du raccord qui, est en contact du tube à raccorder lors de l'assemblage.
- après nettoyage et mise en place des pièces à souder, les bornes de soudage de cette résistance sont connectées à une source d'énergie.
- équipement : un appareil de soudage et un positionneur, un grattoir, un coupe tube, du produits de dégraissage.

IV .5.1.2. Procédés de soudage bout à bout

Le soudage bout à bout est une technique d'assemblage des thermoplastiques par la fusion des extrémités de deux éléments tubulaires au moyen d'une plaque chauffante, appelée miroir. Ce procédé consiste à faire fondre la matière au niveau de la surface à souder (figure1), à mettre en contact les parties fondues pour en assurer le mélange intime et à laisser refroidir l'assemblage ainsi constitué.

Les soudures sont caractérisées par l'apparition d'un bourrelet, ou cordon de soudure, au niveau du plan de soudage qui résulte de l'éjection latérale de la matière fondue formée à l'extrémité des tubes.

(Figure 10). Sa forme est utilisée généralement pour donner une première indication visuelle de la qualité de la soudure.

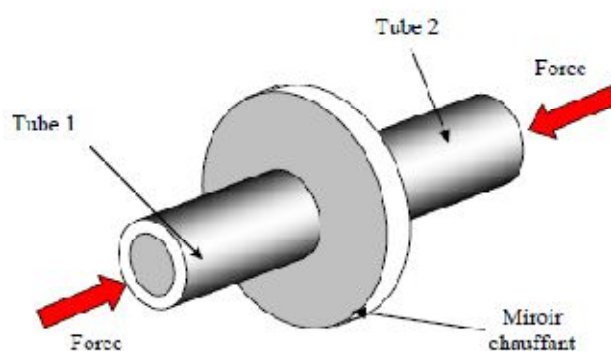


Figure 10 : chauffage des tubes lors du soudage bout à bout

IV .5.1.3. Étapes principales du soudage bout à bout

Le soudage bout à bout peut être divisé en quatre phases distinctes bien représentées sur un diagramme temps – pression – température.

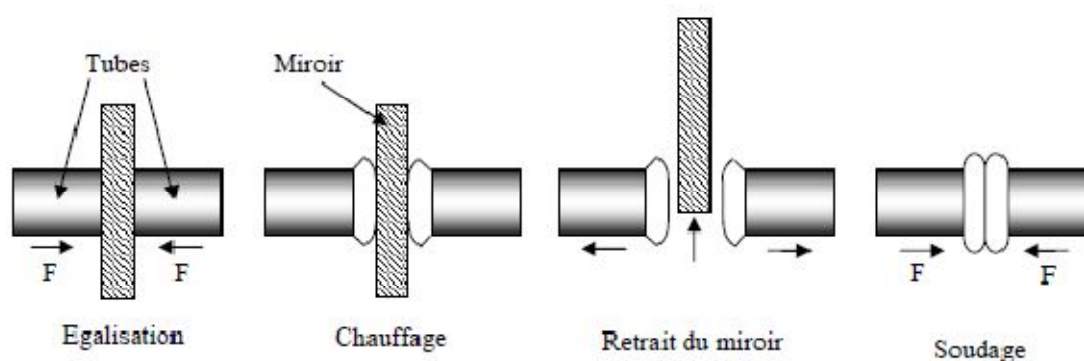


Figure 11 : Etapes du soudage bout à bout

Phase 1 : Egalisation

Cette étape a pour objectif de s'assurer que la totalité de la surface du tube est en contact avec le miroir chauffant. Les deux pièces à souder sont plaquées contre le miroir avec une certaine pression (0,18 MPa). Cette étape dure quelques secondes, le temps qu'une fine couche de polymère ait le temps de fondre. C'est ici que le cordon de soudure commence à se former.

Phase 2 : Chauffage

Les deux tubes sont laissés en contact avec le miroir mais la pression appliquée est très faible, de l'ordre de 0,01 MPa, afin de s'assurer que les tubes restent en contact avec le miroir. Cette étape a pour but l'élargissement de la couche de polymère fondu, nécessaire au soudage. Le chauffage se termine lorsque l'on considère que l'épaisseur de polymère fondu obtenue est suffisante pour former une soudure de bonne qualité.

Phase 3 : Retrait du miroir

Les tubes sont écartés du miroir afin de pouvoir le retirer. Sa durée doit être la plus courte possible pour limiter l'écoulement et le refroidissement du polymère fondu en contact avec l'air ambiant.

Phase 4 : Soudage

C'est la dernière étape durant laquelle les deux tubes sont plaqués l'un contre l'autre avec une certaine pression que l'on maintient jusqu'à ce que la soudure se solidifie. Durant cette étape, la matière s'écoule latéralement donnant la forme définitive du bourrelet.

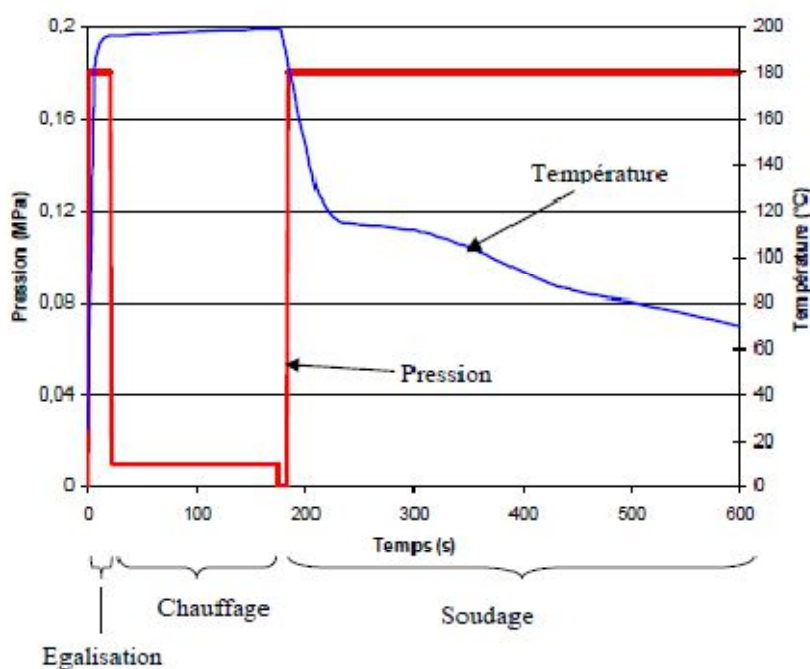


Figure 12 : Diagramme temps – pression – température

IV .5.1.4. Conditions de soudage

Le soudage bout à bout est une technique efficace dans la mesure où les conditions dans lesquelles on réalise la soudure sont adaptées. En effet, il s'agit d'un procédé sensible à différents paramètres dont les variations peuvent entraîner des différences en termes de qualité.

Les paramètres contrôlables et modifiables par le soudeur sont :

- la température du miroir chauffant ;
- la pression appliquée sur les tubes au cours de chaque étape ;
- la durée des différentes étapes de soudage (préparation, chauffage, refroidissement).

IV .5.1.5. Mesures réalisées au cours du procédé de soudage

a- Forme et évolution du bourrelet

L'allure des bourrelets formés au cours du procédé de soudage bout à bout joue un rôle très important dans l'analyse du procédé. En effet, les bourrelets sont les conséquences de l'ensemble des conditions aux limites imposées sur le tube (température, pression,...) et ils peuvent donc être utilisés pour caractériser visuellement la soudure.

Ainsi, les bourrelets obtenus avec différentes conditions de soudage ont été découpés puis polis de façon à pouvoir observer leurs formes. Par ailleurs ces coupes permettent de mesurer la largeur (l) et la hauteur (h) caractéristiques des cordons de soudure représentées sur la figure ci –après :

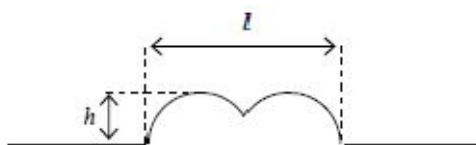


Figure 13 : Définitions de la largeur caractéristique des cordons de soudure.

La forme finale des bourrelets donne un certain nombre d'informations telles que la quantité de matière éjectée dans le bourrelet, mais elle ne permet pas de savoir comment le bourrelet s'est formé et si celui-ci est exempt de bulles ou de cavités dans sa masse. Par conséquent, l'évolution du bourrelet tout au long du soudage a été étudiée en filmant la soudure durant les différentes étapes du procédé.

b- Mesures de pression

L'intérêt des mesures de pression est bien sûr de s'assurer que la force prééglée est bien appliquée sur les tubes, mais aussi de pouvoir savoir exactement à quel moment une étape

début et se termine. En effet, chaque étape est caractérisée par une pression imposée sur les tubes.

C- Mesures de température

Généralement la température est proche de celle du polyéthylène au contact avec le miroir.

Il est important de noter que la température de la matière ne s'élève pas instantanément à la température du miroir, loin de là. En effet, la température monte rapidement à environ 190°C (en 15s) puis continue à augmenter mais avec une pente beaucoup plus faible. La température enregistrée en fin de chauffage s'élève à près de 211°C, et reste toujours inférieure à la température du miroir (220°C) montrant l'existence d'une résistance thermique de contact.

Cet écart devra être pris en compte au niveau de l'inter diffusion des chaînes macromoléculaires

IV .5.2. Technique d'assemblage soudé

Les procédés de soudage doivent assurer non seulement la fusion locale des pièces et l'apport de métal nécessaire à la création du cordon de soudure mais ils doivent aussi protéger chimiquement le cordon en fusion.

Les assemblages soudés sont obtenus par une fusion locale du métal. La fusion est une opération délicate sur le chantier, les facteurs suivants doivent être impérativement pris en compte :

- La qualification des opérateurs ;
- La nature du matériel utilisé ;
- Les conditions atmosphériques lors de la mise en œuvre.

La totalité des efforts passent par la soudure. Un défaut de soudure est donc éminemment préjudiciable et ne peut être rattrapé après coup. Le contrôle de la qualité doit être très strict.

Néanmoins les assemblages soudés présentent de nombreux avantages :

- ✓ Assemblages étanches ;
- ✓ Encombrement réduit ;
- ✓ Plus esthétiques ;

✓ Rapides à exécuter en atelier.

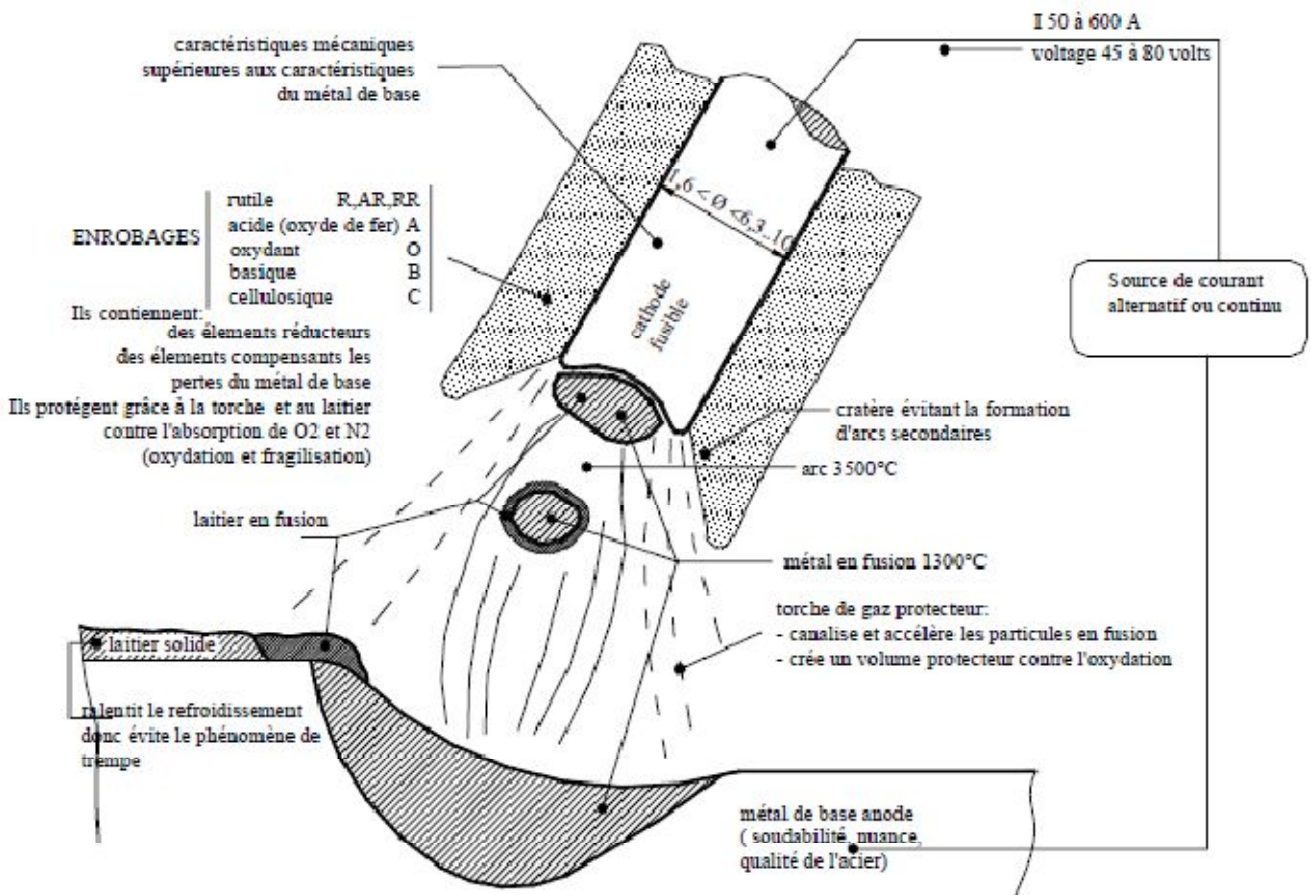


Figure 14 : Détail de la soudure.

Il existe plusieurs techniques de soudage :

- 1- Le soudage manuel à l'arc ;
- 2- Le soudage automatique sous flux solide ;
- 3- Le soudage sous flux gazeux.

Pour une opération de soudage on peut utiliser :

La soudure bout à bout et la soudure d'angle.

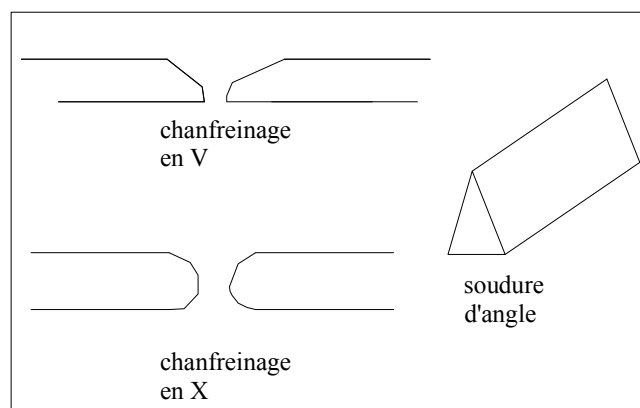


Figure 15 : Mode de la soudure.

❖ Principe du soudage

Le soudage consiste à créer la continuité de la matière entre deux pièces à assembler. Un cordon de soudure provient de la fusion d'une partie des pièces à assembler (métal de base) et d'un métal d'apport (l'électrode).

La fusion est provoquée par le passage d'un courant électrique de forte intensité entre l'électrode et le métal de base. Il y a création d'un arc électrique. (1300 °C environ) C'est une réelle continuité de la matière. Il y a interpénétration des différents métaux.

Pour le cas des conduites et les pièces spéciales en métal doit être soudable.

Le soudage des joints s'effectue, soit à l'arc électrique, soit à la chaleur oxyacétylénique, il exige une main d'œuvre spécialisé. On distingue :

- La soudure bout à bout, qui se pratique surtout sur les tubes de diamètres supérieur à 150 mm et les extrémité des tubes sont calibrées puis chanfreinées. La soudure s'effectue circulairement sur les deux extrémités que l'on rapproche jusqu'à se toucher.
- Le slip- joint, dans lequel une extrémité du tube présente un emboîtement ou vient se loger l'extrémité lisse du tube suivant. Il ne reste qu'à exécuter une soudure d'angle circulaire.

IV .5.3. Assemblage des conduites en béton

Pour le cas de ces conduites en béton ou béton armé, l'assemblage est assuré par les joints de types plastiques, à bague d'étanchéité en élastomère ou en joint au mortier ciment.

Remarques importantes concernant les joints des conduites

Les fabricants construisent les tuyaux en tronçon qu'in doit joindre bout à bout pour obtenir les conduites d'assainissements et les réseaux de distributions. Il existe quatre principaux types de joints :

Joint à brides- les joints à emboîtements- les joints mécaniques et les joints à billes.

IV .6. Essais d'étanchéité et réception des travaux

Sont concernés les tuyaux préfabriqués aussi bien que ceux construits en place. Ces essais sont exécutés sur des conduites prélevés au hasard (cas des conduites d'assainissement), à raison de cinq éléments par mot de 1000 éléments pour l'essai à l'écrasement et de dix éléments par lot de 1000 éléments pour l'essai d'étanchéité.

IV .6.1. Épreuve des canalisations et essais de réseaux

a) Les essais sont indispensables, en particulier sur les réseaux d'eau usés pour éviter, tant de polluer la nappe que de perturber gravement le fonctionnement de la station de pompage et la station d'épuration en cas de venues d'eaux extérieures.

Les épreuves sont effectuées à l'eau à une pression n'excédent pas la hauteur d'eau correspond au complet remplissage des regards ; la durée des épreuves est 30 min, les tuyaux sont disposés à plat et la pression d'essai est de 0.5 bar pour le cas des conduites ovoïdes et de 1 bar pour les autres tuyaux. Il ne doit se produire sur les tuyaux, ni aucune fuite aux joints, aux regards, les épreuves peuvent être également effectuées à la fumée, c'est le cas de canalisation de grand section.

Les sections à éprouver doivent représenter une longueur cumulée égale à 1/10 de la longueur totale de réseau.

Il existe actuellement des moyens de télévision qui permettent d'inspecter des canalisations après pose d'un détecteur immédiatement les défauts.

b) avant la réception, il est procédé à un essai général du réseau qui porte sur les conduites d'écoulement, et sur le fonctionnement d'appareillage.

c) toutes les épreuves et essais font l'objet d'un procès verbal contradictoirement entre le maître d'œuvre et l'entrepreneur.

IV .6.2. Epreuve sur les canalisations en béton :

Ces essais sont exécutés sur les conduites prélevées aux hasards à raison de 5 % de chaque type avec minimum de trois éléments, permis ces essais nous citons :

IV .6.2.1. Essai à l'écrasement

L'épreuve de l'écrasement se fait par presse automatique avec enregistrement des efforts. Ils doivent être répartis uniformément sur la génération supérieure du tuyau. La mise en charge est effectuée jusqu'à rupture par écrasement avec une vitesse de 100 DaN/m de longueur et par minute. Elle peut être directement comparée à la pression exercée par le remblai et les surcharges réelles.

IV .6.2.2. Essai d'étanchéité

L'essai d'étanchéité est obligatoire à l'usine et au chantier.

A/ à l'usine : la conduite maintenue debout (béton) remplie d'eau, la diminution du niveau d'eau ne doit pas dépasser 2 cm en 24 heures.

B/ au chantier : l'essai à l'eau pour les faibles diamètres pendant 30 min, ainsi que les joints, la pression augmentée jusqu'à 3 bars.

* essai à la fumée : en cas d'absence de vent et conduites non humide

* essai à l'air sous pression : variation de pression inférieure à 0,5 bars.

IV .6.2.3. Essai de corrosion

Corrosion chimique :

Les conduites en bétons ou en bétons armé sont les plus largement utilisées et les plus gravement corrodées par l'hydrogène sulfuré. La corrosion du béton commence par la baisse du PH superficiel suite au lessivage de la chaux en excès et à la carbonatation de la surface par le gaz carbonique.

Ce phénomène permet de développement de bactérie qui amorcent la formation d'acide sulfurique ce qui entraîne une baisse de PH superficiel du béton celle-ci permet le développement rapide de bactéries acidophiles et s'accompagne de la progression du processus de corrosion vers l'intérieur du béton.

La corrosion du béton a lieu excessivement dans les parties immergées du tuyau mais ne s'effectue pas d'une façon uniforme. Cette corrosion du béton (inégaie) est due au courant d'air dominant dans la canalisation, par le quel l'apport d'hydrogène sulfuré gazeux vers les parois ne s'effectue pas uniformément.

Dans une canalisation d'eau usée, il existe normalement outre un courant d'air dirigé vers l'aval, ne circulation d'air transversale due aux différences de température. La paroi du tuyau est généralement plus froide que l'eau ce qui entraîne u refroidissement de l'air légèrement plus chaud subit un mouvement ascensionnel suivant l'axe de la conduite. L'apport du gaz hydrogène sulfuré et donc la production d'acide sulfurique est les plus intenses, à la crête du tuyau. Dans la partie de la paroi alternativement immergée ou non, les produites pâteux de réaction d l'action sulfurique et du béton sont régulièrement emportée, et la partie restante du béton est livrée à une nouvelle corrosion par l'acide qui s'égoutte à chaque niveau minimale de l'effluent.

Une corrosion relativement profonde peut donc apparaître dans ces parties du tuyau.

IV .7. Contrôle de qualité

La qualité et sécurité des ouvrages hydrauliques exigent une vérification permanente de la bonne mise en œuvre des matériaux au fur et à mesure de la phase de la conception,

l'exécution à la phase d'exploitation. Le contrôle de la qualité du réseau et d'ouvrages annexes à partir des paramètres conventionnels, demeure essentiel.

Le maître d'œuvre est responsable du contrôle d'exécution de l'ensemble des ouvrages à réaliser. A ce titre, il doit s'assurer que l'entreprise a bien prévu les moyens nécessaires au contrôle de la qualité des matériaux et de leur mise en œuvre. A cet effet, le maître d'œuvre devra examiner régulièrement les résultats des contrôles communiqués par l'entreprise.

Sur un chantier, les contrôles portant notamment sur les matériaux, l'exécution des remblais compacts, sur les bétons des ouvrages principaux ou annexe, sur l'assemblage des conduites en matières plastique (soudage bout à bout, l'électrosoudage) ou pour le cas d'assemblages soudés et pour le cas des conduites en béton.

IV .7.1. Contrôle des matériaux et travaux de terrassements

Il appartient à l'intervenant de fournir les identifications de matériaux mis en œuvre (sable...). Les bons de livraisons délivrés sur le chantier.

Le contrôle de qualité consiste aussi de vérifier l'état des remblais, des fonds des déblais et des assises de remblai.

Sur chaque sondage et essai de contrôle doit figurer l'endroit exact du prélèvement représentatif de la couche considérée et donc du sol identifié. Les résultats sont jugés selon les normes de conformités.

On doit décrire les conditions de prélèvements notamment dans le cas des sols grossiers où l'on peut procéder sur place à un écrêtage des gros éléments dont il faut estimer le pourcentage.

On doit donner aussi des indications par exemple sur l'état d'humidité du matériaux et mieux prélever un échantillon pour mesurer de la teneur en eau en place.

IV .7.2. Contrôle de la qualité de compactage

Les essais préliminaire ayant permis de déterminer les caractéristiques de compactage, c'est-à-dire le type d'engin à utiliser la vitesse de ces engins et le nombre de passe à effectuer en fonction de l'épaisseur des couches à compacter et de la teneur en eau des matériaux, le contrôle consistera à s'assurer que ces caractéristiques sont bien respectés, il portera essentiellement sur les points suivants :

- 1- contrôle de l'homogénéité et mesure de la teneur en eau des matériaux prélevés en zone d'emprunt (cas de barrage).
- 2- Contrôle de l'efficacité de la scarification entre couche (cas des barrages).
- 3- Contrôle de la vitesse et du nombre du passage des engins de compactage.

Ces contrôles doivent effectués au moins deux fois par jours.

Le contrôle de la qualité dans la construction des remblais doit être basé sur la vérification, par inspection visuelle ou au laboratoire en tenant compte les aspects suivants:

- a. Les paramètres physico-mécaniques des zones d'emprunts et leur bonne exploitation.
- b. Les étapes de construction et sa qualité pendant la mise en place des sols dans les différentes parties de la digue (écran, noyau, tapis d'étanchéité, clé d'ancrage, recharge, drains et filtres) ou autres ouvrages hydraulique.
- c. L'uniformité de la teneur en eau et les propriétés des sols avant le compactage.
- d. Les épaisseurs des couches compactées.
- e. L'action du compacteur et les engins de transport sur la surface de construction.

À tout moment, on doit s'assurer que le remblai soit relativement homogène en obtenant des propriétés moyennes équivalentes à ceux définies par le projet. Cette évaluation visuelle ou quantitative dépendra fondamentalement de l'expérience du constructeur et doit être vérifiée par un contrôle au laboratoire et un contrôle en œuvre de tous les facteurs qui interviennent dans la réalisation.

Les résultats des inspections visuelles (contrat, cahier de charges, etc.) ainsi que les essais au laboratoire effectués, doivent être soigneusement enregistrés et conservés jusqu'à la fin de la construction et plus tard incorporés au dossier technique de l'ouvrage qui restera sous la charge de l'organisme qui exploiterait l'ouvrage.

Avant d'entamer les travaux du remblai, on recommande d'effectuer une planche d'essai qui consiste à faire, à l'aide des engins qui seront employés pour la construction de l'ouvrage, un remblai modèle du matériau d'emprunt suivant différentes épaisseurs des couches et différentes nombre de passes. À partir de l'échantillonnage, les essais de laboratoire et des résultats, on peut choisir le modèle semblable par rapport aux caractéristiques de base de la conception donnée dans le projet.

La planche d'essais devra définir, entre autres, l'épaisseur de la couche moyenne à employer, le type de compacteur, le nombre de passes ainsi que l'arrosage. Elle peut nous renseigner sur le taux d'humidité en fonction de l'état dans lequel se trouve le matériau d'emprunt, bien qu'il puisse varier en fonction du climat. La planche d'essai peut aussi être utilisé quand il y a des variations dans les paramètres physico-mécaniques des matériaux

d'emprunt pendant leurs exploitations, ou dans les cas où il est nécessaire d'exploiter d'autres zones d'emprunts non prévues au début de la construction.

❖ **Quelques essais de contrôle**

Les essais de contrôles sont des mesures de densité in- situ avec détermination de la teneur en eau, des essais granulométriques, des mesures ATTERBEG (indice de plasticité, indice de liquidité, indice de consistance et limite de plasticité).