

ÉTANCHÉITÉ D'OUVRAGES EN BÉTON, EN TRAVAUX NEUFS OU EN RÉHABILITATION

WATERPROOFNESS OF WORKS, IN NEW WORKS OR IN REHABILITATION

Jean-Luc MEUSY
AGRU France, Rouen, France

RÉSUMÉ – Cette communication présente différents ouvrages en béton, étanchés par membranes PEHD ou PP. Ces étanchéités peuvent être posées sur profilés PEHD ou en adhérence totale au béton. L'article décrit ces différents systèmes et le choix de la technique en fonction des contraintes externes ou internes de l'ouvrage.

Mots-clés : *étanchéité béton, membrane à crampons, résistance chimique, sous-pressions, réservoir d'eau potable.*

ABSTRACT – This paper presents various concrete works, sealed with HDPE or PP sheets. These sheets can be installed on HDPE profil or in total adhesion to the concrete. The article describes these various systems and the choice of the technic according to the external or internal constraints of the work.

Keywords: *protection of the concrete, sheet with studs, chemical resistance, sub-pressures, drinking water tank.*

1. Introduction

Les ouvrages béton sont traditionnellement étanchés par résines, mortiers, cristallisation, adjuvants... Ces techniques imposent un temps de séchage du béton et une hygrométrie adéquate pour les appliquer.

Les membranes synthétiques quant à elles sont employées couramment pour étancher les toitures terrasses, les piscines ou encore certains réservoirs. En revanche, ces membranes sont difficilement applicables, voire inapplicables, sur des ouvrages de grande hauteur, en plafond, en voûte, en présence d'agitateurs, de température élevée, de certains produits chimiques, dans un ovoïde ...

Les techniques décrites ci-après permettent d'étancher la quasi totalité des ouvrages béton, en travaux neufs ou en réhabilitation, indépendamment des contraintes et de la géométrie de ces ouvrages.

2. Étanchéité posée en semi adhérence

2.1. Pose sur rails

Le procédé HYDROCLICK est composé d'une membrane PEHD de 4 mm d'épaisseur associée à une face drainante munie de picots de 8 mm (Figs.1 et 2). Le produit extrudé en 1 fois est disponible en rouleaux standard de 2 m x 50 m.

La face drainante permet à la fois : de récupérer les condensats, de contrôler l'étanchéité de l'ouvrage et d'assurer une protection mécanique de l'étanchéité.

Ce procédé a été spécialement étudié pour la réhabilitation de réservoirs d'eau potable. Le PEHD est donc doté du certificat ACS (Attestation de Conformité Sanitaire).

Plusieurs centaines d'ouvrages sont ainsi réhabilités avec ce système.

2.1.1. Mise en œuvre

Le profilé rail en PEHD-el (électro-conducteur) est fixé au béton, généralement à intervalle de 2 m en parties courantes. La membrane est équipée d'ergots aux extrémités. On clipse les ergots dans les rails (Figures 1 et 2), puis on extrude au droit du raccordement (Figure 2) phase 3 et (Figure 5).

La fixation de la membrane au béton est ainsi assurée *sans avoir à percer l'étanchéité.*

100% des soudures peuvent être contrôlées au peigne électrique grâce au profilé rail en PEHD conducteur (Fig.3).



Figure 1. Rail PEHD-el

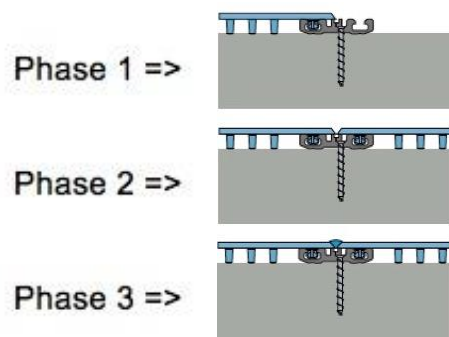


Figure 2. Principe de pose



Figure 3. Contrôle des soudures

2.1.2. Présentation de quelques ouvrages en photos

Cette technique permet d'étancher des formes complexes (Figures 4, 5, 6 et 7).

Les figures 8, 9 et 10 montrent le détail de raccords sur des points singuliers.



Figure 4. Réservoir sous Montmartre



Figure 5. Habillage de poteaux



Figure 6. Étanchéité en voûte

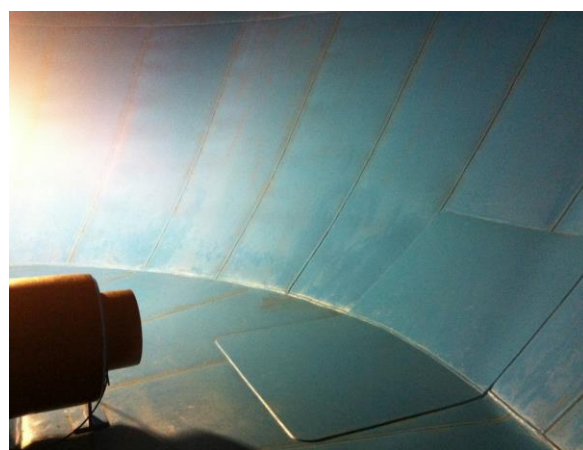


Figure 7. Étanchéité de château d'eau (Saclay)

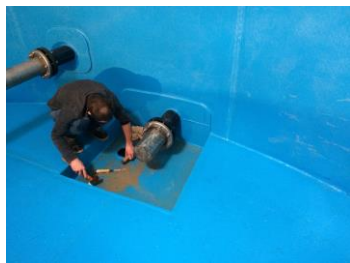


Figure 8. Raccord sur tuyau

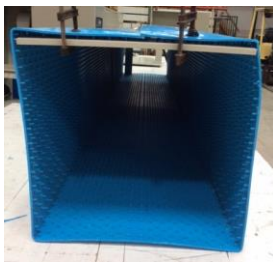


Figure 9. Thermo-pliage



Figure 10. Ancrage PEHD

2.2. Pose par points

Le procédé *INDUCTOFIX* permet également une *fixation de l'étanchéité sans percement de la membrane*. La fixation est alors réalisée par points. Le nombre de points d'ancrage est fonction de la géométrie de l'ouvrage.

2.2.1. Principe de mise en œuvre

Un conducteur est inséré à la fabrication des rondelles PE. Ces rondelles sont fixées au béton (Fig.11). La membrane est positionnée puis soudée par induction (Figures 12 et 13).

Ce système permet une mise en œuvre rapide, sans préparation spéciale du support.

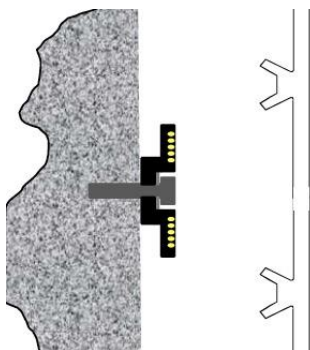


Figure 11. Rondelle PE

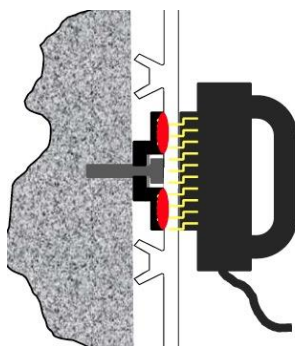


Figure 12. Coupe de principe



Figure 13. Soudure par induction

2.2.2. Étanchéité d'une cuve en photos

Les vues de l'ouvrage sous différents angles montrent les nombreux points techniques : raccords sur canalisations (Figures 14 et 15), sur poutres (Figure 16) et sur poteaux (Figure 17).



Figure 14. Canalisations et supports



Figure 15. Raccordement sur traversées



Figure 16. Habillage de poutres



Figure 17. Habillage de poteaux

3. Étanchéité en adhérence totale au béton

La membrane à crampons *SURE GRIP* en PEHD, PP, PVDF ou ECTFE est fabriquée en plaques ou en rouleaux (Fig.18) jusqu'à 5 m de largeur et 50 m de longueur et de 2 à 12 mm d'épaisseur.

Un ancrage maximal au béton est assuré grâce à la densité des crampons 420 unités / m² et à leur forme en « V » (Fig.19).

Ce procédé permet : de protéger le béton de la corrosion et des agressions chimiques, d'améliorer le coefficient de glissance, d'assurer l'ancrage de l'étanchéité lors de présence d'agitateurs ou de nappe phréatique, de limiter l'accroche des impuretés, et d'éviter toute dilatation de l'étanchéité.

Les figures 20, 21 et 22 montrent un test d'écrasement en 3 phases sur un anneau en béton équipé de la plaque à crampons. La rupture du béton est visible dès la phase 1. En phases 2 et 3, alors que le l'anneau est totalement éclaté, l'étanchéité ne montre aucun signe de rupture.

Cette membrane permet d'assurer l'étanchéité, même en présence de microfissurations du béton. Le bureau d'étude peut donc prendre ces paramètres en compte dans ses calculs pour diminuer le dosage du béton et la densité de ferrailage.



Figure 18. Rouleaux en PEHD 3 mm coextrudé



Figure 19 : Détail des crampons



Figure 20. Test phase 1



Figure 21. Test phase 2



Figure 22. Test phase 3

3.1. Ouvrages neufs : pose par lés

La membrane à crampons est posée directement sur le coffrage. L'ancrage de l'étanchéité se fait donc au coulage du béton.

Les panneaux sont préparés au sol. La mise en place de ces panneaux sur le coffrage est effectuée par grutage (Figures 23, 24 et 25).

L'étanchéité en radier est posée sur des profilés en PEHD (Figure 26). Le béton est coulé entre ces profilés et la plaque est posée sur le béton frais (Figure 27).

Le H₂S est un gaz qui corrode le béton : l'étanchéité en plafond est donc nécessaire (Figures 28 et 29).

3.1.1. Étanchéité d'une cuve : pose en vertical

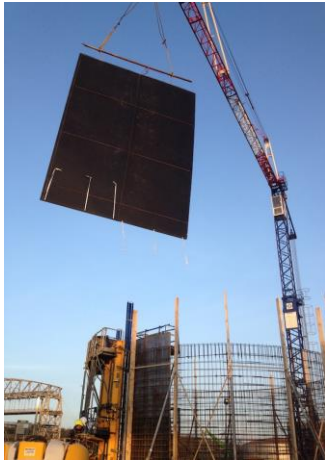
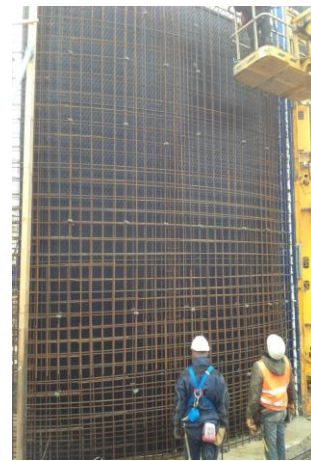


Figure 23. Panneau d'étanchéité



Figures 24 et 25. Pose du panneau d'étanchéité sur le coffrage

3.1.2. Pose en horizontal



Figure 26. Pose sur profilé PE



Figure 27. Pose de l'étanchéité sur un béton frais

3.1.3. Pose en plafond



Figure 28. Avant coulage



Figure 29. Vue en sous-face d'un digesteur

3.1.4. Détails sur points singuliers

Les points singuliers sont préfabriqués en atelier : trou d'homme (Figure 30) ou traversée de paroi (Figure 31). L'ancrage PEHD permet d'assurer une étanchéité au droit des fixations : échelles, supports de tuyauteries... (Figure 32).



Figure 30. Trou d'homme



Figure 31. Traversée de paroi



Figure 32. Ancrage PE

3.1.5. Vues générales

Le raccordement des plaques en plafond, en voile et en radier est réalisé par extrusion (Figures 33 et 34).

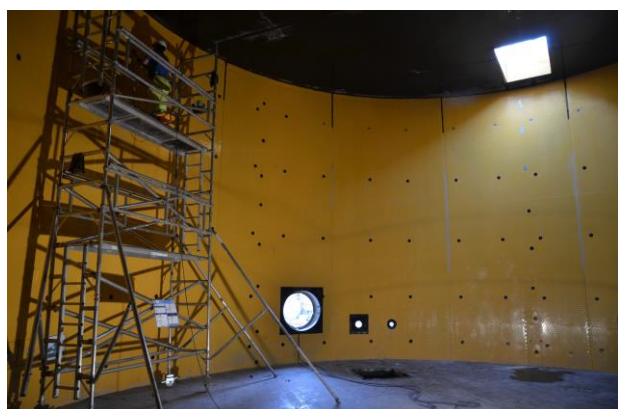


Figure 33. Soudure en plafond



Figure 34. Soudure des voiles

3.2. Ouvrages neufs : pose par éléments préfabriqués

Les éléments préfabriqués permettent de réduire, voire de *supprimer les soudures sur chantier*.

Les photos ci-après montrent les différentes mises en place d'une cuve de dépotage de 11m x 1,50m x 2m de haut, équipée d'un puisard (Figure 35). Cet ouvrage a été totalement préfabriqué en atelier de chaudronnerie.

Après avoir terrassé, on vient placer le ferrailage, puis on coule le radier en béton (Figure 36). L'élément préfabriqué est prêt à être positionné dans son emplacement (Figure 37). On coffre les voiles (Figures 38 et 39), puis on vient couler les murs (Figure 40).

Cette cuve de dépotage (Figure 41) a ainsi été posée sans aucune soudure sur chantier.

En industrie, les périodes d'arrêts étant limitées, *cette technique permet une rapidité et une fiabilité de mise en œuvre*, alors que les solutions traditionnelles (résines...) doivent être appliquées sur un béton ayant 28 jours de prise et sous une hygrométrie contrôlée.



Figure 35. Cuve de dépôtage



Figure 36. Coulage du radier



Figure 37. Pose de l'ouvrage



Figure 38. Coffrage intérieur



Figure 39. Maintien du coffrage



Figure 40. Coulage des voiles



Figure 41. Vue de l'ouvrage achevé

3.3. Réhabilitation d'ouvrages béton

La plaque à crampons permet la réhabilitation d'ouvrages béton, quelle que soit la forme de ces derniers, comme le montrent les exemples ci-après.

3.3.1. Réhabilitation intérieure d'un aqueduc

L'ouvrage présenté ci-après est un aqueduc qui alimente Paris en eau potable (Figure 42). L'étanchéité initiale était en plomb (Figure 43). Elle a été remplacée par une membrane PEHD de 8 mm avec des crampons de 19 mm de hauteur.

Les différentes phases de pose sont les suivantes : amenée de l'étanchéité à l'intérieur de l'aqueduc (Figure 44). L'étanchéité épouse la forme de l'ovoïde grâce à un coffrage (Figure 45). L'injection d'une résine au droit des crampons permet l'accrochage de l'étanchéité à l'ouvrage (Figure 46). Décoffrage puis soudure des plaques

La réhabilitation d'aqueduc avec cette coque PEHD permet d'obtenir une surface sans aspérité (Figure 47) limitant ainsi les dépôts. L'ACS du produit (Attestation de Conformité Sanitaire) satisfait aux exigences des syndicats des Eaux.



Figure 42. Aqueduc



Figure 43. Étanchéité en plomb



Figure 44. Étanchéité PEHD



Figure 45. Coffrage du PEHD



Figure 46. Vue des injecteurs

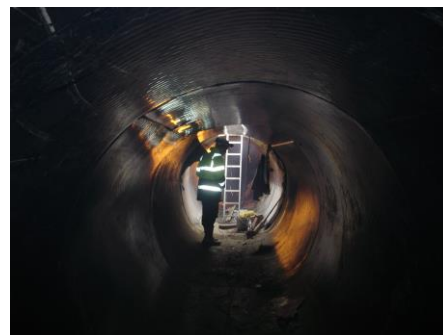


Figure 47. Vue d'un tronçon d'aqueduc

3.3.2. Réhabilitation d'un égout

L'ouvrage présenté ci-après est une réhabilitation d'un égout dans Paris. L'étanchéité des cunettes a été réalisée par une membrane PEHD de 4 mm avec des crampons de 13 mm de hauteur.

Le béton est pioché pour retrouver la structure saine (Figure 48). La membrane PEHD est posée sur le coffrage et l'ensemble est descendu dans la cunette (Figure 49). On coule le béton (Figure 50).

Après décoffrage (Figure 51), on réalise la soudure par extrusion (Figure 52).



Figure 48. Préparation du support



Figure 49. Pose du PEHD

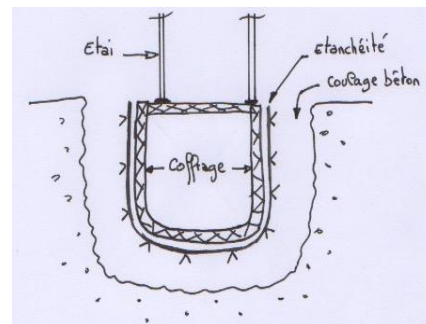


Figure 50. Détail de la Figure 49



Figure 51. Après décoffrage



Figure 52. Soudure par extrusion

3.4. Autres présentations des plaques à crampons

3.4.1. Eléments préfabriqués en béton

Les éléments béton préfabriqués en usine peuvent être équipés de la membrane à crampons permettant ainsi un *gain de temps* appréciable sur chantier (Figures 53, 54 et 55).



Figure 53. Tuyau chemisé Figure 54. Voiles béton avec l'étanchéité

Figure 55. Pose du voile

3.4.2. Double étanchéité

La double étanchéité est composée d'une membrane à crampons sur laquelle est soudée en usine une membrane drainante (Figures 56 et 57). Ce système assure un *contrôle permanent de l'étanchéité* (Figure 58).

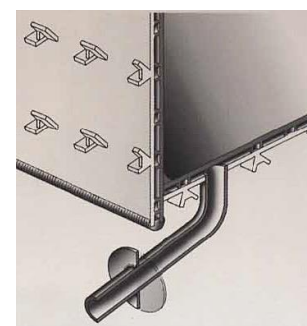
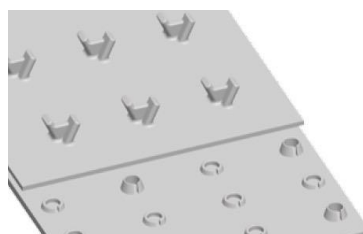


Figure 56. Double étanchéité

Figure 57. Vue des 2 composants

Figure 58. Contrôle de fuites

3.4.3. Face auto-nettoyante et coextrudée

Dans un égout, la face structurée permet de provoquer des turbulences des effluents et ainsi réduire sensiblement la sédimentation (Figure 59). Cette membrane limite ainsi le nettoyage des ouvrages.

Il est possible de réaliser un contrôle visuel de l'étanchéité en parties courantes, grâce à la membrane coextrudée qui dispose d'une face claire et d'une face foncée (Figure 60).

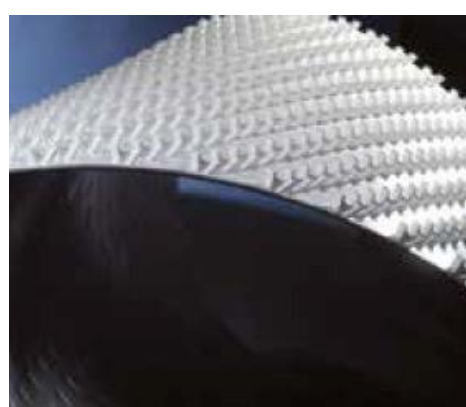


Figure 59. Face autonettoyante

Figure 60. Membrane coextrudée

4. Raccordement aux traversées de parois béton

Le manchon EPDM assure l'étanchéité, par fixation mécanique, autour des canalisations quelque soit la nature de ces derniers (Figure 61).

Le manchon PEHD électro-soudable permet de raccorder des tuyaux PEHD après décoffrage. Les bornes + et – pour la soudure sont représentés par les 2 points blancs en façade du manchon (Figure 62).



Figure 61. Manchon EPDM



Figure 62. Manchon électro-soudable

5. Choix du produit et de la technique

5.1. Choix du produit

La résistance de la membrane aux effluents, à leurs concentrations, à la température, aux UV... permet de sélectionner le polymère à utiliser : PEHD - PP - ECTFE - PVDF.

Pour limiter le linéaire de soudures, il est préférable d'utiliser des rouleaux plutôt que des plaques. Le PEHD est fabriqué en rouleaux jusqu'à 5 m de largeur, alors que le PP, à cause de sa rigidité, n'est disponible qu'en plaques.

L'épaisseur de la membrane sera déterminée selon des agressions mécaniques prévues : type d'entretien : manuel, mécanique (racleur) ..., produit stocké : inerte ou en mouvement, abrasif ou non

5.2. Choix de la technique

On détermine la technique à mettre en œuvre selon notamment qu'il s'agisse d'un ouvrage neuf ou à réhabiliter, de la qualité des supports, des accès, des contraintes de potabilité, de la présence possible d'une nappe phréatique, des raccordements sur les points singuliers, de l'exposition ou non aux UV, du délai imposé ...

Chaque ouvrage est donc à analyser en amont afin de choisir le meilleur produit et la meilleure technique à mettre en œuvre.

6. Conclusions

Les membranes à crampons, posées en semi-adhérence ou en en adhérence totale au béton, étanchent les ouvrages les plus complexes, sans qu'aucune fixation ne traverse l'étanchéité.

Une analyse des contraintes de l'ouvrage et de l'exploitation détermine le meilleur produit et la meilleure technique à mettre en œuvre.

Toutes les soudures et les raccordements sont contrôlables à 100% assurant la complète étanchéité des ouvrages avant leurs mises en service.

Par rapport aux étanchéités en béton traditionnelles, ces membranes utilisées pour la réhabilitation ou les travaux neufs apportent de réels avantages lors de la mise en œuvre et lors de l'exploitation.