

ÉVALUATION DES PERFORMANCES RÉELLES D'UN APPAREIL DE DÉTECTION DE FUTITES SUR GÉOMEMBRANES

EVALUATION OF THE REAL PERFORMANCE OF AN ELECTRICAL GEOMEMBRANES LEAK DETECTION SYSTEM

François CAQUEL¹, G. VILLON¹, J.P. FLORIN¹, M. MARCOTTE²

¹ LRPC Nancy-CETE de l'Est, Nancy, France

² Solmers International, Montréal, Canada

RÉSUMÉ – La localisation de fuites sur géomembranes par méthode électrique est d'usage fréquent dans le cadre des contrôles de mise en oeuvre. Plusieurs études ont fourni de nombreux résultats obtenus sur des géomembranes en place en terme de "densité", c'est à dire en nombre de défauts repérés/hectare mais ne donnent pas d'informations sur l'efficacité réelle des différentes méthodes en terme de pourcentage de défauts repérés par rapport au nombre de défauts réellement existants. Le laboratoire des Ponts et Chaussées de Nancy a réalisé une expérimentation grandeur nature afin d'évaluer les performances réelles d'un appareil conçu pour inspecter des géomembranes non revêtues. Sont présentés ici les résultats obtenus en terme "d'efficacité", reproductibilité et précision.

Mots-clés : géomembranes, fuites, détection, performances

ABSTRACT – Leak location testing using electrical methods is currently being used in geomembranes installation controls. Several papers have reported results on installed geomembranes in terms of density, i.e. number of leaks found per hectare, but do not give detailed information on the true efficiency of the methods in terms of percentage of holes or defects found compared with the actual existing number of defects. The laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Nancy has performed experimental "full-scale" tests in order to determine the true "performance level" of a detection system to scan exposed geomembranes. The paper presents the results obtained in terms of effectiveness, reproducibility, accuracy.

Keywords: geomembranes, leaks, detection, performances

1. Introduction

L'utilisation de géomembranes dans les ouvrages de génie civil et de protection de l'environnement est maintenant d'usage courant tant en France que dans le monde. Si les techniques de mise en oeuvre et les plans assurance qualité se sont améliorés au fil des ans, des défauts pouvant être à l'origine de fuites subsistent.

La législation s'orientant vers une spécification de performance, la détection et le repérage de ces défauts, avec pour objectif de les réparer, constitue une phase essentielle des contrôles visant à s'assurer de l'efficacité et de la pérennité des dispositifs d'étanchéité par géomembrane, et donc des ouvrages.

Des méthodes de détection de fuites ont été développées qui permettent de vérifier la totalité de la surface des géomembranes et non plus seulement les soudures comme c'est le cas avec les méthodes non destructives de mise en pression (cas des doubles soudures automatiques) ou dépression (cloche à vide sur soudures manuelles).

La présente communication fait le bilan des premières expérimentations réalisées afin d'évaluer les performances réelles d'un appareil de détection de fuites utilisant la technique électrique et conçu pour inspecter des géomembranes non revêtues. Sont présentés ici les résultats obtenus en terme "d'efficacité", reproductibilité et précision.

2. Présentation de l'appareil

Le principe physique est de créer une différence de potentiel entre les deux faces de la géomembrane prospectée et de localiser les défauts à travers lesquels le courant peut circuler. Le matériel mis en oeuvre est un système mobile utilisant la méthode du jet (ou lame) d'eau.

Pour les mesures on utilise deux électrodes : la première est mise à la terre dans le sol support de l'ouvrage, la deuxième étant placée sur le jet d'eau ou le "balai". Elles sont reliées à une source de courant continu (27 volts dans le cas de l'appareillage mis en œuvre dans l'expérimentation).

L'alimentation en eau est fournie par une citerne ou par un réseau existant ayant une pression suffisante. L'opérateur se déplace en poussant la lame d'eau avec le "balai" sur la zone à prospector. Lorsque l'eau, au travers d'un défaut, entre en contact avec le sol chargé négativement le circuit se ferme et déclenche un double signal sonore et électrique (galvanomètre).

3. Plan général d'expérimentation

L'expérimentation avait pour objectif principal de vérifier les limites, en termes de performances, de la méthode en général, de l'appareil testé en particulier, en termes de fiabilité, "reproductibilité" (dépendant de l'opérateur) et sensibilité.

Trois types de géomembranes parmi les quatre les plus fréquemment utilisés et pouvant être testés selon cette méthode ont été retenus : PVC-P, PEHD et bitume, l'hypothèse ayant été faite que le PP devait avoir une "réponse" similaire au PVC. Un géotextile non tissé aiguilleté de 300 g/m² a été placé sous les lés de géomembranes. Sol et géotextile ont été préalablement arrosés. Les surfaces prospectées sont les suivantes :

- PVC- P : 80 m² soit 2 lés de 20 m x 2 m soudés entre eux par double soudure automatique,
- PEHD : 50 m² soit 2 bandes de 10 m x 2,50 m soudées par double soudure automatique,
- bitume : 80 m² soit 2 lés de 20 m x 2 m soudés manuellement,

Deux opérateurs ont participé à la détection, chacun d'eux prospectant une demi-largeur; aucun d'eux n'a assisté à la phase de création des défauts dans les géomembranes et sont donc intervenus "en aveugle". Plusieurs types de défauts ont été faits dans les géomembranes par un troisième opérateur. Les défauts ont été reportés sur plan avec les cotes précises en abscisse et ordonnée à partir d'un quadrillage 2 m x 2 m (2 m x 2,50 m pour le PEHD) tracé sur les géomembranes.

Tous les défauts créés étaient susceptibles d'engendrer une fuite, c'est-à-dire que dans tous les cas ils traversent toute l'épaisseur des géomembranes. Les divers types de défauts sont :

- trous : trous évidés réalisés à l'emporte-pièce, (donc avec "enlèvement" de matière) ; les diamètres varient de 2 à 10 mm,
 - poinçonnements : réalisés avec un poinçon pointu, de section circulaire ou cruciforme de 5 mm de diamètre,
 - coupures : réalisées avec un gros cutter pour géomembranes ; longueur de 2 cm à 25 cm,
 - entailles : obtenues à l'aide d'un petit cutter de dessinateur ; dimension maximale de 2 mm,
 - pointe : percement à l'aide d'une pointe à bois de 0,5 mm de diamètre (uniquement sur PEHD),
- la "densité" des défauts variant de 0,25 à 2 défauts/m² c'est-à-dire très supérieure à ce que donnent les statistiques relevées sur chantiers réels : 3 à 26 défauts/ha selon la littérature.

4. Résultats sur PVC

Les résultats sur la géomembrane PVC sont donnés dans le tableau I.

Tableau I. Résultats sur PVC

Nature des défauts	Opérateur A		Opérateur B		Global	
	Nombre de défauts existants	défectés	Nombre de défauts existants	défectés	Nombre de défauts existants	défectés
Trous Ø 3 mm	10	10 (100%)	8	7 (87 %)	18	17 (95 %)
Trous Ø 4 mm	-	-	6	6 (100 %)	6	6 (100 %)
Trous Ø 6 mm	4	4 (100%)	6	6 (100 %)	10	10 (100 %)
Coupures	9	8 (89 %)	10	8 (80 %)	19	16 (85 %)
Poinçonnements	5	0 (0 %)	4	0 (0 %)	9	0 (0 %)
Entailles	-	-	2	0 (0 %)	2	0 (0 %)
TOTAL	28	22 (78 %)	36	27 (75 %)	64	49 (76 %)

Les remarques et commentaires suivants peuvent être faits :

- un trou Ø 3 mm, situé sur la même ligne et à 10 cm d'un trou de Ø 4 mm, n' a pas été repéré ;
- trois coupures de 3 à 5 cm ne sont pas repérées; elles sont toutes parallèles au sens de prospection, deux étant situées sous la languette extérieure de la soudure, la troisième étant distante de 30 cm d'un trou de Ø 3 mm ;
- 97 % des trous Ø > 3 mm sont détectés et localisés, dont trois distants de 25 cm entre eux et situés sur une même ligne "sens travers", perpendiculaire au sens de prospection ;
- cinq des huit défauts situés sur la double soudure sont repérés dont deux sous la languette et trois sur les cordons de soudure ; les deux situés sous languette n'ont pas été repérés.

La détection paraît indépendante de l'opérateur (78 % et 75 % de "réussite"). Lorsque deux défauts sont très proches, l'un peut "masquer" ou occulter l'autre, notamment s'ils sont situés sur une ligne perpendiculaire au sens prospection. Aucun des poinçonnements ou entailles, défauts les plus petits et "fermés", n'a été détecté.

5. Résultats sur PEHD

Le tableau II fournit les résultats sur la géomembrane PEHD.

Tableau II. Résultats sur PEHD

Nature des défauts	Opérateur A		Opérateur B		Global	
	Nombre de défauts existants	Nombre de défauts détectés	Nombre de défauts existants	Nombre de défauts détectés	Nombre de défauts existants	Nombre de défauts détectés
Trous Ø 2 mm	1	1	-	-	1	1
Trous Ø 3 mm	5	5 (100 %)	5	4 (90 %)	10	9 (90 %)
Trous Ø 4 mm	2	2	3	3	5	5 (100 %)
Coupures	8	5 (62 %)	5	4 (80 %)	13	9 (70 %)
Poinçonnements	4	3 (75 %)	7	6 (86 %)	11	9 (82 %)
Entailles	3	0	3	0	6	0 (0 %)
Pointes	4	1 (25 %)	3	1 (30 %)	7	2 (28 %)
TOTAL	27	17 (63 %)	26	18 (70 %)	53	35 (67 %)

Quelques notes complémentaires sont à apporter :

- un trou de Ø 3 mm a été "détecté" mais n'a pu être précisément localisé ;
- quatre coupures (2 à 10 cm) ne sont pas repérées dont trois parallèles au sens de prospection ;
- 95 % des trous sont détectés et localisés précisément ;
- 100 % des défauts situés sur la double soudure sont repérés : sous languette, sur canal central (double épaisseur) ou sur cordon de soudure.

Le taux de détection est indépendant de l'opérateur. À la différence du PVC les coups de poinçon ont laissé sur le PEHD rigide des "empreintes" assez facilement repérables visuellement (légère dépression autour du défaut) : ceci peut en partie expliquer le fort taux de détection (82 %) de ce type de défauts, les opérateurs pouvant les "anticiper". Le taux de détection des plus petits défauts, entailles et pointes, est très faible (15 %) ; on notera néanmoins le repérage de 2 percements par pointe.

6. Résultats sur bitume

Les résultats sur la géomembrane bitumineuse sont donnés dans le tableau III.

Tableau III. Résultats sur bitume

Nature des défauts	Opérateur A		Opérateur B		Global	
	Nombre de défauts existants	Nombre de défauts détectés	Nombre de défauts existants	Nombre de défauts détectés	Nombre de défauts existants	Nombre de défauts détectés
Trous Ø 3 mm	12	3 (25 %)	10	2 (20%)	22	5 (23 %)
Trous Ø 6 mm	6	5 (83 %)	10	9 (90 %)	16	14 (87 %)
Trous Ø 8 mm	7	6 (86 %)	4	3 (75 %)	11	9 (82 %)
Trous Ø 10 mm	-	-	2	2	2	2
Coupures	6	4 (66 %)	6	1 (17 %)	12	6 (50 %)
TOTAL	31	19 (61 %)	32	18 (56 %)	63	36 (57 %)

Ces résultats appellent les commentaires suivants :

- cinq signaux "parasites" enregistrés ne correspondent à aucun défaut réel ;
- un trou Ø de 3 mm et 2 trous de Ø 6 mm sont détectés mais non localisés précisément ;
- deux trous de Ø 3 mm n'ont pas été détectés (sur 17) : ils sont situés à moins de 25 cm, et sur la même ligne, d'un autre défaut repéré ;
- aucune des entailles (4 cm à 18 cm) parallèles au sens de prospection n'est repérée (deux ont été détectées mais non localisées avec précision) ;
- toutes les entailles (3 à 23 cm) perpendiculaires au sens prospection sont repérées.

Le taux de détection est globalement assez faible, très faible pour ce qui concerne les trous de Ø 3 mm. En première analyse deux hypothèses peuvent être avancées pour expliquer ce fait : une "cicatrisation" des défauts par fluage du bitume en raison de la très forte température lors de l'expérimentation (>30°C), ce que tendrait à confirmer le nombre de défauts "suspectés" mais non localisés (5), et l'épaisseur (3,5 mm) du produit qui nécessiterait une lame d'eau plus forte pour que le flux traverse effectivement la géomembrane, les opérateurs ayant en effet constaté une plus forte consommation d'eau que pour le PVC et le PEHD. Pour ce qui est des signaux parasites on ne trouve pas a priori d'explication autre que celle de la présence possible d'impuretés dans le produit (paillettes métalliques résultant de la fabrication même ?). Enfin, comme pour le PVC et le PEHD, il n'y a pas de différence sur le taux de détection selon l'opérateur.

7. Synthèse des résultats

Les résultats étant indépendants de l'opérateur il est possible de faire une analyse globale en fonction de la nature des défauts (taille, type) toutes géomembranes confondues (Tableau IV).

Tableau IV. Tableau récapitulatif

Nature des défauts	PVC-P		PEHD		Bitume	
Trous Ø 2 mm	-	-	1/1	-	-	-
Trous Ø 3 mm	17/18	95 %	9/10	90 %	5/22	23 %
Trous Ø 4 mm	6/6	100 %	5/5	100 %	-	-
Trous Ø 6 mm	10/10	100 %	-	-	14/16	87 %
Trous Ø 8 mm	-	-	-	-	9/11	82 %
Trous Ø 10 mm	-	-	-	-	2/2	-
Coupures SP	9/12	75 %	7/10	70 %	0/7	0 %
Coupures ST	7/7	100 %	2/3	-	5/5	100 %
Poinçonnements	0/9	0 %	9/11	82 %	-	-
Entailles ou pointes	0/2	-	2/13	15 %	-	-
TOTAL	49/64	76 %	35/53	66 %	35 /63	55 %

Notes : 1. SP : sens prospection, ST : sens travers 2. Pour chaque produit les colonnes indiquent le nombre de défauts détectés par rapport au nombre de défauts créés et le pourcentage correspondant.

On constate dans le cas du PVC et du PEHD que le taux de détection est supérieur à 90% pour les trous de diamètre inférieur ou égal à 3 mm, de 100 % pour les trous de diamètre supérieur. Pour le bitume les taux correspondants ne sont que de 23 % et 85 %. Concernant les coupures, pratiquement 100 % de celles disposées sens travers, c'est à dire perpendiculaires au sens de prospection, sont détectées, tous produits considérés . Exception faite du bitume, le pourcentage n' est que de 70 % à 75 % pour les coupures "sens prospection" : l'écart paraît s'expliquer par le fait que la pression exercée par le balai tend à maintenir fermées les lèvres des coupures parallèles au sens prospection et à les écarter dans le cas des coupures sens travers. Aucun poinçonnement n'est détecté sur le PVC alors que 82 % le sont sur le PEHD : ceci s'explique vraisemblablement par les comportements mécaniques différents des deux matériaux, le PEHD rigide tendant à "garder" les déformations, les poinçonnements restent alors ouverts alors qu'ils se referment dans le cas du PVC plus souple. Enfin le fait que 15 % seulement des défauts les plus petits, inférieurs à 2 mm, aient été détectés (certaines sources indiquent la limite à 1 mm) peut avoir pour causes un contact imparfait sol-géomembrane (ou DEG) et/ou une hauteur d'eau trop faible.

8.Conclusions

L'expérimentation réalisée a permis de vérifier et/ou de mettre en évidence :

- la rapidité d'installation et la facilité de mise en œuvre de l' appareillage,
- la simplicité d'utilisation et la "reproductibilité" de la méthode, indépendante de l'opérateur sous réserve que celui-ci ait suivi une formation initiale et ait un minimum de pratique,
- une bonne fiabilité notamment pour les matériaux à base de polymères (taux de détection de 66 % à 75 %),
- la "sensibilité", permettant la détection de trous ouverts de l' ordre de 2 mm, mais variable en fonction du comportement mécanique des matériaux testés,
- la "cécité" relative de l' appareil lorsque deux défauts sont très proches l'un de l' autre.

Par ailleurs les résultats obtenus au cours de ces premières investigations posent plusieurs questions et conduisent à émettre quelques hypothèses qu'il conviendra de vérifier concernant l'incidence de l'épaisseur des matériaux testés, l'influence de la qualité du contact sol/DEG ainsi que l'incidence de la température sur le taux de détection relativement faible enregistré pour le bitume (phénomène de fluage et "cicatrisation"). Enfin il conviendra d'approfondir les investigations, dans des conditions optimales, en vue de déterminer la taille des plus petits défauts que la méthode permet de détecter.



Appareil de détection de fuites

9. Références bibliographiques

- Behaxateguy J.P., Jacquelin Th. (1999) Performances des systèmes d' étanchéité – Leçons tirées de la prospection géo-électrique des fuites dans les géomembranes en France. *Rencontres Géosynthétiques 99*, 217-222.
- Darilek G.T., Laine D.L. (1999) Performance-based specification of electrical leak location surveys for geomembrane liners. *Geosynthetics'99*, 645-650.
- Peggs I.D. (2001) Mobile geo-electric liner integrity surveys planning ahead. *Geosynthetics'99*, 627-634.
- Peggs I.D. (2001) Three *challenging* electrical integrity/leak surveys on uncovered and deep waste-covered liners. *Geosynthetics Conference 2001*, 245-262.
- Rollin A.L., Marcotte M., Jacquelin T., Chaput L. (1999) Leak location in exposed geomembrane liners using an electrical leak detection technique. *Geosynthetics'99*, 615-626.