

DELTA palplanches

Infos

PROFIL ARBED

1^{er} semestre 2001

édito

Dans ce numéro, il est question de chantiers significatifs de la culture palplanche. Vous découvrirez notamment celui de l'échangeur de Lezoux (63), un des premiers ouvrages réalisés en France avec la toute nouvelle palplanche AU20. De la conception d'un nouveau profil à ses premières applications techniques, ce chantier est l'illustration d'un parcours sans faute. Mais les autres types de profils n'en continuent pas moins de rendre leurs services aux chantiers de toute nature. En témoignent les aménagements anticruves visant à protéger l'agglomération d'Agen. De grande envergure, ces travaux où l'acier de l'AZ36 prend le relais du béton démontrent une fois de plus l'intérêt économique de la solution palplanche. Enfin, pour améliorer la mise en œuvre de nos palplanches, nous avons expérimenté la technique du lançage sur quatre types de sols. Matière grise et moyens techniques ont été mobilisés pour faire avancer les connaissances dans ce domaine. Nous vous transmettons dans ce numéro les résultats de cette étude. Et pour que vos *Delta Palplanches Infos* restent des journaux de référence et deviennent de véritables supports de travail, nous n'avons pas sacrifié à la rigueur qui les caractérise en optant à cette occasion pour un volet supplémentaire.

Dominique Piault,
directeur commercial France

Événement

L'AU20 en pratique

La nouvelle palplanche AU20 qui a déjà fait l'objet d'un numéro spécial de *Delta Palplanches Infos* a été utilisée à Lezoux (63), sur l'autoroute reliant Saint-Étienne à Clermont-Ferrand.



Le passage inférieur du nouvel échangeur de Lezoux fut le cadre d'une des premières applications françaises de l'AU20. Ce fleuron de la gamme Arbed, qui a vu le jour en 2000, a la particularité de présenter le pas le plus large de sa catégorie (750 mm). Le fonçage des profils s'est effectué en deux phases distinctes permettant le maintien de la circulation autoroutière dans les deux sens sur deux voies de circulation pendant tout le déroulement des travaux. Il n'a posé aucun problème particulier à l'entreprise Maïa Sonnier, chargée de l'opération. Les nouvelles palplanches mises en place avec des matériels standard ont donné entière satisfaction dans les sols rencontrés, argileux et marneux en profondeur. Elles ont été fichées à l'aide d'un vibreur PTC 25H1 et d'un marteau hydraulique IHC type FC30. « La solution initiale était de faire une paroi moulée, explique M. Baup, chef du service des travaux spéciaux chez Maïa Sonnier, mais dans un souci d'économie pour notre client

et de facilité de réalisation, nous avons opté pour les palplanches. » Le gain technique du rapport surface/poids a joué en faveur de l'AU20, de même que sa disponibilité immédiate au moment de la commande. « Le gain de temps espéré en raison du pas plus important de cette palplanche par rapport aux autres profils n'a pas été confirmé, car le travail par demi-ouvrage n'a pas permis de vérifier cette donnée », précise M. Baup. Le gain économique de la solution palplanche, de l'ordre de moins 25 %, est cependant bien réel. Cet ouvrage d'art en AU20 restera une référence en matière d'innovation et de faisabilité. ●

Fiche technique

Maître d'ouvrage :

Autoroutes du Sud de la France.

Maître d'œuvre et mise en œuvre :

Entreprise Maïa Sonnier.

Palplanches : AU20 – 0,5mm (128 tonnes).

Depuis 1997, ProfilARBED, en partenariat avec le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, et plus précisément le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Strasbourg, a lancé une vaste recherche pour qualifier les améliorations apportées au vibrage par le lançage et appréhender son influence sur les sols encaissants et les ouvrages en palplanches.

Le lançage :



Quatre sites présentant des géologies distinctes ont été choisis afin d'illustrer ces recherches :

- Un site argileux situé à Mittersheim en Moselle,
- Un site graveleux à Strasbourg, à proximité du Rhin,
- Un site graveleux-sableux à Lyon,
- Un site molassique à Toulouse.

Chaque essai a apporté son lot d'informations, propice à la réflexion globale, mais également utile aux maîtres d'œuvre souvent confrontés *in situ* aux impératifs de mise à la cote rapide des palplanches. Nous livrons ici un condensé des essais effectués, des résultats obtenus et des analyses en cours. Il est important de noter que les conclusions présentées sont indicatives. Elles ne sont valables que dans les conditions d'expérimentation de chaque site et ne sont pas extrapolables sans essais complémentaires à d'autres chantiers.

Mittersheim

Le site de Mittersheim présentait un sous-sol de nature argileuse, légèrement surconsolidée et relativement microfissurée au-delà 5 m de profondeur.

Différentes configurations ont été étudiées :

→ palplanches AZ18 et L4S de 9 m de long, foncées par paires ;

→ 2, 4 ou 5 lances par paire de palplanches ;

→ extrémité de lance : tube ouvert ou jet dirigé.

Le matériel de fonçage utilisé était un vibreur hydraulique ICE 416L et un mouton diesel Delmag D22. Le lançage a permis d'atteindre la cote visée de - 8 m, alors qu'un refus à -3,5 m était observé pour la mise en œuvre par simple vibrage, nécessitant le recours au marteau Diesel pour atteindre la cote finale.

Les pressions d'injection étaient assurées par deux pompes rotatives KSB à vitesse unique et double sortie (pour 2 et 4 lances). La cinquième lance était alimentée par une pompe supplémentaire (pompe à piston 5 vitesses).

Compte tenu des pertes de charges, les pressions en pied de lances étaient de l'ordre de 0,5 à 1,0 MPa pour un débit de 250 l/mn/lance. Elles sont à comparer avec les pressions limites du sol ($P_1 = 0,6$ à $0,8$ MPa sur les six premiers mètres ; $1,2$ MPa au-delà). L'efficacité du lançage a été plutôt favorisée par la pression que par le débit pour ce site argileux.

L'étude des vitesses de fonçage a mis en évidence le gain significatif apporté par le lançage : la durée de mise en œuvre est divisée par un facteur de 8 à 10 (voir diagramme).

Par contre, le nombre de lances et la forme de l'extrémité ne s'avèrent pas être des paramètres déterminants ici. Entre les essais à 2 ou à 5 lances, les extrémités libres ou les jets dirigés, le gain en temps est modeste au regard des contraintes techniques (multiplication des dispositifs d'injection, pointes façonnées...). De plus, un nombre impair de lances est à déconseiller : l'asymétrie du lançage provoque une inclinaison de la palplanche lors du fonçage.

On a observé des remontées d'eau le long des palplanches et dans les piézomètres de proximité, sans doute dues aux microfissurations du terrain. Les pressions interstitielles, quant à elles, sont dissipées en 2 à 10 minutes. Une fouille a montré une modification très localisée du sol sur une couche de 1 à 2 cm, le long de la palplanche vibrolancée. Elle est fortement atténuée, voire inobservable dès 10 à 20 cm de distance. Les tests d'arrachage ont mis en évidence une réduction du frottement mobilisable, de l'ordre de 10 % pour les AZ18 et de 40 % pour les L3S. Ce particularisme est à prendre en compte dans le calcul des ouvrages destinés notamment à reprendre des charges verticales.

De la même manière, les tests de rebattage ont indiqué une perte de résistance (pointe + frottement). On notera que les palplanches AZ18 se sont mieux comportées que les L3S de ce point de vue.

une technique d'aide à la



- 1 → Montage des quatre lances sur palplanches L4S (Strasbourg) et sur palplanches AZ26 (Strasbourg).
- 2 → Raccords en tête de palplanche pour flexibles.
- 3 → Embouts de lance en sifflet.
- 4 → Courbes comparatives et gain de temps (Mittersheim).

Strasbourg

La seconde expérimentation s'est déroulée sur le site en travaux d'un futur bassin de dépollution, à proximité de l'ouvrage OA13 de la nouvelle rocade sud de Strasbourg. Les sols testés sont représentatifs des graves rhénanes (graves +/- sableuses avec recouvrement limoneux local décapé sur le site d'essai).

Configurations étudiées :

- palplanches L4S et AZ26 de 14 m de long, foncées par paire;
- 2 ou 4 lances par paire de palplanches;
- extrémité de lance ouverte ou injection à jet dirigé horizontalement;

Le fonçage était assuré par un vibreur ICE 416 L.

Les pré-essais ont montré très peu d'avantages avec les jets dirigés : l'extrémité de lance simplement ouverte a donc été conservée pour la suite des opérations.

L'injection à deux lances s'est avérée moins efficace que celle avec quatre lances (moins bonne répartition de l'injection, débits plus faibles) : 4 lances ont donc été utilisées pour les essais proprement dits.

On a constaté une amélioration

de la vitesse de fonçage de l'ordre de 10 à 30 % avec le lançage.

Une pompe KSB multitec a permis une pression nette en sortie de lance de 0,8 MPa avec un débit de 130 l/mn, sensiblement inférieure à la pression limite PI du terrain encaissant (1,6 à 2,5 MPa). De plus, l'augmentation de la pression d'injection n'a pas conduit à une amélioration de la vitesse de mise en fiche.

On retiendra donc que l'amélioration apportée par le lançage dans les graves perméables n'est pas ici directement liée à la pression d'injection, mais plutôt au débit.

Les sols encaissants, plus perméables qu'à Mittersheim, sont moins déstabilisés par le procédé. On n'a pas observé de remontées d'eau le long des palplanches et les surpressions interstitielles dues au lançage se sont dissipées quasi instantanément.

Les tests d'arrachage montrent que les valeurs du frottement latéral sol/palplanches mesurées pour une palplanche vibrée et une palplanche lancée sont comparables. Le rebattage au mouton des paires arrachées ne montre

pas de modifications sensibles des résistances en pointe après lançage.

Enfin, il est important de noter que le lançage conduit à une réduction sensible des vibrations, de l'ordre de 20 à 30 %.

On a mesuré des vibrations de l'ordre de 3 mm/s à 10 m de distance pour des palplanches vibrées jusqu'à la cote - 13 m, alors qu'un seuil de 5 à 6 mm/s en fonction de la sensibilité des bâtiments est généralement admis pour la gamme de fréquence observée.

En conclusion, on retiendra que le lançage en site graveleux a apporté une amélioration en terme de vitesse de pénétration (10 à 30 %) et de réduction des vibrations induites (20 à 30 %). Cette amélioration, moins importante que dans le sol argileux de Mittersheim, n'a cependant pas eu lieu au détriment des qualités mécaniques des sols encaissants. ●

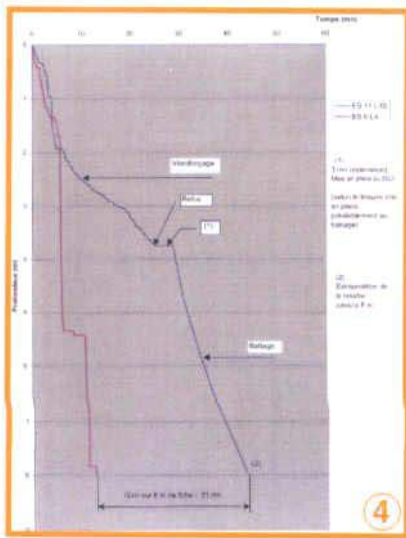
Suivis et analyses des essais

- LRPC Strasbourg
- ProfilARBED R&D, dpt Produits Longs Palplanches
- ISPC

Mise en œuvre

- Entreprise Durmeyer
- Entreprise Leduc
- Entreprise Pommier

mise en œuvre



Lyon

Le chantier EPSE La Rivoire a été suivi dans le cadre de cette recherche sans toutefois faire l'objet d'une expérimentation aussi poussée et instrumentée que les deux sites précédents. Le but était d'apprécier l'intérêt et les limites du lancement dans des alluvions sablo-graveleuses très compactes et de perméabilité moyenne.

Des PU20 simples de 13 m de long ont été foncées avec un vibreur PTC HFV30. Le vibrage traditionnel s'est heurté très rapidement au refus (de -3 à -5 m.).

Le lancement a permis de descendre les barres jusque -8 à -12 m. Cette amélioration notable n'a cependant pas permis d'atteindre la fiche recherchée (-13,00). Le refus a été observé dans les formations molassiques où les palplanches n'ont pu pénétrer la couche très consistante de plus de 1 à 1,50 m.

On a noté des pressions d'injections réduites à 0,3 MPa, très inférieures aux pressions limites des sols en place ($P_l > 5$ MPa). Les débits moyens observés étaient de 300 l/mn.

On remarquera que le lancement sur ce chantier n'a pas été réalisé dans les meilleures conditions: la longueur excessive des flexibles d'alimentation (110 m), le diamètre important de la lance unique de chaque palplanche (diamètre 46/35 mm) ont été des éléments très défavorables. ●

Toulouse

Le chantier expérimental sur le site de Borderouge (future ligne B du métro toulousain) a permis d'apprécier l'efficacité d'une assistance par lancement d'eau sous haute pression dans la molasse toulousaine, sol réputé très difficile pour le fonçage des palplanches. L'objectif était d'obtenir une fiche de 10 m dont 6,50 m dans la molasse caractérisée par des modules pressiométriques variant de 35 à 82 MPa.

Caractéristiques de mise en œuvre :

- palplanches ProfilARBED L3S de 10 m de long;
- vibreur PTC 60HD (gamme de fréquence standard : 15 à 20 Hz);
- pompe d'injection GBE (débit 10 l/mn, pression max. 160 bars);
- pointe avec jets dirigés de deux types : pointe conique ou pointe en sifflet (photo 3).

Cette approche s'est avérée bien adaptée aux conditions du site. Le vibrofonçage simple d'une palplanche enclenchée au-delà de 7,1 m a été irréalisable, d'importants frottements dans les

serrures apparaissant dès 4,8 m ont conduit à une rupture en tête. Par contre une réduction significative du frottement latéral et une lubrification au niveau des serrures, dans le cas du vibrolancement ont permis un gain de 30 à 100 % sur la durée de mise en fiche. Le très faible débit d'injection de 20 l/mn pour les deux lances, s'est avéré suffisant. Le volume d'eau injecté par palplanche n'a été que de 180 et 250 litres en moyenne pour 8,30 m de fiche. Les palplanches lancées ont de plus pu être extraites intactes du sol, sans résistances particulières et sans déformations.

Les valeurs des vitesses de vibrations induites par le vibrage et par le vibrolancement ne diffèrent pas beaucoup. Inférieures à 4 mm/sec à 10 m de la palplanche (y compris lors du vibrolancement jusqu'à 10 m de profondeur), elles restent en dessous du seuil habituellement retenu pour les gammes de fréquence utilisées (seuils de 5 à 6 mm/s pour les constructions classées sensibles). ●

Par ces essais et en s'entourant de spécialistes pour une approche scientifique de qualité, ProfilARBED se réjouit d'avoir contribué à l'avancée des connaissances en matière de lancement. Ce, pour le plus grand intérêt des batteurs, des maîtres d'œuvre et des prescripteurs.

Définition...

Le lancement

C'est une opération liée à un procédé de fonçage des palplanches, le plus souvent le vibrage. Le principe consiste à envoyer de l'eau sous pression et/ou débit contrôlés, au voisinage du pied de la palplanche à foncer. Les lances, constituées d'un tube d'acier rigide, sont généralement fixées à la palplanche, et raccordées à des pompes par des flexibles. La pression de l'eau ameublisse le sol, diminuant la résistance en pied de palplanche. Selon les conditions de terrain, l'eau qui reflue le long de la palplanche diminue le frottement latéral, jouant le rôle de lubrifiant. Le lancement peut permettre à des palplanches de pénétrer dans des sols très denses : la mise en œuvre est généralement fortement accélérée, alors que les vibrations induites sont atténuées.

Palplanches et remblais légers sur sols compressibles

L'utilisation en remblai de rebuts de matières plastique propres fortement compressés et ligaturés en blocs de 1 m³ a fait l'objet d'une validation IVOR. L'ouvrage innovant consistait à rectifier un lacet de route départementale en Savoie. Le remblai de Plastbloc, placé derrière un rideau de palplanches, a l'avantage de n'engendrer que de faibles poussées sur l'écran, permettant d'économiser sur le dimensionnement des palplanches et des tirants (fiche IVOR 00.3).

BAUMA 2001 : l'AU20 en vedette

Du 2 au 8 avril s'est déroulée à Munich la BAUMA 2001. Il s'agit de la plus grande manifestation dédiée aux Travaux publics en Europe. De réputation mondiale, elle a réuni plus de 2200 exposants dont ProfilARBED. Un très grand nombre de nouveautés ont été présentées à un public nombreux et spécialisé. Parmi elles, sur le stand de ProfilARBED, la palplanche AU20 a tenu la vedette.



Deltapalplanche à l'école

Plus d'une trentaine d'entreprises du BTP ou en lien direct avec le BTP se sont retrouvées le 7 mars dernier au forum Euro Carrières de l'ESITC de Metz (École supérieure d'ingénieurs des travaux de la construction). Conférences, débats et tables rondes ont animé la journée qui fut riche et chargée pour les élèves de l'école. Profil Arbed ne pouvait manquer ce rendez-vous avec les futurs ingénieurs du BTP.



le point sur...

Le Sikaflex réussit les tests

À la recherche d'un produit de colmatage des griffes de palplanches applicable sur l'extérieur des serrures, Profil Arbed a initié une étude comparative portant sur six produits testés avec quatre systèmes de peinture.

Pour répondre au cahier des charges retenu, les joints devaient répondre aux exigences suivantes : être adhérents à l'acier et au primaire, pouvoir être mis en peinture, être résistants aux intempéries, résister à une pression hydrostatique de 0,5 bar. De nombreux essais ont été effectués : essais de résistance à la pression, essais de corrosion au brouillard salin, essais de corrosion en test cycliques. Ils ont montré que les joints polyuréthane combinés aux peintures ont bien supporté les effets climatiques auxquels ils avaient été soumis. Les fissurations parfois observées se sont limitées à la couche de finition. Leur efficacité contre les infiltrations et la formation de rouille s'est avérée excellente. L'appréciation générale de l'ensemble des essais a permis de placer en tête de la classification des joints polyuréthane le mastic-colle Sikaflex 221. Les joints d'acrylate ou



Aspect de la surface au niveau de la serrure des palplanches après un vieillissement accéléré.

le système silicone sont par contre à exclure même si la dégradation semble se limiter à l'effet esthétique (formation de « peau d'orange » en surface, fissuration assez importante des couches de finition...).

Descriptif technique

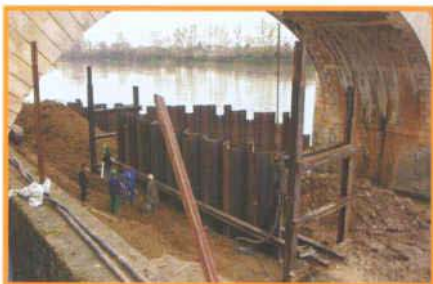
Le Sikaflex 221 est un élastomère polyuréthane monocomposant à hautes performances.

Ses caractéristiques physiques et mécaniques sont les suivantes :

- Stabilité en service : -40 °C à +90 °C.
- Vitesse de polymérisation : 3 mm en 24 heures (à 20 °C et 65 % HR).
- Temps ouvert : 50 mn (à 20 °C et 65 % HR).
- Densité : 1,2 environ.
- Dureté shore A : +/- 45.
- Allongement avant rupture cohésive : > 450 %.
- Résistance à la traction : +/- 1,8 N/mm²

Des palplanches utilisées en protection contre les inondations

Palplanches contre béton



De grande envergure, les travaux d'aménagement de la Garonne visent à protéger l'agglomération agenaise contre les crues du fleuve. À Saint-Pierre-de-Gaubert, sur la commune de Boé, la proximité des habitations et la profondeur de l'ancrage ont conditionné l'option palplanches.

Dans quelques temps, les habitants de Saint-Pierre-de-Gaubert n'auront plus à craindre d'avoir les pieds dans l'eau. Depuis le début de l'année, se dresse sous leurs yeux un rideau anticrue qui devrait atteindre 560 m de longueur d'ici à la fin de cette tranche de travaux prévue en février 2002. Contrairement aux ouvrages en béton, édifiés plus en aval celui-ci se compose de palplanches. Leur étanchéité est assurée par des joints hydrogonflants de type Roxan appliqués en usine dans leurs serrures. La hauteur de ces 1 400 tonnes de palplanches AZ36 varie entre 11 m et 14,50 m. Préalablement à leur battage dans le substratum marneux, des tirants forés sont mis en œuvre. Ils sont ancrés dans la marne et permettront de maintenir les palplanches à l'aide de barres d'acier inclinées à 45°, de diamètres 45 ou 55 mm, d'environ 20 mètres de longueur.

Un passage délicat

L'ouvrage à réaliser passe sous la première arche d'un pont SNCF. À cet endroit, les palplanches doivent être mises en place en deux phases : la partie basse translaturée sous le pont depuis un châssis puis foncée dans le sol et la partie haute amenée à pied d'œuvre par le même procédé puis soudée par éclissage sur la partie basse. Lors du battage des palplanches, des mesures de vibrations sont effectuées en temps réel au niveau des habitations riveraines et sur l'ouvrage SNCF. Un écran acoustique limite les nuisances sonores. Le tracé de la RD n° 443 longeant la Garonne est modifié et des

réseaux concessionnaires ont été déplacés en première partie de chantier pour permettre la mise en œuvre des palplanches.

Des contraintes architecturales

L'emplacement de l'ouvrage, visible du bourg mais aussi de la rive opposée, nécessite une finition soignée. Une poutre de couronnement en béton teinté dans le style des habitations et un habillage des palplanches viendront compléter la digue. L'aménagement paysager comprendra notamment la création d'une promenade piétonne le long de l'ouvrage, la reconstitution d'une placette en castine près du pont SNCF, la réalisation de belvédères-passe-relles en console offrant une vue sur le fleuve et la végétalisation de la berge et des abords de l'ouvrage. Enfin, la partie visible des palplanches sera peinte dans une teinte en accord avec l'ensemble. En amont et en aval de ce rideau se raccorderont des digues en terre. Le coût global du chantier s'élève à 44 MF TTC, ce qui représente, grâce à la solution palplanches, une économie de près de 50 % par rapport à un ouvrage équivalent en béton sur ce site. ●

Fiche technique

Maître d'ouvrage :
Communauté d'agglomération d'Agen
Maître d'œuvre : DDE 47
Architecte : Cabinet Brassie
Mise en œuvre : GTM
Tonnage : 1 400 tonnes d'AZ36

« La vente avec rachat en fin de chantier »

« MAP génie civil », filiale d'Europrofil France, propose la location de l'ensemble des profils Arbed. Pour les chantiers dont la durée de location dépasse les six mois une offre de « vente avec option de rachat en fin de chantier » peut être proposée. Les conditions générales de l'offre « V.R. » sont étudiées et établies pour chaque type d'ouvrages provisoires.

MAP Génie Civil - 120, rue du Juncassun,
ZAC de Garossos 31700 BEAUZELLE.
Interlocuteur : Yves Duboë,
Tél. 0561 77 02 62 - Fax 0561 77 02 61.

Astuce

Dans le choix de palplanches laminées à chaud employées en rideau d'ancrage continu arrière, le calcul met souvent en évidence un surdimensionnement du profil retenu par rapport aux contraintes à absorber. Les palplanches profilées à froid, plus légères, permettent souvent d'optimiser les tonnages et donc de réduire les coûts.