

ÉTANCHÉITÉ D'OUVRAGES MAÇONNÉS

MASONRY WORKS WATERPROOFING

Jean-Luc MEUSY
AGRU, Rouen, France

RÉSUMÉ – L'article présente un ouvrage étanché par plaques à crampons en PEHD. Le but est de protéger le béton de l' H_2S (Hydrogène sulfuré) qui est un gaz qui corrode le béton. Il s'agit donc de protéger le ciel gazeux de l'ouvrage, à savoir : les murs, les poteaux et le plafond.

Mots-clés : Protection H_2S , plaques à crampons, ciel gazeux.

ABSTRACT – This paper presents a masonry work waterproofed by HDPE sheets with studs. The H_2S is a gas which affects the concrete. The main objective is to protect the gaseous sky of the building: the walls, the columns and the ceiling.

Keywords: H_2S protection, sheets with studs, gaseous sky.

1. Présentation des ouvrages

Ces ouvrages se situent sur le bassin d'Arcachon. Pendant la période estivale, la station d'épuration ne permet pas de traiter un volume d'eau conséquent. Le Syndicat des Eaux du Bassin d'Arcachon (SIBA) a donc décidé de créer 2 réservoirs tampons de 40 m et 60 m de diamètre, pour une hauteur de 8,50 m, soit un volume de 30 000 m³. Les ouvrages auront un toit plat en béton et seront recouverts d'une couche de terre engazonnée pour se fondre dans l'environnement.

2. Choix de la technique

Le client avait pour exigence une étanchéité lisse et sans pli afin de limiter l'accroche des impuretés et permettre le nettoyage aisé des ouvrages. La solution par membrane n'a pas été retenue à cause des problèmes de fluage, de plis et surtout le risque d'aspiration de l'étanchéité lors des arrivées et des départs rapides des effluents.

L'étanchéité en résine a été écartée car elle demandait des contraintes de mise en œuvre, notamment en hygrométrie. Par ailleurs, cette solution implique d'attendre le séchage complet du béton à 28 jours. La solution par plaques à crampons SURE GRIP et ULTRA GRIP en PEHD a été choisie car cette étanchéité est entièrement adhérente au béton, sans pli et elle permet d'accepter les microfissurations du support. Par ailleurs toutes les soudures sont contrôlables au peigne électrique et il est possible de repérer des éventuels accrocs en partie courante. De plus, aucune fixation mécanique ne traverse l'étanchéité.

3. Présentation de l'étanchéité par plaques à crampons

La plaque et les crampons sont calandrés et extrudés en une seule opération. Les crampons sont positionnés en quinconce à raison de 420 ancrages/m² (Figure 1). L'ancrage est en forme de « V » pour un meilleur accrochage au béton (Figures 2 et 3).



Figure 1. 420 crampons/m²

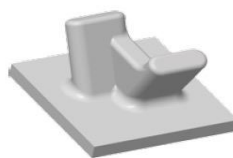


Figure 2. Détail d'un crampon

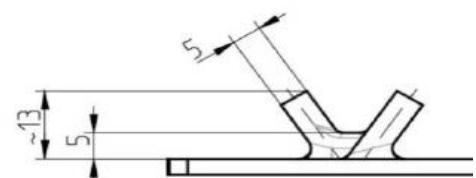


Figure 3. Détail de la figure 2

L'étanchéité peut être coextrudée, une face noire et une face claire pour limiter la dilatation avant le coulage du béton (Figure 4) et pour repérer les éventuels accrocs en parties courantes (Figure 5).



Figure 4. Plaque coextrudée



Figure 5. Repérage d'un accrocs en partie courante

Chaque ancrage a une résistance à la traction de 1 000 N, soit environ 42 T/m² Norme ISO 4246 (Figures 6 et 7).



Figure 6. Tests de sous-pression plaque à crampons /béton Figure 7. Test d'arrachement

En fonction de la nature des effluents et/ou de la température, cette étanchéité est produite en PEHD, PP, PVDF ou ECTFE (Figures 8 et 9). La figure 10 indique les températures de cristallisation des 4 thermoplastiques mentionnés.

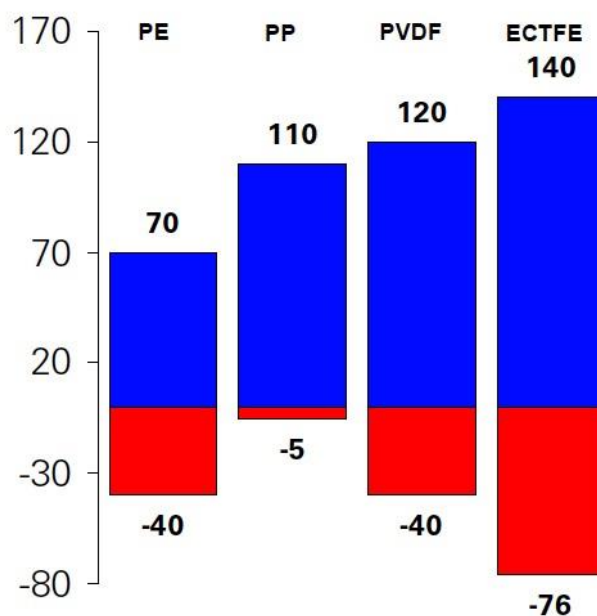


Figure 8. Résistance limite aux températures de certains thermoplastiques

Medium	Formula	Boiling Point [°C]	Concentration	[°C]	PE	PP	PVDF	ECTFE
Hydrogen sulphide	H ₂ S		technically pure	20	+	+	+	+
				40	+	+	+	+
				60	+	+	+	+
				80			+	+
				100			+	+
				120			+	+

Figure 9. Résistance à l'H₂S de certains thermoplastiques en fonction de la température

Crystallization temperatures acc. DIN 53736 (ASTM D3418):

- HDPE 122-126°C (252-259°F)
- PP 150-154°C (302-310°F)
- PVDF 160°C (320°F)
- ECTFE 240°C (464°F)

Figure 10. Température de cristallisation des thermoplastiques

L'épaisseur de la plaque varie de 2 à 12 mm. Selon l'épaisseur choisie le produit peut être fabriqué en rouleaux jusqu'à 5 m de largeur (Fig. 11) ou en plaques de 4 m x 2 m (Fig.12).



Figure 11. Présentation en rouleaux



Figure 12. Présentation en plaques

3.1. Avantages de la plaque à crampons comparé aux étanchéités résine

Les figures 13 et 14 montrent un test d'écrasement d'une section circulaire en béton équipée de la plaque à crampons. Alors que le béton est rompu, l'étanchéité est toujours en place et n'a subi aucune rupture. Cette étanchéité n'étant pas sensible aux microfissurations du béton, le bureau d'études peut prendre ces paramètres en compte pour limiter le dosage du béton et la densité de ferrailage.



Figure 13. Test d'écrasement - vue de face



Figure 14. Test d'écrasement - vue de côté

Contrairement aux étanchéités par résines, la plaque à crampons permet :

- d'assurer une épaisseur constante de l'étanchéité,
- l'utilisation de l'ouvrage après son décoffrage,
- un ancrage optimal dans le béton, même en présence de nappe phréatique,
- l'application du produit sans contraintes hygrométriques : en hiver une étanchéité résine impliquerait d'installer des souffleries d'air chaud pour permettre son application,
- d'éviter les risques de cloquage de l'étanchéité, et donc le développement de micro-organismes entre le béton et l'étanchéité,
- la pose et la soudure de l'étanchéité sans contrainte pour les intervenants : pas de produits nocifs,
- une réparation facile,
- le contrôle de 100% des soudures,
- le contrôle permanent des parties courantes grâce à la coextrusion,
- la réutilisation possible des chutes de matière,
- la possibilité de recyclage des thermoplastiques.

4. Détails des ouvrages à étancher

Pour la construction de ces 2 réservoirs de 40 et 60 m de diamètre, il a fallu créer une paroi moulée sur 18 m de hauteur (Figure 15) puis excaver le sable à l'intérieur de cette paroi (Figure 16). Pour éviter les sous pressions dues à la nappe phréatique, le radier a été ancré au moyen de tirants.



Figure 15. Paroi moulée des 2 ouvrages



Figure 16. Réservoir en cours d'excavation

Les radiers ne sont pas étanchés car il est prévu d'avoir une garde d'eau en permanence à l'intérieur des cuves : l' H_2S n'est donc pas en contact avec le radier.

La figure 17 montre l'emplacement de la centaine de poteaux et la figure 18 symbolise les poutres et la dalle supérieure. L'ensemble des ouvrages sera recouvert de terre et engazonné (Fig.19).

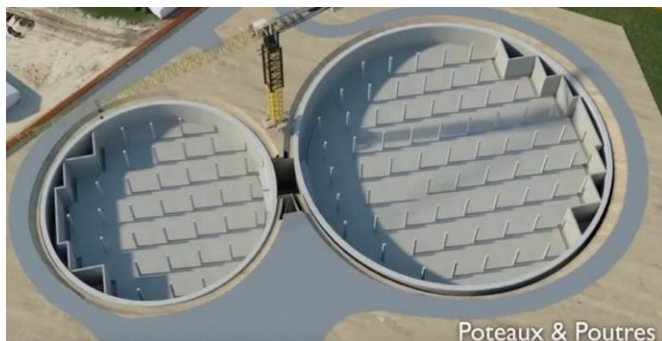


Figure 17. Emplacement des poteaux

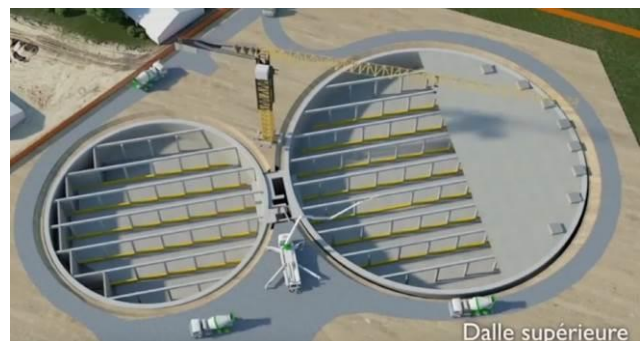


Figure 18. Poutres et de la dalle de couverture



Figure 19. Maquette des ouvrages enterrés après travaux

5. Pose de l'étanchéité

5.1. Étanchéité des voiles par prémurs

La plaque à crampons peut être posée de différentes façons : directement sur le coffrage, en éléments chaudronnés à la forme de l'ouvrage (pour les ouvrages de dimensions modestes) ou en prémurs et prédalles. Pour ces deux derniers cas, des éléments sont généralement préfabriqués sur site : la plaque à crampons est posée à plat sur le coffrage. Après avoir installé le ferrailage, on coule le béton (Figure 20). La face blanche côté crampons permet de réduire de 90% la dilatation du PEHD.

La Figure 21 montre le stockage des éléments préfabriqués en cours de séchage. L'étanchéité dépasse de 10 cm du béton afin d'assurer le recouvrement des lés.



Figure 20. Aire de préfabrication des prémurs



Figure 21. Stockage et séchage des prémurs

Les prémurs sont installés sur la paroi moulée (Figure 22). Ils sont maintenus en pied et en tête (Figure 23). Entre la paroi et les pré-murs, un remplissage béton permettra la liaison de l'ensemble.



Figure 22. Vue des prémurs

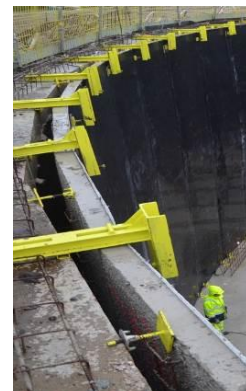


Figure 23. Maintien des prémurs

5.2. Étanchéité des voiles non préfabriqués

Pour ce chantier, l'entreprise de Génie Civil a fait le choix de la solution prémurs. Dans la plupart des cas, l'étanchéité est directement posée sur le coffrage (Figure 24). Le raccordement des lés est réalisé avec un profilé sécable (Figures 25 et 26). Ce profilé évite à la laitance du béton de pénétrer dans la zone de soudure. Il évite également aux lés de s'écarter sous la poussée du béton. Le paragraphe 5.6 détaille le principe de la soudure avec ce profilé.



Figure 24. Pose de l'étanchéité sur le coffrage



Figure 25. Vue du profilé sécable

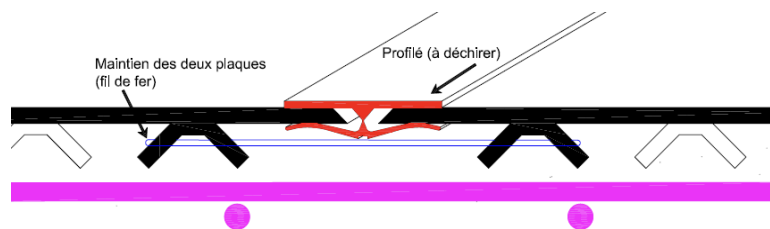


Figure 26. Détail du profilé sécable

5.3. Étanchéité des poteaux

Une centaine de poteaux permettra de supporter la dalle de couverture. Le client a utilisé des tubes PEHD de 50 cm de diamètre, en SDR 26 - PN 5 (Figure 27). Ces tubes ont permis à la fois le coffrage des poteaux et la protection à l'H₂S du béton. Le béton a été coulé dans les tubes, en une seule fois, sur les 8,50m de hauteur (Figure 28).

Les tubes et l'étanchéité sont produits dans la même usine, permettant de garantir la même composition du PEHD et ainsi réaliser une soudure homogène entre les tubes et l'étanchéité.



Figure 27. Tube PEHD diamètre 500 mm

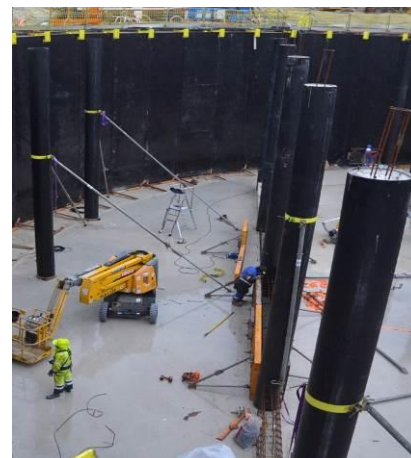


Figure 28. Coffrage et maintien des poteaux

5.4. Étanchéité du plafond

Les prédalles équipées en sous-face de l'étanchéité serviront de coffrage au coulage de la dalle de compression. Ces prédalles sont réalisées selon le principe des prémurs (Figure 29). L'échafaudage permettra le maintien des prédalles (Figure 30).



Figure 29. Préfabrication des prédalles



Figure 30. Échafaudage du plafond

5.5. Les soudures

Le raccordement des prémurs et des prédalles est réalisé par recouvrement des lés et par extrusion (Figures 31 à 34).



Figure 31. Vue des prémurs avant soudure

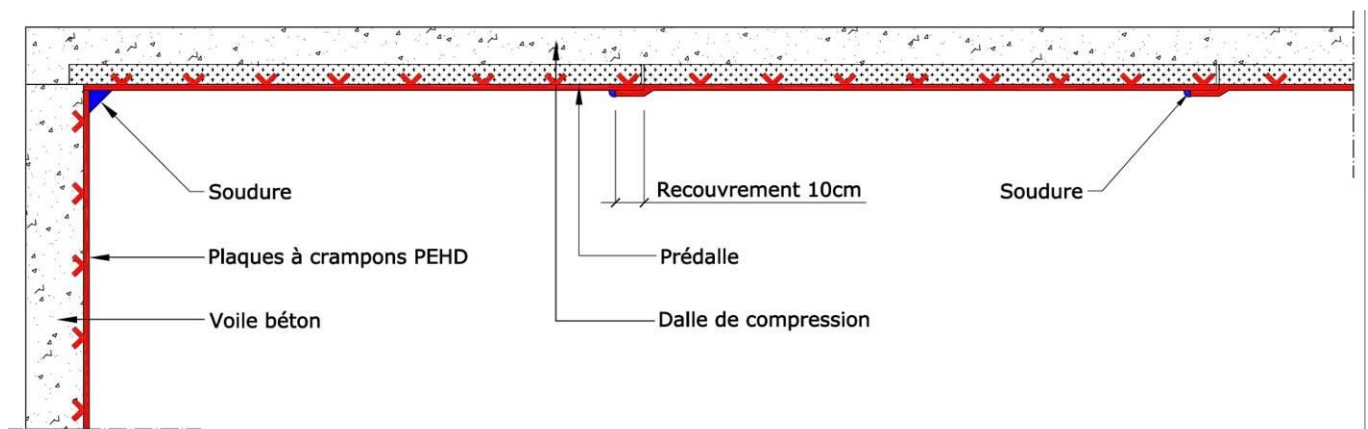
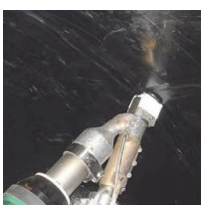


Figure 32. Raccordement voiles / plafond



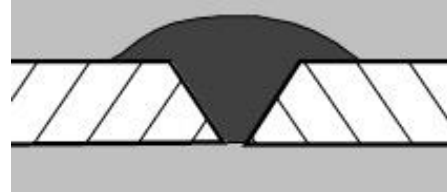


Figure 33. Soudure par extrusion

Figure 34. Principe de la soudure par extrusion

Avant de réaliser la soudure, un fil PE-el (électro-conducteur) est mis en place au droit de toutes les soudures (Figure 35). L'extrusion vient ensuite recouvrir le fil. Cette solution permet de contrôler 100% des soudures au peigne électrique (Figure 36).

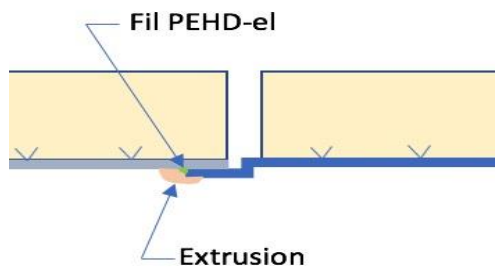


Figure 35. Raccordement par extrusion entre 2 prédalles

Figure 36. Contrôle de 100% des soudures

5.6. Soudure des voiles non préfabriqués

Après le décoffrage (Figure 37) le profilé sécable est déchiré (Figure 38). La soudure par extrusion peut être réalisée (Figure 39). Le profilé conducteur permet le contrôle des soudures au peigne électrique.

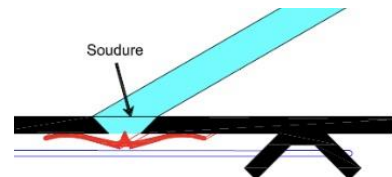
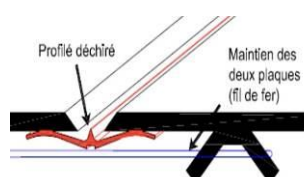
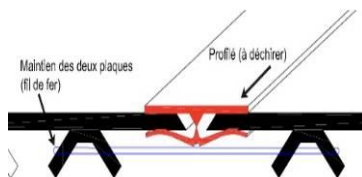


Figure 37. Profilé sécable non déchiré

Figure 38. Profilé déchiré

Figure 39. Soudure

5.7. Raccordement des points singuliers

Les pièces spéciales sont préfabriquées en atelier permettant de limiter le temps de pose sur site (Figures 40 et 41).



Figure 40. Trou d'homme préfabriqué



Figure 41. Puisard préfabriqué

6. Autres exemples d'ouvrages étanchés avec la plaque à crampons

La plaque à crampons peut être appliquée à tous les ouvrages et épouser toutes les formes :

- Égouts de Paris (Figure 42).
- Réhabilitation de l'aqueduc de La Vanne alimentant Paris en eau potable (Figure 43).
- Cuve de dépotage préfabriquée en atelier (Figure 44). Cet ouvrage n'a nécessité aucune soudure sur site (Figure 45).
- Tubes préfabriqués (Figure 46).
- Étanchéité au droit d'une paroi rocheuse dans un centre de stockage de déchets (Figure 47).



Figure 42. Égouts de Paris



Figure 43. Aqueduc de La Vanne – Plaque ép. 8mm



Figure 44. Cuve de dépotage préfabriquée



Figure 45. Bétonnage de la cuve de dépotage

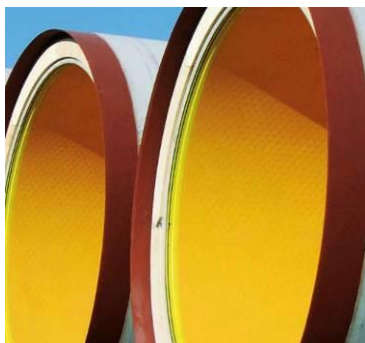


Figure 46. Tubes préfabriqués



Figure 47. Étanchéité d'une paroi rocheuse

7. Autres présentations de la plaque à crampons

Dans certains cas, il est demandé d'avoir une surface antidérapante pour l'entretien des ouvrages (Figure 48). Dans les égouts par exemple, une surface structurée permet de provoquer des turbulences des effluents et ainsi auto-nettoyer le support (Figure 49).

La plaque à crampons peut être équipée d'une plaque drainante permettant de contrôler en permanence l'étanchéité (Figure 50).



Figure 48. Surface antidérapante



Figure 49. Étanchéité auto nettoyante



Figure 50. Double étanchéité pour le contrôle permanent des fuites

8. Conclusion

L'étanchéité par plaques à crampons permet de réaliser une étanchéité sans pli, sans fluage, sans risque d'entraînement par les arrivées et départs des effluents.

Ce système d'étanchéité permet de s'affranchir des microfissurations du support. Aucune fixation ne traverse l'étanchéité.

Les soudures sont contrôlables à 100% lors de la livraison des ouvrages et si besoin en cours d'exploitation.

L'application de cette étanchéité n'est pas nocive pour les poseurs et les chutes sont recyclables.

Cette technique permet d'étancher les ouvrages les plus complexes et permet différentes techniques de pose.

9. Références bibliographiques

ISO 308:1981 (1981). Plastics - Phenolic moulding materials - Determination of acetone-soluble matter (apparent resin content of material in the unmoulded state). International Organization for Standardization.

ASTM D3418 – 15 (2015). Standard test method for transition temperatures and enthalpies of fusion and crystallization of polymers by differential scanning calorimetry, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015.