

Palplanches  
66, rue de Luxembourg  
L- 4221 Esch-sur-Alzette (Luxembourg)  
Tel : (+352) 5313 31 05  
Fax : (+352) 5313 3290  
E-mail : palplanches@arcelor.com  
Internet : www.palplanche.com

Mise en œuvre des

palplanches en acier

2-21-01-1-F

# MISE EN ŒUVRE DES PALPLANCHES EN ACIER

Avec les compliments de



L-4009 Esch-sur-Alzette  
Luxembourg

Edition 2003

1. Edition 1995, traduite de l'anglais: mise en œuvre des palplanches en acier, Technical European Sheet Piling Association (TESPA)



# Table des matières

<b>1. Généralités</b>	5
<b>2. Le sol</b>	8
2.1 Conditions du site	
2.2 Caractéristiques du sol	
2.3 Caractéristiques du battage dans différents sols	
2.4 Choix du profil de palplanche vis-à-vis de la mise en œuvre	
<b>3. Systèmes de battage</b>	16
3.1 Généralités	
3.2 Moutons diesel	
3.3 Moutons à chute	
3.4 Moutons hydrauliques à double effet (hydrohammer)	
3.5 Moutons à double effet, air comprimé ou vapeur (à frappes rapides - trépideurs)	
3.6 Vibrateurs	
3.7 Presses à palplanches	
3.8 Systèmes spéciaux	
<b>4. Méthodes de battage</b>	33
4.1 Généralités	
4.2 Mise en fiche et battage	
4.3 Battage par panneaux	
4.4 Battage en «touches de piano»	
4.5 Battage de rideaux mixtes	
<b>5. Batardeaux</b>	39
5.1 Batardeaux rectangulaires	
5.2 Batardeaux circulaires	
<b>6. Guides de battage</b>	43
6.1 Généralités	
6.2 Guide supérieur	
6.3 Guide inférieur	
<b>7. Equipements annexes</b>	52
7.1 Généralités	
7.2 Chevalets préfabriqués et liernes/passerelles (guides)	
7.3 Manilles de manutention (largueurs)	
7.4 Enclencheurs	
7.5 Sabots de renfort	
7.6 Pincés de manutention en acier	
7.7 Casques de battage	
<b>8. Assistance au battage</b>	61
8.1 Lançage	
8.2 Dynamitage	
8.3 Forage	
<b>9. Corrections lors du battage</b>	67
9.1 Correction du dévers	
9.2 Entraînement d'une palplanche adjacente	
9.3 Contrôle de la longueur du rideau	
9.4 Tolérances de battage	
<b>10. Aspects particuliers du battage</b>	74
10.1 Essais de battage	
10.2 Battage sous gabarit réduit	
10.3 Battage sous l'eau	
10.4 Charges verticales	
10.5 Niveau phonique	
10.6 Vibrations dans le sol causées par le battage de palplanches	
<b>11. Palplanches plates</b>	88
11.1 Généralités	
11.2 Stockage	
11.3 Manutention	
11.4 Levage	
11.5 Opération de battage	
<b>12. Arrachage</b>	95
12.1 Généralités	
12.2 Mesures devant être prises avant et durant le battage	
12.3 Arrachage	



## 1. Généralités

Le présent manuel propose une introduction aux méthodes de mise en œuvre des palplanches, à partir de l'expérience commune des Producteurs Européens de Palplanches. En effet, il ne suffit pas de connaître par avance les caractéristiques de l'acier et du profil pour être sûr de parvenir à de bons résultats.

Ce document a par conséquent pour objectif de décrire brièvement les dispositions pratiques qui doivent être prises en compte pour assurer une installation correcte du produit. Il vise à mettre en lumière l'importance qu'il y a à prédire l'aptitude au battage de profils de palplanches, après évaluation exhaustive des conditions du sol.

Il fait ensuite un inventaire des systèmes de battage existants, depuis les marteaux à percussion jusqu'aux vibrateurs et les systèmes spéciaux. Les méthodes de battage, les équipements annexes, gabarits compris, font également l'objet d'un exposé, ainsi que diverses procédures indicatives qui ont pour finalité de vous aider à procéder correctement à l'installation des palplanches. Pour finir, un certain nombre de problèmes courants sont illustrés avant de traiter brièvement quelques aspects particuliers du battage.<sup>1</sup>

Note: Tous les soins ont été apportés pour assurer l'exactitude du contenu de cette publication, mais ni TESP, ni ProfilARBED n'acceptent aucune responsabilité pour les erreurs ou pour les informations qui pourraient se révéler avoir induit en erreur. Les suggestions de ou au sujet des méthodes de travail sont données à titre d'information ou de guide uniquement, et ni TESP, ni ProfilARBED n'acceptent aucune responsabilité sous ce rapport.

## 2. Le sol

### 2.1 Conditions du site

Pour mener à bien un battage de palplanches, il est essentiel de disposer d'une bonne connaissance des conditions du site, pour pouvoir en apprécier les aspects topographiques et géologiques. Les premiers permettront une description spécifique du site et permettront de faire ressortir en détail les restrictions opératoires comme le bruit et les vibrations. Chaque site fait l'objet de telles restrictions qui lui sont propres et qui varient en fonction de la proximité et de la nature des constructions voisines, la catégorie de route, les infrastructures, les sources d'énergie, les zones de stockage de matériaux, etc.

Les conditions géologiques ont trait aux caractéristiques verticales des couches du sol en présence. Afin de parvenir à une bonne pénétration des palplanches, une étude des sols du site est nécessaire; des essais sur site et en laboratoire apportant une aide précieuse à l'installation grâce aux informations qu'on obtiendra sur:

- la stratification du sous-sol;
- la taille des grains, la répartition de formes, le coefficient d'uniformité;
- les inclusions;
- la porosité et le taux des vides;
- la densité;
- le niveau de la nappe phréatique;
- la perméabilité à l'eau du sol;
- le degré de saturation;
- les paramètres de cisaillement, la cohésion;
- les résultats de tests de pénétration dynamique et statique, et les résultats de tests standard de pénétration (SPT) ou pressiométriques.

En général, on ne dispose que des résultats énoncés en a), e), i), j).

### 2.2 Caractéristiques du sol

Le tableau qui suit indique une relation entre la densité et les résultats de tests de pénétration et de pressiométrie pour des **sols non cohérents**.

DPH <sub>(1)</sub>	SPT <sub>(2)</sub>	CPT <sub>(3)</sub>	Essai pressiométrique		Densité
			pl	E <sub>M</sub>	
n <sub>10</sub>	n <sub>30</sub>	q <sub>s</sub>	MN/m <sup>2</sup>		
	< 4	2,5	< 0,2	1,5	très lâche
3	4 à 10	2,5 à 7,5	0,2 à 0,5	1,5 à 5,0	lâche
3 à 15	10 à 30	7,5 à 15	0,5 à 1,5	5,0 à 15	moyennement dense
15 à 30	30 à 50	15 à 25	1,5 à 2,5	15 to 25	dense
> 30	> 50	> 25	> 2,5	> 25	très dense

- Sondage dynamique lourd (Dynamic Probing Heavy)
- Test de pénétration standard (Standard Penetration Test); dynamique
- Test de pénétration de cône (Cone Penetration Test); statique

La consistance de **sols cohérents**, en relation avec les résultats du SPT, du CPT et du test pressiométrique est donnée ci-dessous:

SPT	CPT	Essai pressiométrique		Consistance	Résistance au cisaillement sans drainage
		pl	E <sub>M</sub>		
n <sub>30</sub>	q <sub>s</sub>	MN/m <sup>2</sup>			kN/m <sup>2</sup>
< 2	< 0,25	< 0,15	1,50	très molle	20
2 à 4	0,25 à 0,5	0,15 à 0,35	1,50 à 5,25	molle	20 à 40
				molle à ferme	40 à 50
4 à 8	0,5 à 1,0	0,35 à 0,55	5,25 à 8,25	ferme	50 à 75
				ferme à tenace	75 à 100
8 à 15	1,0 à 2,0	0,55 à 1,0	8,25 à 20	tenace	100 à 150
15 à 30	2,0 à 4,0	1,0 à 2,0	20 à 40	très tenace	150 à 200
> 30	> 4,0	> 2,0	> 40	dure	> 200

\* Les valeurs SPT ne sont pas utilisées en général pour l'évaluation des couches d'argiles.  
NB: 1 MN/m<sup>2</sup> = 10 bar.



Les corrélations entre les différentes méthodes d'essai de sols ne s'appuient sur aucune norme.

Chaque méthode conduit à une classification spécifique du sous-sol.

Les tableaux sont donnés à l'utilisateur uniquement à titre indicatif et en complément à sa propre expérience.

### 2.3 Caractéristiques du battage dans différents sols

Les différents types de sol, possédant les divers paramètres énumérés au paragraphe 2.2, présentent différentes caractéristiques pour le battage. En voici une description succincte.

#### *Méthode: battage par percussion*

On peut s'attendre à un battage facile dans des sols meubles tels que vases et tourbes, dans des dépôts lâches de sables grossiers ou moyens et des graviers sans inclusions rocheuses.

On peut s'attendre à un battage difficile dans des dépôts denses de sables fins, moyens ou grossiers, dans des argiles dures et des couches rocheuses tendres à moyennes. Les sols secs opposeront une résistance à la pénétration supérieure à celle de sols humides, immergés ou complètement saturés.

#### *Méthode: fonçage par vibration*

Les sols composés de sable à grains arrondis et de graviers, et les sols mous se prêtent particulièrement bien au fonçage par vibration. Les matériaux à grains anguleux ou les sols compacts sont eux beaucoup moins bien adaptés à ces méthodes de mise en œuvre.

On a constaté là aussi que les sols secs offrent une résistance à la pénétration supérieure à celle de sols humides, immergés ou complètement saturés.

Si le sous-sol granulaire est par ailleurs compacté par les vibrations, la résistance à la pénétration augmentera brutalement, provoquant le refus.

Pour les sols difficiles, il pourra s'avérer nécessaire de consulter les remarques contenues dans le chapitre 8.

### 2.4 Choix du profil de palplanche vis-à-vis de la mise en œuvre

Dans tous les projets de génie civil il est nécessaire de minimiser le coût de l'ouvrage. Il importe donc de sélectionner la palplanche optimale pour la tâche en question. Des palplanches larges et profondes ont tendance à être plus avantageuses en termes de coût que des équivalentes plus étroites, car elles offrent la même résistance à la flexion pour une masse au mètre carré inférieure. En raison de leur largeur plus importante, il faut moins de palplanches pour couvrir une longueur de rideau donnée, ce qui permet ainsi de réduire les coûts de mise en œuvre.

Le profil de la palplanche choisi par le concepteur doit permettre le fonçage à travers les différentes couches de sol jusqu'à la profondeur requise. L'aptitude au battage d'une palplanche est fonction des dimensions de sa section transversale, de sa longueur, de la nuance d'acier utilisée, de la charge appliquée et de la durée de celle-ci, ainsi que de la méthode employée pour l'installation. Les dimensions de la section transversale d'une palplanche sont fonction de l'épaisseur du métal, de la profondeur et de la largeur du profil, ainsi que de la forme qui lui a été donnée.

Plus la section du profil est importante, plus la force de battage nécessaire sera élevée. Pour éviter de déformer inutilement la tête des palplanches, il importe de veiller à ce que le profil choisi soit compatible avec les conditions de sol en présence. La géométrie du profil de palplanche peut conduire à la formation d'un bouchon en pied des barres dans la plupart des couches de sol cohérentes et certaines couches de sol granulaire dense.

La force de battage nécessaire est fonction des caractéristiques du sol. Selon le profil et la nuance d'acier de la palplanche, une limite précise va déterminer son aptitude au battage. La contrainte admissible va augmenter en fonction de la qualité de l'acier, et ainsi, en toute logique, des palplanches en acier à haute limite d'élasticité seront plus résistantes aux déformations en tête et en pied que des profils identiques dans un acier de moindre qualité.

La prise en considération des couches de sol et des paramètres appropriés doit permettre d'estimer la résistance au battage attendue, et à partir de là de choisir le profil qui convient. Le tableau suivant s'appuie sur une relation simple utilisant les résultats du Test de Pénétration Standard (SPT) pour des couches de sol dépourvues de cohésion, et pour une largeur de palplanche de 500 mm, dans un contexte d'utilisation d'un marteau à percussion.

SPT minimum valeur N dominante	module du rideau (cm <sup>3</sup> / m)	
	acier à haute limite d'élasticité	acier à basse limite d'élasticité
0- 10	500	
11- 20		500
21- 25	1000	
26- 30		1000
31- 35	1300	
36- 40		1300
41- 45	2300	
46- 50		2300
51- 60	3000	
61- 70		3000
71- 80	4000	
81-140		4000

Où N désigne la valeur du Test de Pénétration Standard (SPT).

"Dominant" signifie la moyenne des valeurs hautes pour les sols devant être traversés.

Dans le cas où les palplanches doivent avoir leur pied fiché dans le rocher, la valeur de N sera divisée par un facteur 4 pour cette couche seule.

On insistera cependant sur le fait que les chiffres donnés dans ce tableau le sont à titre indicatif seulement. D'une part, il est primordial d'adopter de bonnes pratiques de battage, et d'utiliser conjointement des moutons appropriés et en bon état. D'autre part, le tableau est conçu pour des profils de palplanches courants d'une largeur de 500 mm, les corrections appropriées devront par conséquent être appliquées pour des palplanches dont les distances entre serrures sont plus grandes ou plus petites.

Sélectionner un profil de palplanche apte au battage dans une couche cohérente est un processus complexe, et le choix du profil est en général inspiré par l'expérience. On peut toutefois évaluer la résistance au battage en utilisant conjointement la section du profil de palplanche et les caractéristiques de la couche cohérente. Le calcul sera cependant considérablement altéré si un bouchon complet ou partiel apparaît au niveau du pied. La résistance de pointe du profil avec bouchon devra être incluse, de même que la réduction de la surface latérale du profil considéré.

En ce qui concerne les autres systèmes de battage que le marteau à percussion, l'utilisateur se reportera aux chapitres correspondants.



### 3. Systèmes de battage

#### 3.1 Généralités

Le choix d'un système de battage approprié est d'une importance fondamentale pour installer convenablement des palplanches et parvenir à des conditions de sécurité correctes. Dans ce qui suit, nous allons aborder en détail diverses catégories de systèmes de battage.

#### 3.2 Moutons diesel

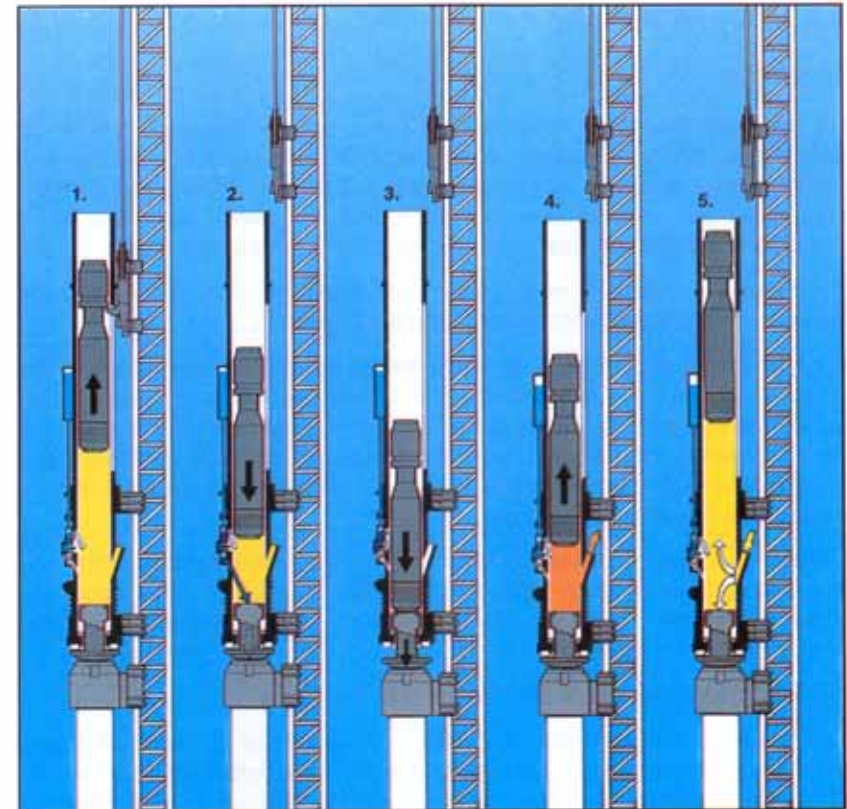
Un mouton diesel est principalement constitué d'un cylindre, d'un piston et d'une enclume reposant au fond du cylindre.

Dans les moutons à simple effet, le sommet du cylindre est ouvert, tandis qu'il est fermé dans les modèles à double effet. Ce système de double effet peut également être réalisé en utilisant une chambre sous vide.

Pour amorcer le mouton à simple effet, le piston est soulevé jusqu'à une hauteur donnée, et relâché automatiquement. En tombant, le piston comprime l'air dans la chambre de compression et active la pompe à carburant qui pulvérise du carburant au sommet de l'enclume. La percussion du piston sur l'enclume atomise le gazole, qui s'enflamme dans l'air fortement comprimé. Cette énergie explosive propulse le piston vers le haut, tout en repoussant la palplanche vers le bas, ce qui relance le cycle du mouton.

Les moutons diesel donnent des résultats particulièrement bons dans des couches de sol cohérentes ou très denses. Dans des conditions de site normales, il est d'usage de choisir un rapport du poids du mouton au poids de la palplanche, casque de battage inclus, de 1 : 2 à 1,5 : 1. La présence des casques de battage ou des martyrs répond à la nécessité de protéger la tête des palplanches durant le battage.

Sauf préconisations différentes du fabricant, on considère qu'une pénétration de 25 mm pour 10 coups constitue une limite pour l'utilisation des moutons diesel. Dans certaines circonstances, il est possible d'admettre une pénétration de 1 mm par coup durant un bref laps de temps. Le maintien de ce taux de frappe pendant une durée prolongée pourrait causer la détérioration du mouton et de son équipement.



Les moutons sont actionnés comme suit :

#### 1. Relevage du piston

Pour démarrer le mouton diesel, le piston est levé au moyen d'un dispositif de déclenchement et relâché automatiquement à une certaine hauteur.

#### 2. Injection du gazole, et compression

En retombant, le piston actionne le levier de la pompe, de telle sorte qu'une certaine quantité de gazole est pulvérisé au sommet de l'enclume. Après avoir dépassé les sorties

d'échappement, le piston commence à comprimer l'air contenu dans la chambre du cylindre.

#### 3. Impact et explosion

L'impact du piston sur l'enclume atomise le gazole dans la chambre de combustion. Le carburant atomisé s'enflamme dans l'air fortement comprimé. L'énergie de l'explosion résultante force le piston vers le haut.

#### 4. Echappement

En remontant vers le haut, le piston dégage les sorties

d'échappement. Les gaz d'échappement s'évacuent et la pression dans le cylindre s'égalise.

#### 5. Expulsion

Le piston continue à remonter vers le haut, et ce faisant aspire l'air frais par le système d'échappement afin de balayer l'intérieur du cylindre, tout en libérant le levier de la pompe. Le levier de la pompe retourne à sa position de départ, de telle sorte que la pompe se recharge en carburant.

Figure 3.2: MOUTON DIESEL

Repris du catalogue DELMAG



### 3.3 Moutons à chute

#### Généralités

Ce mouton s'adapte sans difficulté au battage de tout profil de palplanche dans n'importe quelles conditions de sol comme, par exemple, au-dessus et en dessous de la nappe phréatique, en adoptant également les mêmes rapports de poids du piston et les mêmes conditions de battage que ceux décrits pour les moutons diesel.

Il existe des pistons dont le poids peut atteindre 11 tonnes pour une hauteur de chute pouvant varier jusqu'à 1,2 mètres.

Pour une masse de piston et une hauteur de frappe maximales, il est possible d'atteindre une vitesse de frappe de 40 coups/minute en séquence automatique. Rappelons qu'il est toujours préférable d'utiliser un piston lourd, mais cependant avec des coups de faible amplitude afin d'éviter toute détérioration de la tête des palplanches et de minimiser le niveau des émissions phoniques.

Grâce à la précision de ses commandes, et une utilisation correcte, il est possible d'utiliser 75 à 80% de l'énergie nominale. Des appareils d'enregistrement stockent simultanément les informations utiles concernant le battage.

Il existe trois types principaux de moutons à chute.

*Les moutons à chute mus par câble.* – Ceux-ci se composent d'une masse qui est soulevée par la machine avant d'être relâchée pour tomber librement sur la palplanche à battre. Le câble permet le réglage de la hauteur de la chute.

*Les moutons à chute à vapeur.* – Dans ces moutons à chute spéciaux, le cylindre du dispositif constitue la masse qui va tomber librement pour être remontée sous l'effet de la pression de vapeur. Cette pression va être relâchée par un système de soupape, ce qui entraîne la chute du cylindre. Le système permet un réglage de la hauteur de chute en fonction des conditions de battage.

*Les moutons à chute hydrauliques.* – Ce type de moutons comprend un piston à segments guidé par deux supports externes. La pression hydraulique lève le piston jusqu'à une hauteur donnée, puis se relâche provoquant la chute du piston sur l'enclume ou le casque de battage.

Il est également possible d'adapter le poids et la hauteur de chute du piston en fonction du profil des palplanches et des conditions du site.



Figure 3.3-1:  
MOUTON À VAPEUR



Figure 3.3-2:  
MOUTON  
HYDRAULIQUE



### 3.4 Moutons hydrauliques à double effet (hydrohammer)

Ces marteaux sont formés d'un piston enfermé dans un carter et levé par pression hydraulique. Dans sa chute, le piston reçoit un surcroît d'énergie qui produit une accélération de 2 g., ce qui fait que lorsqu'il parcourt une course effective de 1 m, cela correspond en fait à une chute libre de 2 m de haut.

Ces moutons délivrent une énergie maximale par coup qui va de 35 kNm à 3000 kNm pour une vitesse de frappe de 50/60 coups par minute. Grâce à un système électronique de commande, la conduite de l'opération est optimisée, et de par sa conception il est possible d'intégrer toute une série d'appareillages de sécurité, de surveillance et d'indication. L'énergie nette appliquée à la palplanche est mesurée à chaque frappe et affichée sur un panneau de commande, ce qui permet de la réguler en permanence (entre la valeur maximale et moins de 5% de celle-ci).

Le mouton hydraulique à double effet peut fonctionner avec une inclinaison quelconque, au-dessus ou en dessous du niveau de l'eau, et il convient à la fois à l'arrachage et au fonçage.

Dans des conditions normales de chantier, on opte habituellement pour une masse du piston se situant dans un rapport de 1 : 1 à 1 : 2 par rapport à la masse de la palplanche, casque de battage compris.

À ce jour, on ne connaît guère que l'utilisation de moutons hydrauliques à double effet délivrant une énergie par coup de 35 kNm à 90 kNm utilisés au battage des palplanches. Des moutons de capacité supérieure sont considérés comme trop lourds.

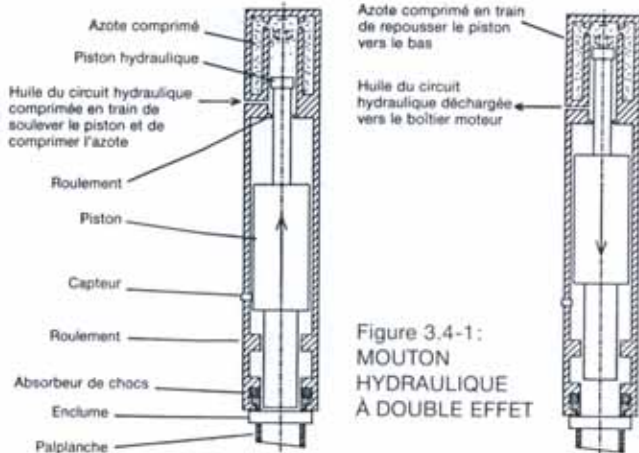


Figure 3.4-2: MOUTON HYDRAULIQUE À DOUBLE EFFET

(Catalogue Menck)



### 3.5 Moutons à double effet, air comprimé ou vapeur (à frappes rapides - trépideurs)

Dans les trépideurs, les mouvements ascendants et descendants du piston sont produits par de l'air comprimé ou de la vapeur. L'air ou la vapeur est acheminée sous pression jusqu'à une boîte à tiroirs qui contient une vanne de distribution envoyant alternativement la pression de part et d'autre du piston, tandis que le côté opposé est connecté au système d'échappement.

Lorsqu'elle retombe, la masse percute une enclume plate qui est fixée au cylindre, celui-ci étant placé sur la tête de la palplanche subissant le

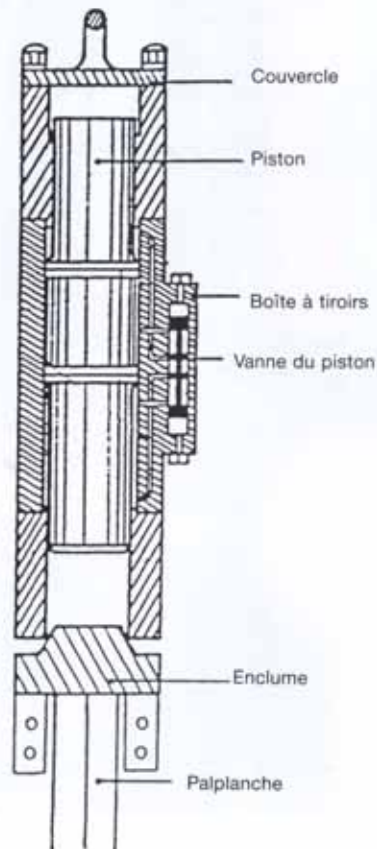


Figure 3.5: TRÉPIDEUR

battage. Le piston remonte sous l'effet de la pression qui à nouveau le chasse contre l'enclume.

Par rapport à un mouton à chute libre de même poids total, la masse du piston des trépideurs est largement inférieure. Elle représente seulement 10 à 20% du poids total du marteau, mais son efficacité est sensiblement renforcée par la pression (5-8 bar) appliquée sur l'extrémité supérieure du piston.

Ces moutons sont conçus pour fonctionner au maximum d'efficacité avec des compresseurs de taille standard courants. Pour les marteaux de ce type, 90% de l'énergie de frappe disponible est produite par l'effet de l'air ou de la vapeur sur le piston.

Le poids du piston des trépideurs habituellement utilisés avec des palplanches varie de 100 à 1300 kg, et la hauteur de chute, qui augmente en général avec la masse du mouton, varie de 110 à 500 mm. L'énergie de frappe totale du plus gros trépideur se situe à environ 30 kNm par coup, ce qui est très en deçà des plus gros moutons simple effet à chute. En revanche, la fréquence de frappe des trépideurs est plus élevée, au voisinage de 100 coups/minute pour les plus grosses machines et 400 coups/minute pour les plus petites. Une telle fréquence de frappe conduit en général à un mouvement continu de la palplanche, ce qui augmente son aptitude à la pénétration dans les sols.

Il n'est pas recommandé d'intercaler un casque de battage entre l'enclume du mouton et la palplanche en cours de battage, car cela entraîne des déperditions d'énergie considérables.

Les trépideurs peuvent également être équipés pour fonctionner sous l'eau ou pour l'arrachage des palplanches.

Lors d'un battage en continu, la vitesse minimale d'enfoncement des barres doit être fixée à 150 mm/min, bien que les valeurs jusqu'à 50 mm/min puissent être admises pendant de courtes périodes de temps.

En temps normal, on ne retiendra pas un rapport masse du piston à la masse de la palplanche inférieur à 1 : 5.





### 3.6 Vibrateurs

Ces matériels appliquent des vibrations aux palplanches pour leur permettre de traverser certaines couches de sol. Le principe du fonçage par vibration vise à réduire le frottement entre la palplanche et le sol. Les vibrations modifient temporairement le sol autour de la palplanche, en provoquant une faible liquéfaction ce qui entraîne une diminution sensible de la résistance entre le sol et la palplanche. De sorte, il est possible d'enfoncer le profil dans le sol en appliquant une charge très faible, à savoir: la masse propre de la palplanche plus celle du vibreur.

Le vibreur génère des oscillations à l'intérieur d'un boîtier vibrant dans lequel des masses excentriques sont entraînées par un ou plusieurs moteurs. Les masses tournent à la même fréquence, mais dans des directions opposées, ce qui élimine la composante horizontale des forces, ne gardant opérationnelles que les composantes verticales. Les vibreurs peuvent être actionnés par un moteur électrique, un moteur hydraulique ou les deux.

Des pinces hydrauliques montées sous le boîtier vibrant assurent la fixation sur les profils et leur transmettent les mouvements oscillants. La grue à laquelle est suspendu le vibreur doit être isolée du boîtier vibrant par des coussins en caoutchouc ou des éléments à ressort. La possibilité de faire varier la vitesse des vibreurs hydrauliques permet d'adapter la fréquence du système à des conditions de sol diverses, et du fait de leur alimentation en énergie, ces engins de battage sont parfaitement adaptés au travail sous l'eau.

Les vibreurs sont également des arracheurs de palplanches très efficaces. La diminution de résistance entre le sol et la palplanche en permet l'arrachage en exerçant une traction verticale considérablement réduite par rapport à la force statique qui serait nécessaire pour extraire un profil identique.

Dans la gamme des vibreurs standards, la fréquence varie de 800 à 1800 t/min et les forces centrifuges montent jusqu'à 5000 kN. Les machines de fonçage à haute fréquence récemment arrivées sur le marché montent jusqu'à 3000 t/min. Les vibrations élevées qu'elles développent s'atténuent très rapidement, et ne causent ainsi que peu de problèmes aux propriétés voisines.

Les performances de pénétration dépendent principalement des conditions de sol. Les sols qui se prêtent le mieux à des travaux par vibration sont les sols non-cohérents, les graviers ou les sables, surtout



lorsqu'ils sont saturés en eau. Avec des sols mixtes ou cohérents, les vibrateurs peuvent être utilisés lorsque la teneur en eau est élevée. Par contre, des sables asséchés artificiellement peuvent se révéler très résistants au fonçage par vibration.

A titre indicatif, il est possible d'utiliser la formule suivante pour déterminer la taille d'un vibrateur:

$$F = 15 \times \frac{(t + 2G)}{100} \text{ [kN]}$$

F = force centrifuge,  
t = profondeur de fonçage en m,  
G = masse de la palplanche en kg.

On admet généralement comme limite une vitesse de pénétration d'environ 50 cm par minute. On peut considérer cette limite comme une indication pour la maîtrise d'éventuelles nuisances vibratoires, et il convient d'exercer une surveillance attentive si le fonçage est poursuivi en deçà de cette valeur.

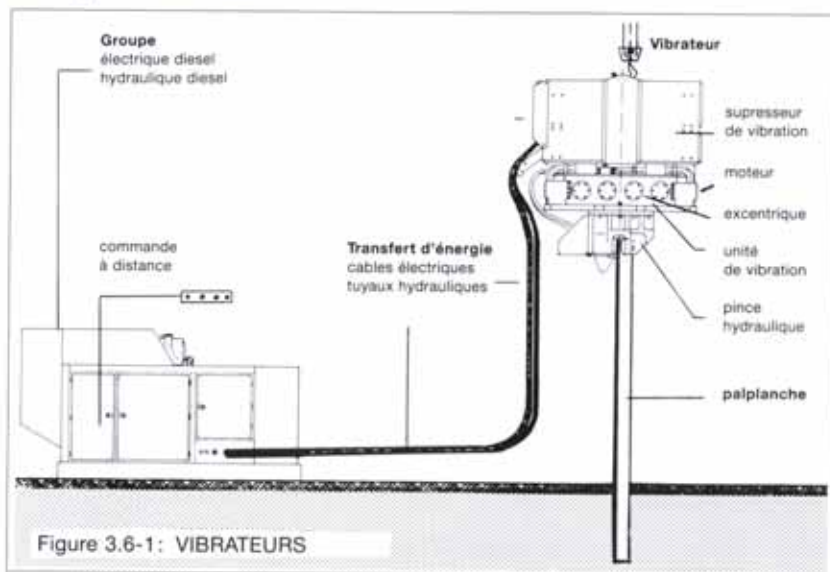
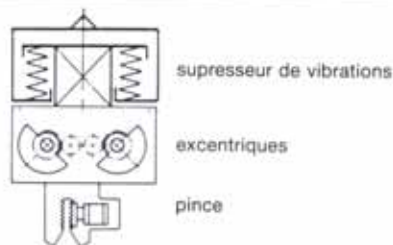


Figure 3.6-2: PRINCIPLE DE FONCTIONNEMENT



### 3.7 Presses à palplanches

L'élimination du bruit généré par le battage des palplanches, qui pendant des années avait été accepté comme une nuisance pouvant être tolérée, a été l'objectif premier du développement des presses à palplanches comme alternative aux méthodes classiques. Développées à l'origine comme système de fonçage silencieux, ces machines sont largement reconnues pour l'absence de vibrations que permet leur fonctionnement.

Ces machines, qui se prêtent particulièrement bien à une utilisation dans des sols cohérents, sont actionnées hydrauliquement, et elles tirent la majeure partie de leurs forces de réaction du frottement latéral mobilisé par les palplanches précédemment enfoncées.

Dans les systèmes standards, la machine consiste en une tête transversale contenant les vérins hydrauliques et le bloc actionneur hydraulique monté sur la tête.

Les palplanches sont disposées en panneaux, sur lesquels la machine est disposée au moyen d'une grue (Type 1).

Les vérins sont connectés aux palplanches et le fait de mettre deux vérins sous pression, alors que les autres sont verrouillés, permet d'enfoncer deux palplanches à la fois dans le sol, jusqu'à l'extension maximale des vérins. Une fois que tous les vérins ont atteint leur course maximale, ils sont retractés simultanément, ce qui abaisse la crosse des vérins et le bloc actionneur, et le cycle est ensuite reproduit jusqu'à achèvement complet. Des presses de ce type peuvent développer des efforts allant jusqu'à 300 tonnes.

Un autre type de machine avec des caractéristiques similaires utilise un cadre mobile pour maintenir les panneaux à installer et pour se déplacer de panneau en panneau, ce qui la rend complètement indépendante d'une grue. Dans ce système, un préforage ameublit le sol durant le fonctionnement de la presse (Type 2).

La traction sur une chaîne raccordée à un point fixe ou à des palplanches déjà enfoncées peut conférer une force supplémentaire à la presse.

D'autres types de presses enfoncent au moyen de vérins une palplanche après l'autre jusqu'à la profondeur totale, tout en se déplaçant et en s'appuyant sur les palplanches déjà enfoncées. Ces machines opèrent en totale indépendance d'une grue, et leur mode de fonctionnement exploite la force de réaction des palplanches déjà en place. Ces machines peuvent s'adapter à certaines constructions circulaires si nécessaire (Type 3).

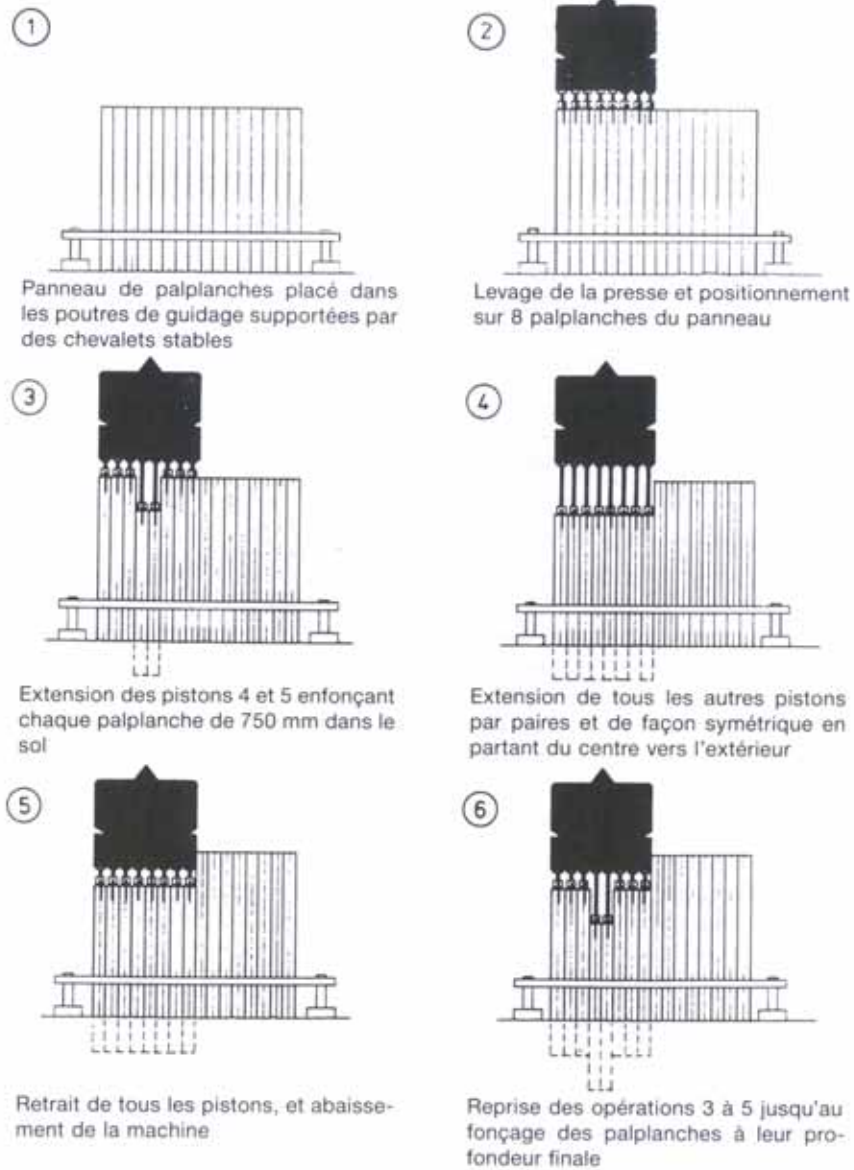


Figure 3.7-1: FONCTIONNEMENT DE LA MACHINE (Type 1)

*Note:* Les palplanches sont arrachées par les opérations inverses de la séquence ci-dessus.

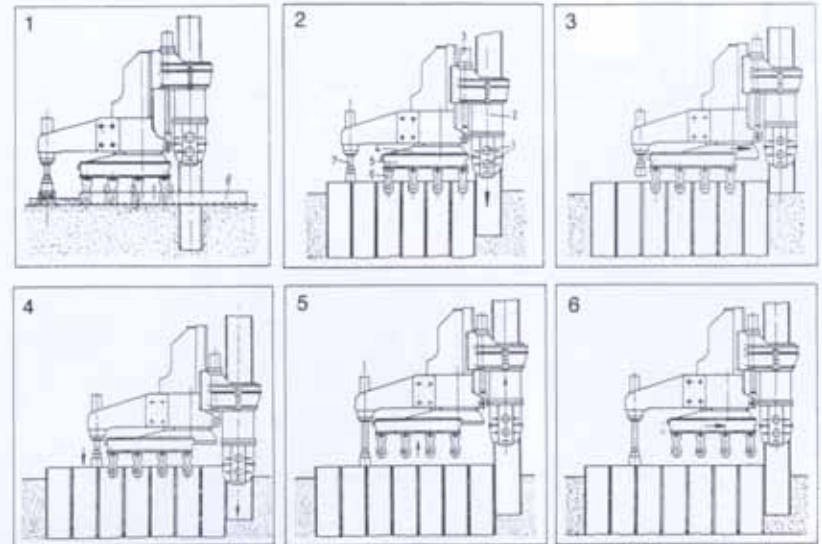


Figure 3.7-2: PRESSE POUR PALPLANCHES (Type 2)  
Système Klammt





Figure 3.7-3: PRESSE HYDRAULIQUE (Type 3)



- 1 Installation de la presse et de la table de réaction (8). Pour la première palplanche, il est possible de placer une masse supplémentaire sur la machine.
- 2 En fonctionnement normal, la force de réaction provient des palplanches déjà enfoncées.
- 3 Le support (7) est soulevé et la tête de la presse se déplace vers l'avant.
- 4 Une nouvelle palplanche est pressée pour offrir un support.
- 5 L'engin soutenu par la palplanche et le support (7) soulève l'unité de serrage (5).
- 6 L'unité de serrage se déplace vers l'avant pour se fixer à nouveau sur les palplanches déjà enfoncées.

Fig. 3.7-4: FONCTIONNEMENT DE LA MACHINE (Type 3) PRESSE POUR PALPLANCHES

Repris du catalogue MÜLLER

### 3.8 Systèmes spéciaux

En dehors des systèmes de fonçage ordinaires, il existe de nombreux dispositifs particuliers conçus pour des applications ou des travaux spéciaux, citons notamment:

- a) Des moutons à percussion comprenant un système d'amortissement spécial sous forme de ressorts d'acier ou d'un gaz inerte, destiné à transmettre l'énergie de battage à la palplanche de manière moins brutale et plus longtemps.
- b) Un système de battage qui fait vibrer les palplanches, tout en leur appliquant une pression.
- c) Un mouton à impulsion actionné hydrauliquement, mais avec une séquence de coups extrêmement rapide.
- d) Un système de battage qui agit sur les palplanches en les percutant et les faisant vibrer simultanément.

Ces systèmes peuvent être avantageusement combinés au lançage ou à un forage préliminaire.





## 4. Méthodes de battage

### 4.1 Généralités

Bien qu'il soit communément admis que, comme dans tout projet de génie civil, un certain degré de flexibilité soit souhaitable afin de s'adapter aux conditions de site, toutes les précautions doivent être prises de manière à maintenir les normes de sécurité nécessaires, tout en assurant la verticalité et l'alignement requis des palplanches.

Il importe que la première palplanche soit installée avec le plus grand soin pour pouvoir assurer la verticalité dans les deux plans du rideau. Ensuite, il est essentiel que chacune des palplanches suivantes soit suffisamment enclenchée à la palplanche précédente avant d'être relâchée pour recevoir le marteau. On peut y parvenir au moyen d'une saignée préliminaire suivant l'axe du rideau, ce qui réduit automatiquement la longueur de pénétration.

### 4.2 Mise en fiche et battage

Cette méthode – dans laquelle chaque palplanche est enfoncée complètement avant que la suivante ne soit mise en fiche – constitue la méthode de battage la plus facile, mais elle ne peut être pratiquée que dans les sols meubles et pour des palplanches de faible longueur. La serrure à l'avancement risque constamment de dévier. Pour des sables denses ou des sols raides et cohérents, la méthode recommandée est le battage par panneaux.

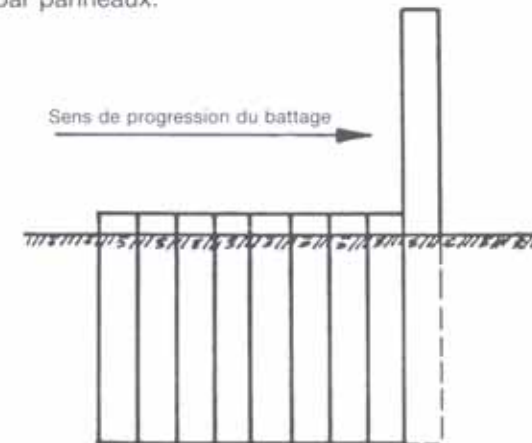


Figure 4.2: MISE EN FICHE ET BATTAGE



### 4.3 Battage par panneaux

Pour garantir une verticalité et un alignement satisfaisants, et réduire les éventuelles difficultés de battage ou les risques de dégrafage, il faut employer la méthode de battage par panneaux. Avec cette méthode, il est également possible de mieux maîtriser le maintien du rideau à sa longueur nominale.

Comme la mise en fiche s'effectue par panneaux entiers, il n'est pas nécessaire d'enfoncer complètement les palplanches pour assurer la continuité des opérations. En effet, en cas d'obstacles, il est possible de laisser des palplanches isolées en position de mise en fiche sans craindre de compromettre l'efficacité d'ensemble.

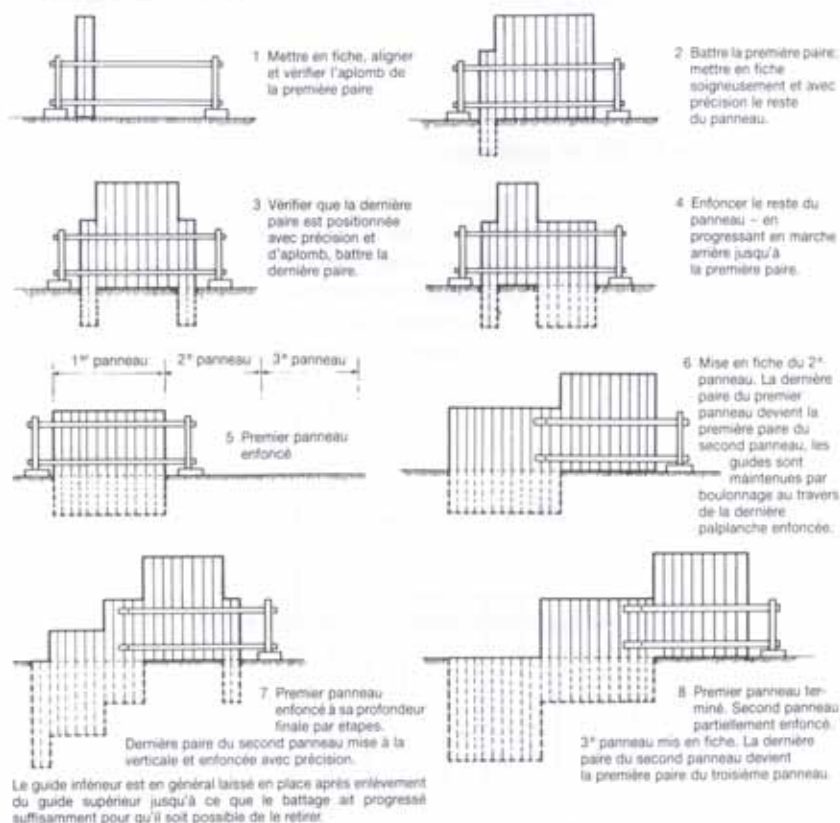
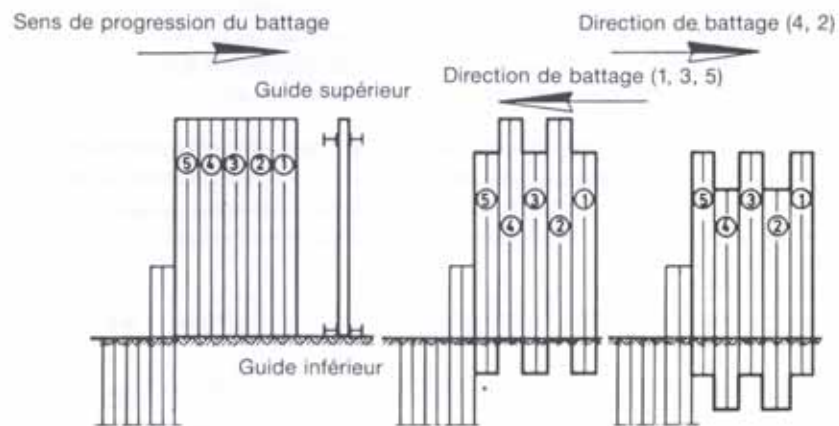


Figure 4.3: BATTAGE PAR PANNEAUX

### 4.4 Battage en «touches de piano»

Dans des conditions de sol difficiles on recommande une installation par panneaux combinée avec un battage en «touches de piano». Les palplanches sont installées entre des gabarits de guidage, puis elles sont enfoncées selon un pas rapproché: les palplanches 1, 3 et 5 d'abord; puis les palplanches intermédiaires (2 et 4) ensuite.

Si le sol est constitué d'un sable très dense, de graviers ou de rochers, les palplanches 1, 3 et 5 peuvent être renforcées en pied. Dans pareil cas, ces palplanches 1, 3, et 5 sont toujours enfoncées en premier, et les palplanches 2 et 4 dans la seconde étape.



Seuls les éléments renforcés 1, 3, 5 sont pré-enfoncés; les autres 2, 4, ... suivent.

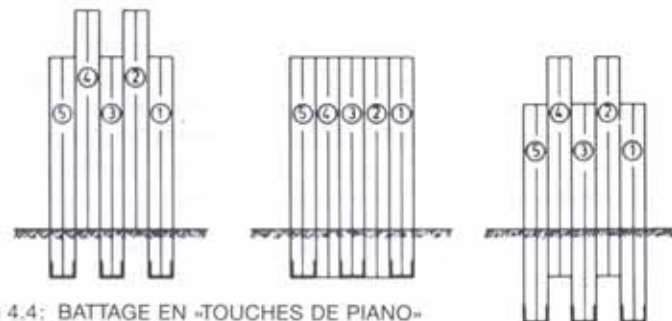


Figure 4.4: BATTAGE EN «TOUCHES DE PIANO»

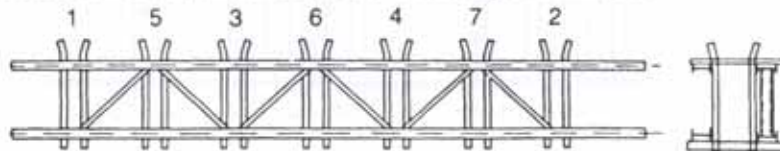
#### 4.5 Battage de rideaux mixtes

Les rideaux mixtes sont des murs de palplanches qui comprennent des éléments de module élevé intercalés entre des palplanches plus légères. Ces éléments de module élevé, ou profilés porteurs, peuvent être des tubes, des caissons, des pieux H ou d'autres types de profilés préfabriqués.

Il est essentiel de pourvoir un gabarit de battage qui soit stable, lourd, et suffisamment rigide, en harmonie avec la longueur et le poids des palplanches.

Les éléments porteurs sont positionnés dans le gabarit entre des poutrelles guides soudées dont l'écartement tient compte des tolérances de largeur entre profilés. Le battage des éléments porteurs doit être conduit avec un très grand soin de manière à ce qu'ils soient enfoncés droit et verticalement, ou avec l'inclinaison prescrite, en s'assurant qu'ils sont parallèles entre eux et avec l'espacement requis.

L'enchaînement des opérations de battage des éléments porteurs doit assurer que le pied des profilés rencontre un sol compacté uniformément sur sa circonférence complète et jamais sur un seul côté. L'opération est réalisée en pratique la séquence de battage comme suit:



En tout cas, la séquence minimum suivante doit être respectée:

1 - 3 - 2 - 5 - 4 - 7 - 6 (petit pas).

En général, tous les éléments porteurs doivent être enfoncés en séquence jusqu'à pénétration totale sans interruption. Une fois cette opération achevée de manière satisfaisante, il est alors possible de mettre en fiche et de battre les profils légers intermédiaires. Tout au long des opérations de mise en fiche et de battage des éléments porteurs, il faut contrôler en continu leur alignement dans l'axe et perpendiculairement au mur à l'aide de théodolites.

Après enlèvement des gabarits de guidage, un relevé final doit être effectué pour s'assurer que les déviations entre éléments porteurs restent dans les tolérances admises, afin de permettre l'installation des

palplanches intercalaires. Toutefois, si ces déviations sortent des tolérances préconisées ou acceptables en pratique, il faut dans ce cas soit ajuster les palplanches intermédiaires, soit arracher les éléments porteurs et recommencer leur installation.

Pour surmonter des conditions de battage difficiles, il est possible de recourir au lançage ou à l'excavation à l'intérieur des éléments porteurs ou toute méthode de prétraitement de sol normalement adoptée pour l'installation de palplanches.





## 5. Batardeaux

### 5.1 Batardeaux rectangulaires

#### 5.1.1 Méthode de battage par panneaux

Avant de procéder au battage qui doit commencer à proximité d'un profil d'angle, il est nécessaire de s'assurer que la flèche de la grue utilisée est suffisante. Elle doit pouvoir atteindre chacune des palplanches, de manière à permettre son enclenchement dans la palplanche mise en fiche précédemment.

Pour la réalisation du périmètre du batardeau, le dernier panneau (qui devra comprendre un profil d'angle) devra être mis en fiche et enclenché avec la première paire de palplanches partiellement enfoncée avant que le battage ne commence. L'objectif est d'assurer la fermeture satisfaisante du batardeau. Pour les batardeaux de petites dimensions, on préférera mettre en fiche toutes les palplanches avant de commencer le battage pour limiter les éventuelles difficultés de fermeture du batardeau.

#### 5.1.2 Méthode de mise en fiche et de battage

Le battage doit commencer et s'arrêter à 5 paires de palplanches du profil d'angle final. La fermeture du batardeau est réalisée en ajustant l'alignement des rideaux soit vers l'intérieur, soit vers l'extérieur pour s'accorder aux dimensions des palplanches utilisées.

Il est important de maintenir la verticalité des palplanches durant le battage des rideaux droits du batardeau et des palplanches d'angle; toute tendance à l'inclinaison doit être corrigée, si nécessaire par l'utilisation de palplanches trapézoïdales. Si les dimensions du batardeau

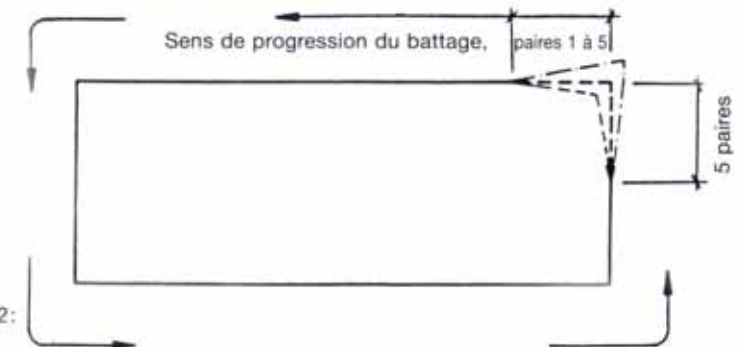


Figure 5.1.2:  
PRINCIPE

doivent être respectées strictement, il sera probablement nécessaire de prévoir des palplanches fabriquées sur mesure.

## 5.2 Batardeaux circulaires

La longueur des palplanches, leur rectitude, ainsi que le sol pénétrant dans les serrures pendant le battage exercent une influence considérable sur la déviation d'une palplanche par rapport à l'autre. Ces déviations augmentent de manière importante le frottement dans les serrures.



Figure 5.2: GUIDE DE BATTAGE

Pour des batardeaux de faibles dimensions, il est prudent, là où c'est possible, de mettre en fiche et d'enclencher l'ensemble des palplanches autour d'un gabarit avant de commencer le battage. Le battage doit progresser par étapes en maintenant une courte avance d'une palplanche à sa voisine.

Pour les grands batardeaux, on doit assurer un strict contrôle de la verticalité, et de préférence en utilisant les techniques de mise en œuvre par panneaux, pour faciliter la fermeture du batardeau. Il peut également s'avérer nécessaire de modifier le panneau final en augmentant ou en diminuant légèrement le rayon du batardeau, ou en introduisant une palplanche réalisée sur mesure. Certains batardeaux de faible diamètre ne peuvent être réalisés simplement par rotation au niveau des serrures; il conviendra dans ce cas soit d'introduire des palplanches cintrées soit d'utiliser des palplanches spécialement fabriquées à cet effet.





## 6. Guides de battage

### 6.1 Généralités

Il est particulièrement important de maintenir les palplanches dans un alignement horizontal et vertical correct pendant la mise en œuvre. On y parvient grâce à l'utilisation de guides de palplanches, qui empêchent également les déviations latérales.

Chaque élément à enfoncer doit être guidé sur deux niveaux au minimum (Fig. 6.1). La précision et l'efficacité du système seront améliorées en assurant une distance maximum entre ces deux guidages. Des palplanches de très grande longueur pourront éventuellement nécessiter des guidages intermédiaires pour en prévenir la flexion ainsi que d'autres problèmes de battage de cet ordre.

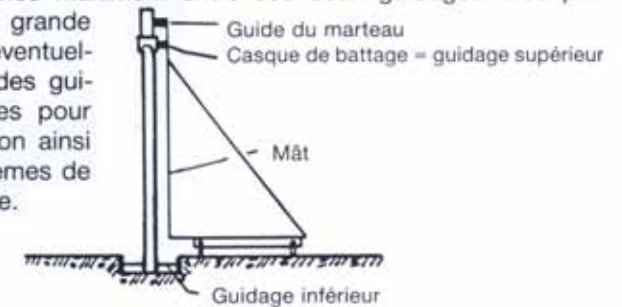


Figure 6.1

### 6.2 Guide supérieur

#### 6.2.1 Battage avec un mât fixe

Avec cette méthode, le marteau ainsi que la palplanche sont guidés par le mât. Il est par conséquent important que la verticalité du mât fixe soit maintenue en toutes circonstances, et que l'impact du mouton transmette son énergie équitablement sur la section du profil.



Figure 6.2.1-1

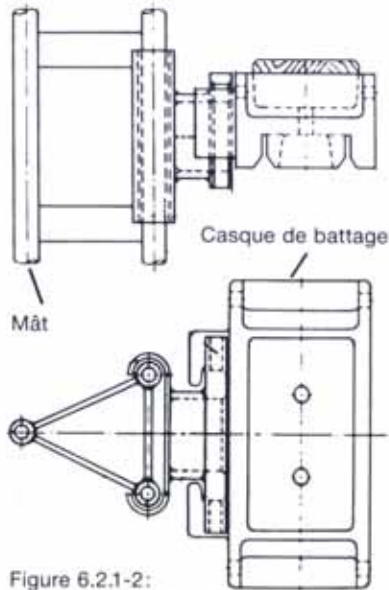


Figure 6.2.1-2:  
CASQUE AVEC GUIDE



Figure 6.2.1-3: VIBRATEUR MONTÉ SUR MÂT DE GUIDAGE



Figure 6.2.1-4: TREPIDEUR SUR MÂT DE GUIDAGE

## 6.2.2 Battage avec un mât suspendu

Ce système emploie un marteau qui est suspendu et guidé sur la tête des palplanches par un mât suspendu au bout d'un câble en utilisant un casque de battage ou des guides appropriés (cavaliers). Pour assurer un alignement correct du mouton et une assise ferme de celui-ci sur la tête des palplanches, les montants des cavaliers doivent être d'une longueur adéquate et aptes à ne transmettre qu'un minimum de mouvement.

Un cadre robuste peut être utilisé pour offrir aux palplanches un guidage dans la partie supérieure. Pour être efficace, il doit être placé à au moins un tiers de la longueur de la palplanche au-dessus du guidage inférieur, et il doit de préférence être positionné aussi près que possible du sommet des palplanches mises en fiche.

## 6.2.3 Battage par marteau simplement suspendu

Les marteaux peuvent être suspendus à un câble et être équipés de cavaliers ajustés pour s'adapter au profil des palplanches. Un cadre robuste peut être utilisé pour guider les palplanches dans la partie supérieure. Comme précédemment, pour être efficace, il doit être placé à

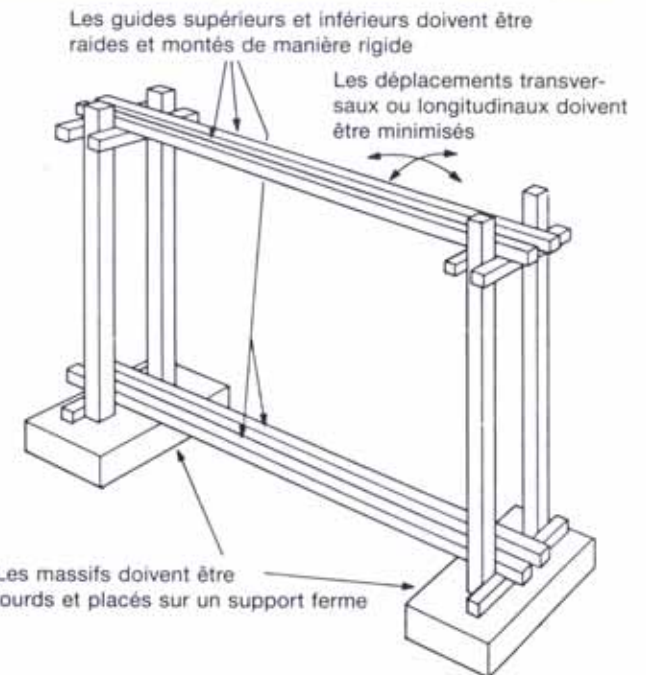


Figure 6.2.3-1:  
GUIDE À  
DEUX NIVEAUX





Figure 3.2.3-2: VIBRATEUR SUSPENDU

au moins un tiers de la longueur de la palplanche au-dessus du guidage inférieur, il doit être de préférence positionné aussi près que possible du sommet des palplanches mises en fiche.

### 6.3 Guide inférieur

Indépendamment de la méthode de battage, un gabarit de guidage est toujours nécessaire dans la partie inférieure pour assurer un alignement correct du rideau de palplanches. Il doit comporter deux poutres robustes et être installé aussi bas que possible, de préférence au sol. On empêchera tout mouvement latéral de ce gabarit. La longueur de ce guide doit couvrir au minimum 6 paires de palplanches, plus environ 1,5 m de la partie de rideau déjà installée. L'écartement entre les poutres doit être assuré par des entretoises.

Au moment de la mise en fiche et du battage, une pièce de guidage maintenant un écartement constant entre les poutres doit être placée à côté des palplanches en cours de battage pour empêcher le cintrage du cadre. Pour éviter la torsion d'une palplanche à l'intérieur du cadre, l'aile libre d'un profilé en Z, ou le flanc libre d'un profilé en U doivent être maintenus en position durant le battage par un bloc de guidage. Lorsque le battage a lieu sous l'eau, le cadre inférieur peut être fixé (au-dessus ou en dessous de l'eau) à des pieux porteurs provisoires.



Figure 6.3-1: GUIDE À ROULEAUX EN CAOUTCHOUC POUR PALPLANCHES REVÊTUES

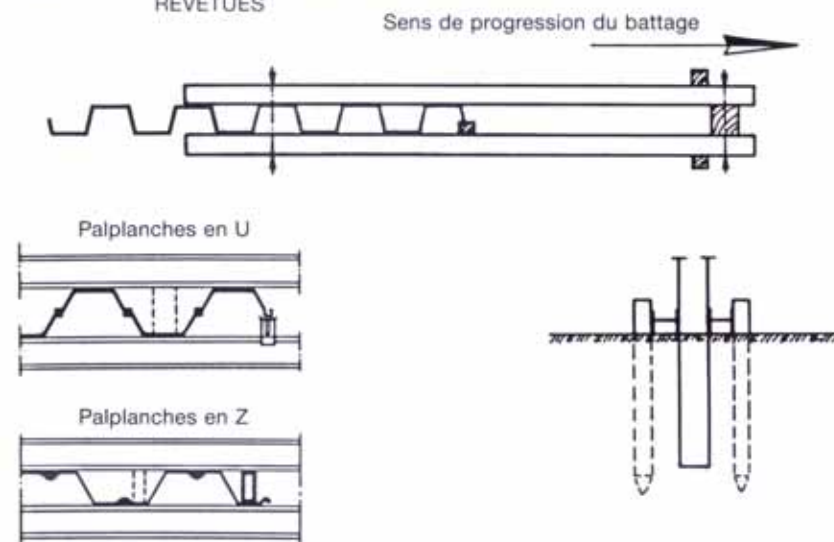


Figure 6.3-2: DÉTAILS DE GUIDE INFÉRIEUR



Figure 6.3-3: ESPACEUR



Figure 6.3-4: GUIDAGE DE LA SERRURE



## 7. Equipements annexes

### 7.1 Généralités

Il est possible d'envisager l'utilisation des équipements auxiliaires décrits ci-après, pour faciliter la manutention, la mise en fiche et le battage de palplanches.

### 7.2 Chevalets préfabriqués et liernes/passerelles (guides)

Grâce à leur facilité de montage et de déplacement, les chevalets se prêtent aisément au démontage et au gerbage pour le transport. Ils comportent différents dispositifs de sécurité qui garantissent l'accès et l'aménagement d'un espace de travail, une fois que la phase d'implantation des palplanches est totalement ou partiellement achevée.



Figure 7.2: CHEVALET PRÉFABRIQUÉ

Repris d'un imprimé DCP/AGIDET

La lierne/passerelle assure à la fois les accès et l'espace de travail. Il s'agit de poutres à caissons rigides qui assurent la précision d'alignement des palplanches grâce à la stabilité et la rectitude de leur arête.

### 7.3 Manilles de manutention (largeurs)

Outre les manilles classiques couramment employées, il existe une grande variété de manilles à mécanisme d'ouverture manœuvrable depuis le sol ou par cliquet. Ces dispositifs permettent le moment venu de détacher le haut de la palplanche de la grue que ce soit depuis le sol ou depuis la plate-forme de travail. Leur avantage réside dans la rapidité, l'efficacité et la sécurité qu'ils offrent. La manille utilise un trou de manutention pratiqué dans la tête de la palplanche au travers duquel est enfilée une goupille. On proscrira les dispositifs de levage faisant appel à des systèmes de préhension par friction, car ceux-ci peuvent entraîner une libération accidentelle du mécanisme dans certaines circonstances.

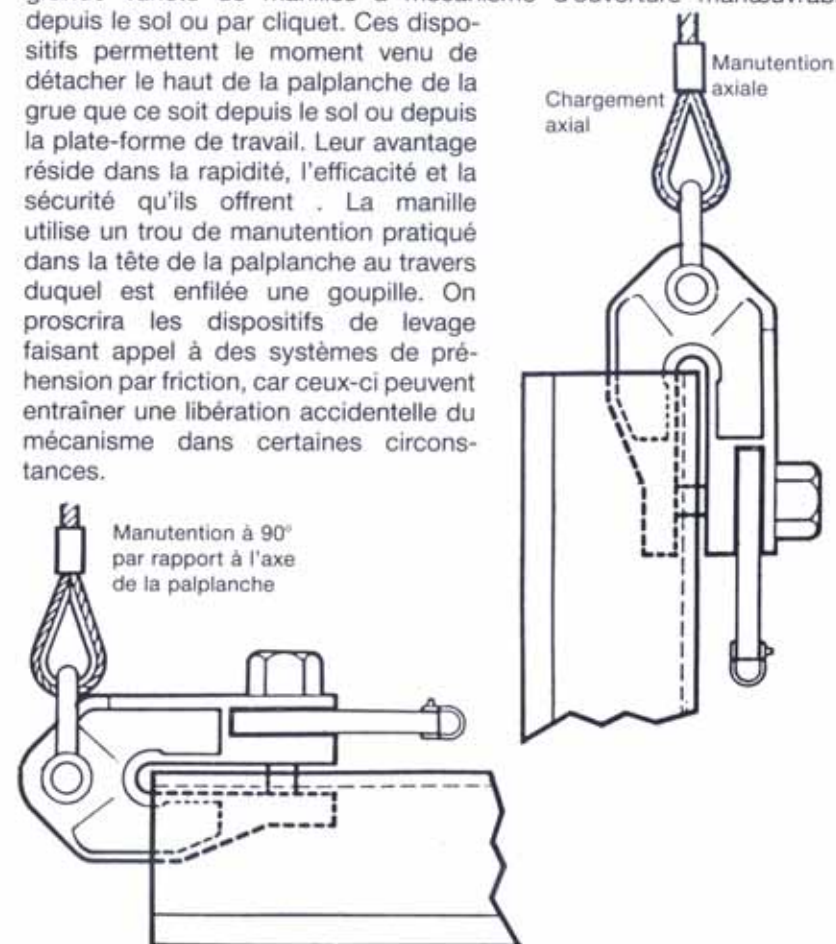
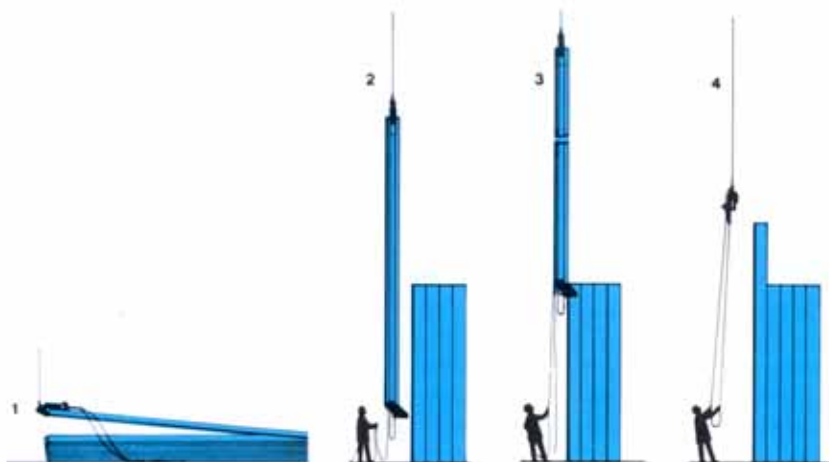


Figure 7.3-1



1. Retracter la goupille principale sur la manille jusqu'à ce qu'elle soit verrouillée en position ouverte. Glisser la manille au-dessus de la tête de la palplanche. Tirer la boucle de câble pour relâcher la goupille en s'assurant qu'elle est complètement logée à travers le trou de la palplanche et dans le corps de la manille. Attacher une longueur de corde souple au câble de dégagement de la goupille.
2. Lever la palplanche en position et fixer l'enclencheur.
3. Placer l'enclencheur et nouer la corde de dégagement de la goupille de la manille à l'enclencheur (pour éviter qu'elle ne soit attrapée ou qu'elle ne se détende). La palplanche est ensuite tirée vers le haut dans sa position d'enclenchement.
4. Après achèvement de l'enclenchement, dégager la manille en tirant sur la corde de dégagement de la goupille.

Figure 7.3-2: MÉTHODE D'UTILISATION DE MANILLES DE MANUTENTION LORSQU'ELLES SONT EMPLOYÉES EN CONJONCTION AVEC UN ENCLENCHEUR (voir Enclencheurs, paragraphe 7.4) Repris d'un imprimé DCP/AGIDET

## 7.4 Enclencheurs

Le battage par panneaux a pour conséquence que les palplanches doivent être enclenchées en hauteur, puis décrochées, par grue, et ce dans de bonnes conditions d'efficacité et de sécurité. L'enclencheur de palplanches est conçu pour enclencher n'importe quelle palplanche en acier en acceptant les différents types de profils, de levage et de serrures sans requérir la mise en place d'un opérateur au sommet de la palplanche. La mise en fiche des palplanches peut ainsi être poursuivie même par des conditions de vent qui interrompraient un enclenchement manuel, ce qui rend le travail à la fois efficace et plus sûr.



Fig. 7.4-1: ENCLENCHEUR (Type 1)

Repris du catalogue DAWSON

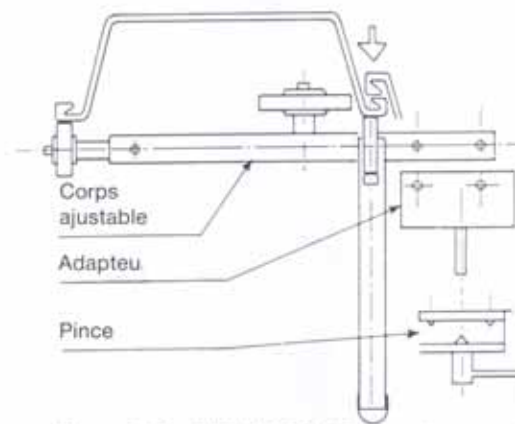


Figure 7.4-2: ENCLENCHEUR (Type 2)

Repris du catalogue PAJOT

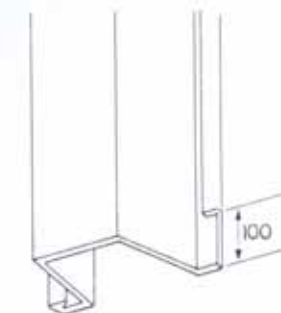


Figure 7.4-3: Avec certains enclencheurs, il est nécessaire de pratiquer une découpe d'environ 10 cm à l'extrémité de la serrure.



## 7.5 Sabots de renfort

Toutes précautions étant prises pour guider les palplanches avec précision durant l'installation, le dimensionnement résultant du calcul peut être compromis par les détériorations causées par des obstacles naturels ou artificiels tels que des galets, des rochers, du béton ou d'anciens pieux en bois. Pour cela, il est possible de souder des sabots à l'extrémité inférieure de la palplanche en acier pour préserver sa forme lorsqu'elle traverse des sols difficiles.

## 7.6 Pinces de manutention en acier

Il s'agit de pinces en acier moulé, faits pour être glissés entre chaque palplanche d'une pile afin d'en faciliter la séparation et la manutention.



Figure 7.6-1



Figure 7.6-2

Repris d'un imprimé DCP/AGIDET

## 7.7 Casques de battage

### 7.7.1 Généralités

Il est nécessaire de recourir à des casques de battage avec un martyr quand on utilise des marteaux à percussion, de manière à transmettre les coups directement à la palplanche tout en protégeant les moutons et les têtes de palplanches. Le casque de battage comporte des rainures sur sa face inférieure pour le guidage des palplanches.

Le casque peut être relié à un mât grâce à une glissière insérée de manière à maintenir l'écartement requis. Cette pièce intercalaire doit comporter une jonction coulissante du côté casque comme du côté mât.



Figure 7.7.1-1: CASQUE DE BATTAGE – Vue inférieure avec palplanches doubles

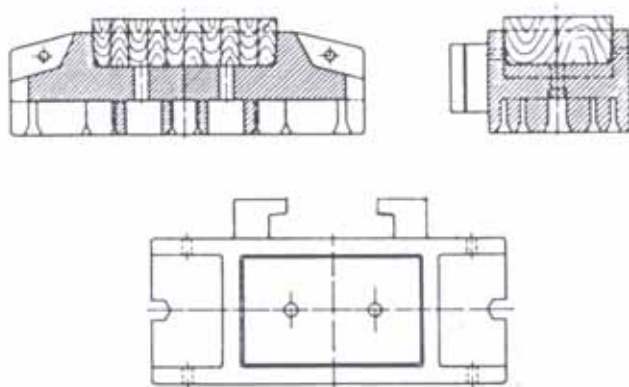


Figure 7.7.1-2: CASQUES DE BATTAGE TYPE



Figure 7.7.1-3: ARRANGEMENT DE CASQUE DE BATTAGE

### 7.7.2 Tête de turc ou martyr

La tête de turc est engagée dans un évidement pratiqué sur la face supérieure du casque de battage. La tête de turc amortit le coup porté par le mouton et évite ainsi de détériorer le mouton et le casque. Ces accessoires sont normalement réalisés avec des pièces en plastique ou en bois, associées à des câbles et des plaques d'acier destinés à lui conférer une durée de vie raisonnable et à dissiper la chaleur générée. Cette pièce doit être changée plus fréquemment dans des conditions sévères de battage que dans des conditions normales.





## 8. Assistance au battage

### 8.1 Lançage

#### 8.1.1 Généralités

Dans certaines conditions, le battage, le vibrage ou le fonçage par pression de palplanches ne peuvent être exécutés qu'à l'aide d'un lançage. Cette méthode permet également d'éviter la surcharge des machines d'installation, les dommages aux palplanches et réduit les vibrations dans le sol. Cette procédure vise à appliquer un jet d'eau sous pression en pied de palplanche par une lance reliée à une pompe d'alimentation située au niveau du sol.

La pression de l'eau ameublisse le sol et élimine les matériaux meubles. La résistance en pied de palplanche est réduite et, selon les conditions de sol, l'eau qui reflue réduit les frottements au niveau des surfaces et des serrures.

L'efficacité du lançage va dépendre de la densité du sol, de la pression appliquée et du nombre de lances utilisées. La prudence est requise pour ne pas détériorer les infrastructures voisines. On recommande de procéder à un essai de battage pour définir les paramètres de l'opération.

#### 8.1.2 Lançage basse pression

- Le lançage basse pression est utilisé principalement dans des sols denses et non cohérents. Le diamètre des lances peut aller jusqu'à 65 mm, et la pression délivrée par les pompes est de 7 à 20 bar. On crée l'effet de jet en réduisant le diamètre du tuyau, ou au moyen de buses spéciales. Le débit d'eau requis est de 1000 litres/min. par lance utilisée; ces tuyaux sont normalement fixés sur les palplanches et abandonnés in situ.

L'importance du volume d'eau peut provoquer des tassements et l'on doit s'attendre à une réduction des caractéristiques du sol à court terme. Le lançage basse pression peut également être utilisé pour prétraiter le sol avant la mise en fiche et le battage des palplanches.



- Avec un vibreur, le lançage peut permettre à des palplanches de pénétrer dans des sols très denses.

Dans cette méthode, on fixe de deux à quatre tubes de 20 mm de diamètre à une paire de palplanches. Chaque tuyau est alimenté par une pompe délivrant une pression de 20 bar. Le débit d'eau par tube doit être de 120 à 240 litres/min. Les extrémités des tubes sont au même niveau que le pied de la palplanche, et le lançage commence en même temps que le battage pour empêcher l'intrusion de terre dans la lance. En général, ce procédé ne modifie guère les caractéristiques du sol, bien que des précautions particulières soient à prendre si les palplanches sont destinées à porter des charges verticales.



Figure 8.1.2-1:  
FIXATION DES LANCES



Figure 8.1.2-2  
DÉBUT DE LANÇAGE

### 8.1.3 Lançage haute pression

Ce procédé s'applique en cas de battage dans des couches de sol extrêmement denses. De même, lorsque le risque de tassement existe, préférera-t-on un lançage haute pression à un lançage basse pression en raison de la quantité limitée d'eau utilisée.

Il faut utiliser des tubes de très bonne qualité, car la pompe délivre des pressions de 250 à 500 bar. On utilise des buses spéciales, quelque fois des buses à jet plat (30 mm de diamètre pour les tubes, 1,5 ou 3 mm de diamètre pour les buses). La consommation d'eau est de 60 à 120 litres/min par lance. Les caractéristiques mécaniques du sol ne sont pas modifiées par le système, comme cela a été démontré par des essais de battage dans la craie, de l'argile à blocs et de l'argile raide.

Les lances, fixées au sommet de la palplanche, sont guidées dans des supports latéraux soudés à la palplanche, de manière à pouvoir être réutilisés. Les buses sont positionnées à 5–10 mm au-dessus de l'extrémité de la palplanche. Une surveillance accrue doit être exercée tout au long de l'opération pour régler le système en fonction des conditions locales. Les conditions de terrain déterminent le diamètre des buses à employer, ainsi que le nombre et la configuration des lances.

## 8.2 Dynamitage

### 8.2.1 Généralités

Ce procédé peut être appliqué à la majorité de sols qui jusqu'à présent auraient été classés difficiles ou impropres au battage de palplanches, de pieux H, de caissons ou de tubes.

### 8.2.2 Dynamitage normal

Les explosifs sont descendus dans des forages et recouverts de terre avant la mise à feu. Cette méthode crée une tranchée en forme de V le long de la ligne de mur projetée. La taille des débris dans la tranchée dépendra de la quantité d'explosifs utilisée. Les conditions de battage dans la zone ameublie demeurent très difficiles, et l'on recommande le renforcement des pieds de palplanches.



### 8.2.3 Procédé de dynamitage par chocs

Cette technique de dynamitage est une variante hautement spécialisée utilisant des explosifs peu puissants, son principe résidant dans le fait de pulvériser du rocher solide en un matériau granulaire fin sans le déplacer, plutôt que de pratiquer dans le rocher une cavité par explosion. Le volume de rocher traité est très faible, juste suffisant pour contenir les dimensions des palplanches.

La largeur de la zone de rocher pulvérisé sera de 500–700 mm et sa profondeur sera exactement celle nécessaire à la pénétration des palplanches. Le rocher immédiatement adjacent à cette zone reste parfaitement intact. Pour tirer le maximum d'efficacité de ce procédé, les palplanches devront être fichées dans la zone pulvérisée aussi rapidement que possible après le dynamitage. Le fonçage des palplanches dans cette zone compacte le sol, assurant ainsi une assise adéquate pour les barres fichées.

### 8.3 Forage

Le battage par percussion, vibration ou fonçage peut être facilité par un forage préliminaire. On fore des trous d'environ 30 cm de diamètre aux centres des paires de palplanches. Face à des conditions de battage moins favorables, on peut envisager de réduire cet espacement. L'effet de ces forages est de réduire la résistance des couches, en permettant une redistribution des forces au moment du battage. Si des forages d'un diamètre plus important doivent être appliqués, ceux-ci doivent être comblés avec un matériau convenable.

Grâce à cette méthode, même des sols incluant des couches dures de rocher peuvent être rendus propres au battage. Dans certaines circonstances, l'emploi d'une tarière suffit.

Une autre possibilité est la création d'une tranchée au moyen d'une tarière puissante. Cette tranchée peut être comblée avec un matériau convenable ou uniquement avec le remblai ameubli.



Figure 8.3: INSTALLATION DE FORAGE



## 9. Corrections lors du battage

### 9.1 Correction du dévers

Pour anticiper la tendance des palplanches à prendre de l'inclinaison (dévers), le mouton doit être positionné au-dessus du centre de gravité des palplanches à foncer. Il doit être fermement maintenu à la verticale des palplanches au moyen de mâchoires puissantes.

On pallie les risques d'inclinaison transversale en utilisant des gabarits de guidage appropriés. Si une correction s'impose, les palplanches présentant une inclinaison transversale doivent être arrachées et à nouveau enfoncées au moyen d'une méthode mieux adaptée.

Un dévers longitudinal dans le sens de progression du battage, dû soit au frottement entre la palplanche en cours de battage et celle enfoncée précédemment, soit à une utilisation incorrecte du mouton, doit être corrigée aussitôt qu'il devient apparent, faute de quoi cette situation pourrait rapidement ne plus être maîtrisée.

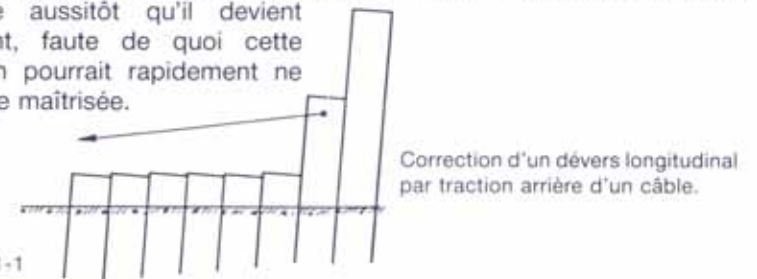


Figure 9.1-1

En conjonction avec la méthode ci-dessus, le mouton peut être positionné de manière décentrée par rapport à la paire de palplanches dans la direction des palplanches précédemment enfoncées.

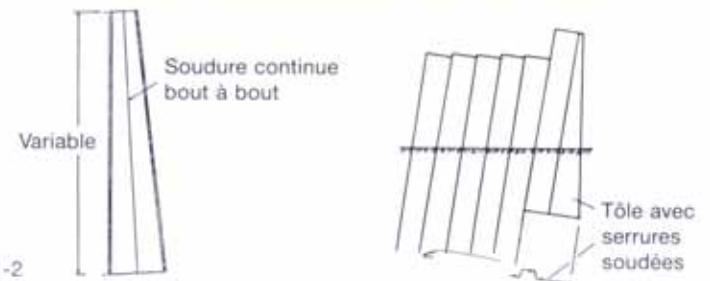


Figure 9.1-2

Si, en dépit de toutes les précautions, il est impossible d'éliminer ce dévers, des palplanches trapézoïdales doivent être utilisées pour corriger l'erreur.



## 9.2 Entraînement d'une palplanche adjacente

Lorsque des palplanches sont foncées dans un sol mou, et en particulier lorsqu'on tolère une inclinaison, il peut arriver que la palplanche en cours de battage entraîne vers le bas la palplanche adjacente déjà foncée en dessous du niveau théorique. Dans ce cas, la palplanche concernée doit être rallongée d'une courte longueur par soudure.

Pour empêcher l'entraînement vers le bas des palplanches déjà enfoncées, il est possible de boulonner un certain nombre d'entre elles à une lierne ou, optionnellement, de souder les joints par points. Comme précaution supplémentaire contre ce phénomène, il est possible d'insérer un boulon dans la serrure de guidage de la palplanche avant battage, ce qui empêche que la terre ne pénètre dans le joint, et réduit ainsi le frottement lors du battage de la palplanche suivante.

Une autre solution consiste à utiliser un crampon de blocage pour les serrures de palplanches, ce qui évite ainsi que deux palplanches ou plus ne soient enfoncées (ou arrachées) en même temps. Si un seul crampon de blocage ne suffit pas, il est possible d'utiliser un crampon supplémentaire sur la serrure suivante.

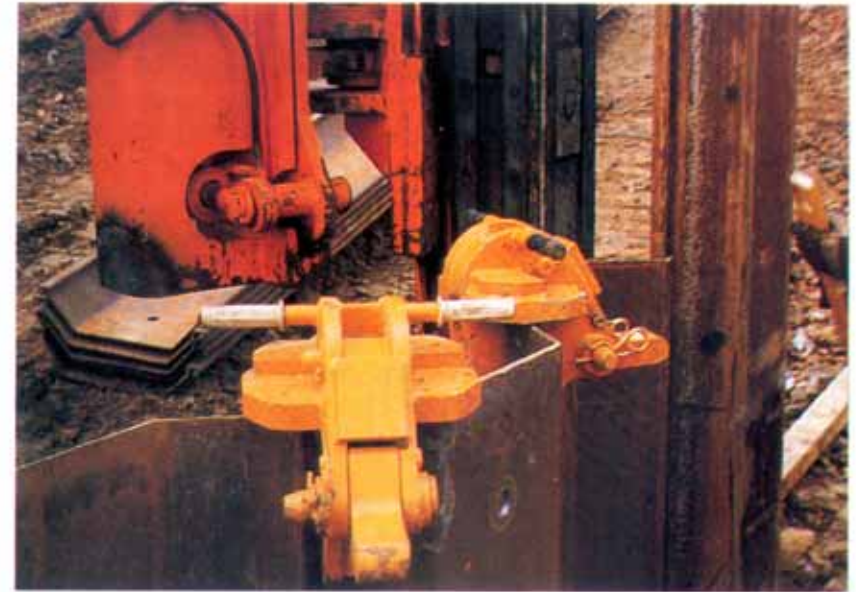


Figure 9.2-3: CRAMONS DE BLOCAGE SUR DES PALPLANCHES SIMPLES

Repris du catalogue ABI

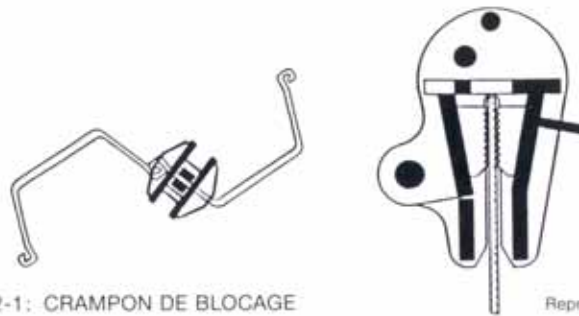


Figure 9.2-1: CRAMPON DE BLOCAGE

Repris du catalogue ABI



Figure 9.2-2: CRAMPON DE BLOCAGE SUR DES PALPLANCHES DOUBLES

### 9.3 Contrôle de la longueur du rideau

Au moment de la mise en fiche, il est possible d'exercer un certain contrôle sur les centres théoriques des serrures, qui conditionnent la longueur du rideau, en faisant varier la profondeur globale du mur en palplanches.

**Profils en U:** Si l'on constate que le rideau gagne trop en longueur, ce gain peut être corrigé en réduisant la largeur entre poutres de guidage grâce à des blocs de bois placés entre les faces extérieures des palplanches et le gabarit de guidage.

**Profils en Z:** Si l'on constate que le rideau gagne trop en longueur, ce gain peut être corrigé en augmentant la largeur des guides avec des blocs de bois placés entre les faces intérieures des palplanches et les poutres guides opposées. A l'inverse, un défaut de longueur peut être corrigé en réduisant cette largeur des guides.

Si une précision particulière doit être respectée dans les dimensions théoriques du rideau, il peut s'avérer nécessaire d'introduire une palplanche fabriquée sur mesure.

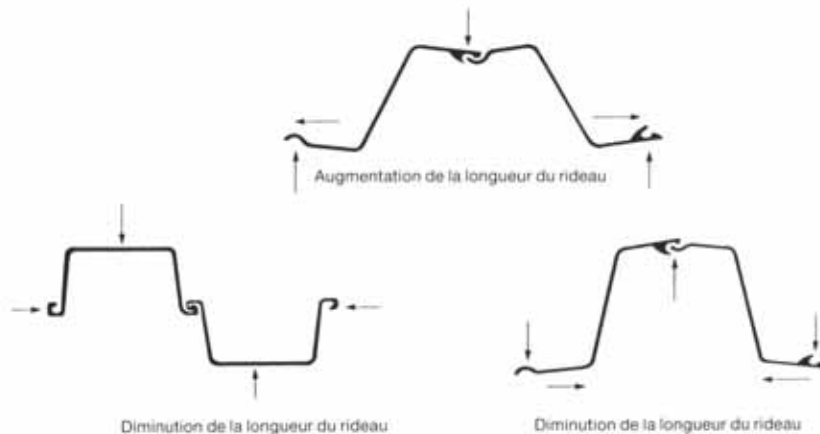


Figure 9.3: MODIFICATION DE LA LONGUEUR DU PROFIL

### 9.4 Tolérances de battage

La position et l'orientation des palplanches sont indiquées dans le plan de battage. Des déviations par rapport à cette disposition théorique peuvent être causées par les tolérances de laminage, les conditions de sol ou par la procédure de battage.

Les tolérances générales pour un rideau de palplanches rectiligne et vertical doivent être en accord avec les données suivantes:

- a) Déviation de la tête de la palplanche  
perpendiculairement à l'axe du rideau . . . . .  $\pm 50$  mm
- b) Variation admissible de la cote réelle par rapport  
à la cote théorique:
  - de la tête de palplanche . . . . .  $\pm 20$  mm
  - du pied de palplanche . . . . .  $\pm 120$  mm
- c) Tolérance de verticalité:
 

	Méthode par mise en fiche et battage	Méthode par battage de panneaux
perpendiculairement à l'axe du rideau, en pour-cent de la fiche . . . . .	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$
le long de l'axe du rideau, en pour-cent de la fiche . . . . .	$\pm 1\%$	$\pm 0,5\%$

Dans certains cas, et pour certaines constructions, il est possible de spécifier des tolérances plus sévères, comme dans le cas d'éléments porteurs dans les rideaux mixtes, où la précision est particulièrement importante.



## 10. Aspects particuliers du battage

### 10.1 Essais de battage

Lorsque l'évaluation de l'aptitude au battage d'un sol est difficile, il est nécessaire de réaliser un essai de battage. L'essai a pour objectif de déterminer le profil de palplanche adéquat qui, battu avec un mouton approprié, atteindra la profondeur requise.

Les essais de battage devraient systématiquement être conduits à l'emplacement du rideau final, et leur nombre dépendra de l'envergure du projet et des variations des couches du sous-sol. La qualité du contrôle des palplanches et du mouton jouent un rôle important et des courbes de battage doivent être établies. En outre, l'arrachage éventuel des palplanches pourra également fournir des informations supplémentaires.

### 10.2 Battage sous gabarit réduit

En dessous des ponts, etc. la hauteur libre entre le niveau du sol et l'ouvrage est souvent insuffisante pour permettre un enclenchement et une mise en fiche dans des conditions normales. On peut alors enfoncer les palplanches par petites longueurs, en les soudant bout à bout ou en les éclissant les unes avec les autres au fur et à mesure que le battage progresse, avec des assemblages rétablissant la résistance totale de la section; cette méthode est toutefois onéreuse et il est recommandé de l'éviter.

Une meilleure manière de résoudre le problème est d'assembler un panneau de palplanches horizontalement sur le sol, la longueur des palplanches étant inférieure à la hauteur disponible sous gabarit. Ces panneaux doivent être boulonnés à des liernes provisoires et déplacés pour être mises en position.

Dans tous les cas, la hauteur disponible sous l'ouvrage peut être augmentée en creusant une tranchée le long de l'axe projeté pour l'installation des palplanches. On commence le battage en utilisant un marteau double effet monté dans un berceau suspendu sur le côté de la palplanche. Dès que la hauteur disponible devient suffisante, on replace le mouton dans une position de battage normale.

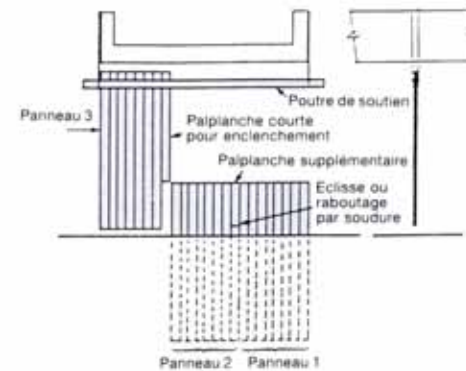


Figure 10.2-1: MISE EN FICHE DE PANNEAUX SOUS GABARIT RÉDUIT

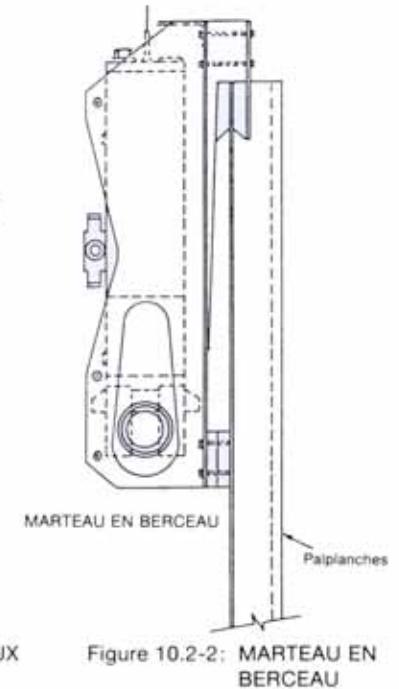


Figure 10.2-2: MARTEAU EN BERCEAU

Une autre solution pour la pénétration initiale consiste à véliner les palplanches par le haut depuis l'ouvrage si cela est autorisé. La figure 10.2-3 montre encore une autre méthode. Dans la partie supérieure de la palplanche, au-dessus de la fiche, une partie de la serrure est découpée pour permettre l'assemblage de la palplanche suivante. L'intégralité du joint est maintenue dans le sol, et un méplat soudé dans la partie supérieure de la barre évite le déboîtement.

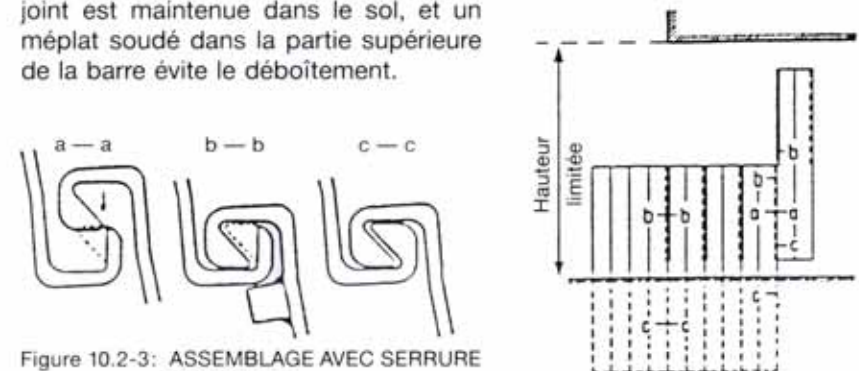


Figure 10.2-3: ASSEMBLAGE AVEC SERRURE DÉCOUPÉE



Figure 10.2-4: Si les conditions de sol le permettent, l'utilisation de vibrateurs fixés directement à la flèche d'une excavatrice peut constituer une solution intéressante.

### 10.3 Battage sous l'eau

Lorsqu'il faut enfoncer des palplanches en dessous du niveau de l'eau, un faux-pieu doit être intercalé entre le mouton et la tête de la palplanche, la longueur du faux-pieu étant telle que le mouton se trouve toujours au-dessus de l'eau.

Les marteaux double effet travaillant à l'air comprimé peuvent travailler sous l'eau.

Certains vibrateurs et moutons hydrauliques peuvent également travailler immergés. La méthode de battage à retenir est celle par panneaux de sorte que l'enclenchement ait lieu hors de l'eau.

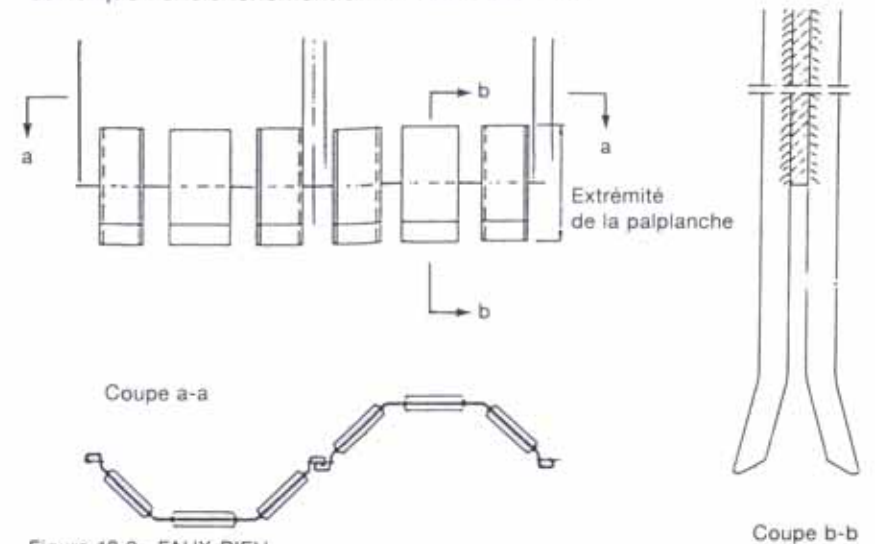


Figure 10.3: FAUX-PIEU

### 10.4 Charges verticales

La capacité portante des palplanches est souvent sous-estimée. Des indications sur cette capacité portante peuvent être données si, à la fin du battage, la résistance à la pénétration requise est obtenue, et si les moutons sont adaptées aux conditions de sol et au profil de palplanche.

Des essais de chargement peuvent être effectués pour contrôler la capacité portante. Au cas où la longueur des palplanches se révélerait insuffisante, celles-ci peuvent être rallongées par raboutage et enfoncées plus profondément.



## 10.5 Niveau phonique

La nature du bruit associé aux travaux d'installation de palplanches dépend de la méthode employée. Par exemple, le battage avec un mouton à chute engendre un bruit bien défini, de type impulsionnel. Les moutons diesel, hydrauliques ou à air comprimé produisent également un bruit impulsionnel, bien que leurs fréquences de frappe soient largement supérieures à celles de moutons à chute. Pour un fonçage par vibration, la caractéristique impulsionnelle est virtuellement absente, mais un effet intermittent demeure présent. Avec les méthodes de fonçage par vérins, le bruit émis est régulier.

Les bruits élevés de nature impulsionnelle sont en général plus difficilement acceptables qu'un bruit régulier. Cependant, d'autres caractéristiques du bruit, qui jouent un rôle important pour déterminer si un bruit est ou non acceptable, rendent d'autres bruits du chantier de construction également très gênants (poids lourds, etc.). La durée des travaux de battage est en général brève en comparaison de la durée totale du chantier de construction. De même, l'effet à court terme des cycles de battage, qui a une influence sur la définition des valeurs limites, doit également être pris en considération.

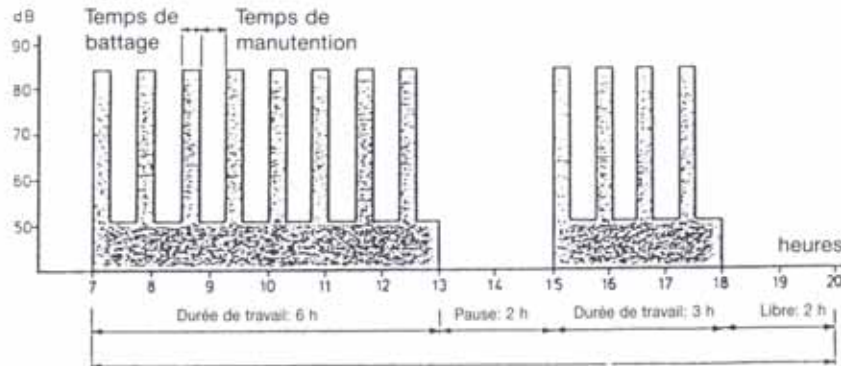


Figure 10.5-1: VARIATION EN FONCTION DU TEMPS DES BRUITS DE BATTAGE SUR UN CHANTIER DE PALPLANCHES

Les valeurs suivantes sont des niveaux de bruits caractéristiques pour différents systèmes de battage:

Marteaux à percussion . . . . .	90–115 dB (A)
Trépideurs . . . . .	85–110 dB (A)
Vibrateurs . . . . .	70– 90 dB (A)
Presses . . . . .	60– 75 dB (A)

Mesures effectuées à une distance de 7 m de la machine.

La réduction du bruit peut être faite à la source ou, lorsque cela n'est pas possible, on peut réduire le niveau phonique touchant le voisinage grâce à la mise en place d'écrans. Les réductions de bruit réalisées en général peuvent atteindre 10 dB (A).

Le tableau suivant donne des valeurs courantes d'intensité phonique dans différents environnements:

Usine ou atelier bruyant . . . . .	90 dB (A)
Rue passante . . . . .	85 dB (A)
Radio à plein volume . . . . .	70 dB (A)
Discours normal . . . . .	55/63 dB (A)
Zone résidentielle . . . . .	35 dB (A)

Des niveaux phoniques courants pour des engins de génie civil sont indiqués dans le tableau suivant:

Mouton de battage . . . . .	110 dB (A)
Grue sur chenilles . . . . .	100 dB (A)
Marteau-piqueur pneumatique sans silencieux . . . . .	90 dB (A)
Compresseur . . . . .	85 dB (A)

Mesures effectuées à une distance de 7 m de la machine.

La distance arbitraire de 7 m entre la machine et le point de mesure est un autre facteur important. Tous les sons s'atténuent avec la distance. Plus un son voyage dans l'air en s'éloignant de sa source, plus il perd en puissance. Le facteur d'atténuation correspond à une réduction approximative de 6 dB (A) à chaque fois que la distance à partir de la source double.

La figure 10.5-2 illustre ceci par un graphe:

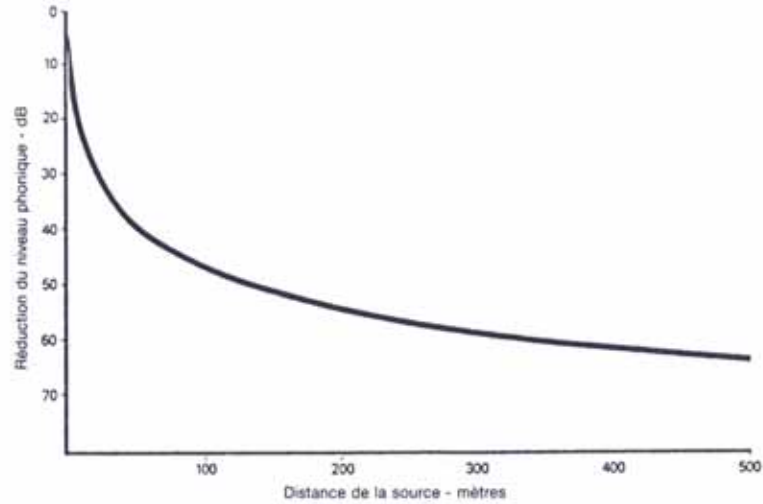


Figure 10.5-2: NIVEAU PHONIQUE EN FONCTION DE LA DISTANCE

Les méthodes d'aide au battage, comme le lançage ou les pré-traitements de sol, en facilitant la pénétration, réduisent le niveau phonique et la durée du travail de battage.



Figure 10.5-3: TOUR DE PROTECTION PHONIQUE



Figure 10.5-4



Figure 10.5-5: ECRAN DE PROTECTION PHONIQUE



## 10.6 Vibrations dans le sol causées par le battage de palplanches

### 10.6.1 Généralités

Pendant le fonçage d'une palplanche, une partie de l'énergie de battage est transmise dans le sol voisin, et peut être ressentie en surface sous forme de vibrations. Ces vibrations peuvent occasionner une gêne aux riverains, et peuvent faire craindre des risques d'endommagements des immeubles voisins. Une approche raisonnée en matière de limitation de ces risques comprendrait premièrement la mesure ou l'estimation des vibrations dans le sol à partir de données comme le type ou la longueur des palplanches, le type de mouton et son énergie nominale, ainsi que les conditions de sol; deuxièmement, une évaluation de la sensibilité de la structure aux vibrations dans le sol et, troisièmement, une décision sur les contre-mesures à prendre. Bien qu'il existe des publications offrant des indications sur les niveaux admissibles de vibrations pour différents types de structures, l'état du bâtiment et du sol doivent être pris en considération.

Le bâtiment peut déjà être soumis à des contraintes provenant de tassements différentiels ou d'inégalités de charge, ce qui fait qu'un effort dynamique même faible pourrait suffire à entraîner des dommages.

Considérons une masse tombant sur la tête d'un pieu, partiellement enfoncé dans le sol: elle génère une onde de contrainte de compression qui se déplace vers le bas du pieu. L'énergie se propage depuis l'axe du pieu vers l'extérieur, avec un front d'onde quasi-cylindrique.

Lorsque les ondes de compression atteignent le pied du pieu, une grande part de l'énergie résiduelle est absorbée, faisant pénétrer le pied davantage dans le sol. Il est probable que cette action induise des ondes de compression dans le sol, qui se développent vers l'extérieur à partir du pied, avec un front d'onde sphérique et une atténuation géométrique.

L'onde de compression, en se déplaçant du haut vers le bas dans le pieu provoquera une expansion latérale de celui-ci, due à l'effet du coefficient de Poisson, qui à son tour pourra générer des ondes de compression dans le sol. La tendance d'une palplanche à «fouetter» latéralement pourra générer des ondes de surface ayant la forme des ondes de Rayleigh, qui pourront entrer dans la composition des ondes de sol.

Les vibrations provenant de ces différentes sources de perturbation atteindront un point de la surface du sol à proximité, sous forme complexe, avec superposition des différentes composantes, la distance à la source étant trop courte pour que les ondes de différentes vitesses

puissent se séparer. A mesure que ces ondes se propagent, leur énergie diminue à cause de l'atténuation géométrique et de l'amortissement par le matériau.

### 10.6.2 Systèmes de mesure

Que les signaux soient transitoires, provoqués par un marteau à percussion, ou continus et périodiques lorsque l'excitation provient d'un vibreur, le système de mesure devra comprendre des capteurs (par exemple des géophones) qui produiront des signaux électriques proportionnels aux vibrations verticales et horizontales, ainsi qu'un système d'analyse des signaux, et le cas échéant des dispositifs de traitement de l'information. On peut estimer les vibrations en suivant différentes recommandations de la littérature, mais on préférera avant tout des mesures in situ.

### 10.6.3 Sensibilité de l'être humain aux vibrations

Il ne fait aucun doute que le corps humain est un capteur extrêmement sensible aux vibrations dans le sol, et l'on estime le seuil usuel de perception des vibrations à environ 0,1 à 0,5 mm/s. Il est courant que les personnes soient portées à surestimer les vibrations qu'ils perçoivent.

L'échelle de Rieher-Meister, d'usage répandu, est un bon indicateur de la sensibilité humaine aux vibrations.

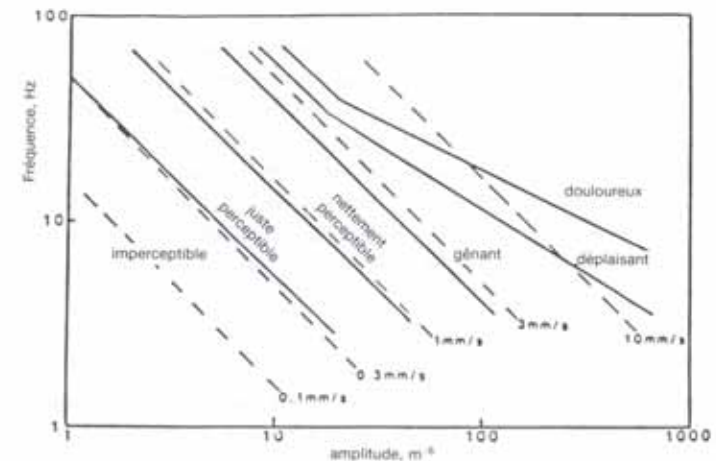


Figure 10.6.3: ÉCHELLE DE RIEHER-MEISTER, avec vitesses imposées

#### 10.6.4 Evaluation de l'effet de vibration

La réponse d'une structure à un signal de vibration dans le sol peut être évaluée soit par une analyse de l'interaction dynamique sol-structure, qui n'est adaptée qu'à des structures spécialisées, soit par une approche empirique fondée sur des niveaux de vibration limites. Des indications supplémentaires existent dans plusieurs codes européens et dans de nombreuses publications. Notons que les planchers flexibles de bâtiments amplifient les vibrations.

#### 10.6.5 Recommandations visant à réduire l'effet des vibrations

Les inquiétudes des propriétaires d'immeubles et le nombre de plaintes probables pour nuisance peuvent être réduits si l'on rend visite aux voisins d'un chantier de battage et qu'on leur donne une description claire de l'ampleur et de la durée de l'opération, ainsi que de la probabilité relativement faible d'occasionner des dommages structuraux aux habitations même s'il leur semble que les vibrations ressenties sont importantes. Sur le chantier, la variable essentielle est le choix du mouton et de son mode de fonctionnement afin de contrôler l'énergie qu'il délivrera.

Les moutons à percussion permettent au batteur de commander la hauteur de chute ou l'énergie délivrée, et les vibrations dans le sol peuvent être réduites si les mesures sur site ou des observations l'exigent, en particulier pour de faibles profondeurs de pénétration du pied.

Les vibrateurs sont des dispositifs de fonçage très efficaces dans les sols granulaires principalement, et ils ne génèrent d'habitude que de modestes vibrations. Toutefois, ces vibrations sont continues et périodiques, et elles peuvent causer des problèmes si la résonance d'un immeuble voisin est d'une fréquence similaire. Le fait que ces vibrations s'atténuent rapidement est très utile lorsqu'un bâtiment sensible se trouve à une distance critique de la source. Les systèmes de fonçage par vérin pourront quant à eux être utilisés lorsque les conditions de sol le permettront.

Il peut aussi être avantageux de pratiquer un lançage ou un pré-forage en conjonction avec l'un des systèmes de battage décrit ci-dessus.

Quel que soit le type de mouton utilisé, c'est par une bonne pratique du battage, en frappant la palplanche dans son axe, et par un bon guidage des barres limitant au maximum les effets de «fouets latéraux» que la mise en œuvre des profils pourra se poursuivre avec le minimum de

nuisances pour les riverains et de risques pour les immeubles environnants.

Dernière recommandation: s'il apparaît qu'un bâtiment court un risque, ou si les occupants montrent leur inquiétude, alors il faut que des études soient menées avant et après le fonçage de façon à ce que tout dommage provoqué puisse être évalué, et le cas échéant réparé, qu'il soit causé uniquement par les vibrations, ou déclenché par la superposition de vibrations liées à d'autres sollicitations, ou résultant de tassements différentiels induits par le battage.



## 11. Palplanches plates

### 11.1 Généralités

Les palplanches plates sont destinées essentiellement à la construction de parois cylindriques, en général fermées, contenant un remblai de terre. Elles sont utilisées principalement pour la construction de gabions, de murs de quais, ou de ducs-d'Albe.

En raison de leur faible rigidité à la flexion, ces profils nécessitent des précautions lors du stockage, de la manutention ou du levage. Pour compenser ce manque de résistance à la flexion, une attention spéciale doit être portée à la méthode de guidage lors de la mise en place.

### 11.2 Stockage

Un stockage incorrect peut causer des déformations permanentes qui à leur tour peuvent rendre l'enclenchement des palplanches difficile, voire impossible. On peut les empiler les unes sur les autres à condition que les palplanches soient décalées de façon à ce que les agrafes soient positionnées en quinconce dans le même plan vertical.

Il est bon d'intercaler des cales de bois entre chaque palplanche, mais on peut également les empiler les unes sur les autres, à condition que les premières palplanches de la pile ne subissent pas une charge excessive (Figure 11-1). Les cales de bois doivent être disposées longitudinalement en nombre suffisant pour limiter les risques de déformation (Figure 11-2).

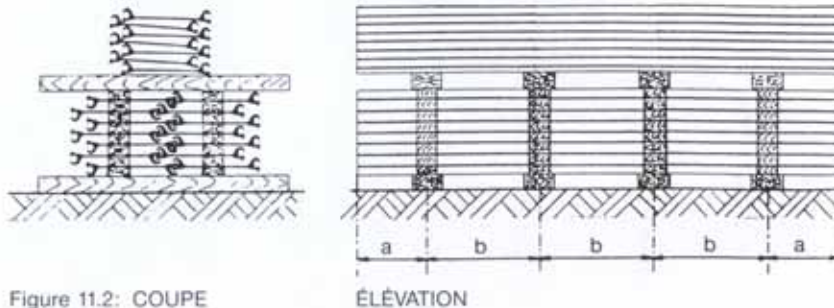


Figure 11.2: COUPE

ÉLÉVATION

Calage pour le stockage de palplanches plates (applicable pour le stockage sur site et le transport)

- Porte-à-faux (a) de préférence inférieur à 1,5 m
- Espacement des cales (b) de préférence inférieur à 3 m

### 11.3 Manutention

Lorsque les palplanches sont déplacées de leur position horizontale de stockage vers une autre position de stockage, il est nécessaire d'utiliser des palonniers (Figure 11-3) ou encore des supports réalisés à partir de morceaux de palplanches enclenchées avant levage dans le profil à déplacer.



Figure 11.3: PALONNIER

### 11.4 Levage

Jusqu'à une longueur de 15 m, la mise en position verticale des palplanches ne nécessite qu'un seul point d'accrochage à proximité de la tête. Des trous de manutention sont normalement prévus sur toutes les palplanches, mais si leur utilisation se révèle peu pratique, il est possible d'utiliser une élingue avec nœud coulant mordant sur des cales en bois. Ce nœud coulant doit être relié au moyen d'un câble et d'un crochet à la partie basse de la palplanche pour éviter toute chute accidentelle. Cette méthode de mise en fiche des palplanches permet de réduire la hauteur de l'engin de manutention.

Au delà de 15 m, la mise en position verticale des palplanches plates doit s'effectuer par deux ou trois points d'accrochage pour éviter toutes déformations plastiques. On recommande d'ailleurs d'utiliser des palplanches doubles, car l'ensemble offre une plus grande rigidité et permet de raccourcir les temps de mise en place.

### 11.5 Opération de battage

#### 11.5.1 Gabarit

L'efficacité du gabarit est essentielle pour l'érection rapide et économique de gabions cellulaires. Le gabarit doit être assez robuste pour supporter un grand nombre de réutilisations, et suffisamment précis pour assurer la fermeture du cercle de palplanches sans utiliser de palplanche spéciale.

La conception et la forme du gabarit dépendent évidemment de la taille du gabion et des conditions de site. Le choix du matériau utilisé dans sa fabrication (bois de construction ou acier) va dépendre de l'adaptation d'un guidage flottant ou fixe à la situation considérée.

En général, le gabarit est positionné à l'intérieur de la cellule, mais d'autres options sont bien sûr envisageables, par exemple de placer le guidage à l'extérieur de la cellule, ou une structure combinée intérieur-extérieur. Les gabarits à deux niveaux supportés par des pieux provisoires sont les plus répandus. L'assemblage habituel comprend deux gabarits circulaires horizontaux raccordés tridimensionnellement par des poutrelles et des entretoises. Pour des palplanches de très grande longueur, il peut être conseillé d'installer des gabarits circulaires supplémentaires afin de donner un meilleur guidage.

Certaines des opérations de mise en place se verront facilitées par l'installation d'une plate-forme de travail en veillant à instaurer de bonnes conditions de sécurité. En outre, il importe tout particulièrement que le diamètre des gabarits ait été calculé avec précision pour que le positionnement correct des palplanches puisse être assuré.

De plus, les effets des tolérances de laminage sur la largeur des palplanches doivent normalement être pris en compte pour le calcul des dimensions du gabarit. Etant donné l'impossibilité d'anticiper ces valeurs, il est en général conseillé d'ajuster les dimensions du gabarit aux dimensions exactes des palplanches livrées.

### 11.5.2 Mise en place de palplanches plates

Lorsque le gabarit est fermement maintenu en position, les palplanches sont placées à sa périphérie et la cellule complète est ainsi érigée avant battage. Des repères peuvent être placés sur la circonférence de la plate-forme de travail, afin d'indiquer si les palplanches sont correctement espacées.

Un soin extrême doit être apporté à la mise en fiche pour assurer la verticalité des palplanches et pour éviter toute inclinaison. Il importe que la verticalité des barres soit fréquemment vérifiée, garantissant ainsi un gain de temps à terme.

Il est essentiel que les palplanches de raccord soient placées avec précision et positionnées verticalement. Les palplanches doivent être mises en fiche alternativement à partir de deux raccords en terminant l'arc par la palplanche ou la paire de palplanches centrales.

Lorsque cette méthode est adoptée, il devrait être aisé de procéder à l'enclenchement de la palplanche de fermeture; dans le cas contraire le relèvement des palplanches adjacentes facilitera l'opération.

Toute erreur sera amplifiée par une mise en fiche unidirectionnelle. Les deux premières palplanches des arcs de connexion doivent être mises en fiche avant remblaiement de la cellule pour faciliter l'enclenchement des palplanches suivantes dans l'arc.

### 11.5.3 Battage

Le battage des palplanches plates peut être réalisé à l'aide de vibrateurs ou de moutons à percussion. Dans tous les cas les équipements doivent être légers et faciles à manœuvrer de manière à faciliter leur repositionnement sur les barres et rendre plus aisé un battage en «touches de piano».

On recommande un battage par paires dans tous les cas où cela est possible afin de transférer l'énergie de battage à la masse concentrée des joints au lieu de l'âme qui est de faible épaisseur.

On peut également utiliser le lançage dès lors que les conditions du sol l'exigent.

Une fois la cellule terminée, et avant de commencer le remblaiement, on s'assurera que tout le sol impropre a été éliminé.

Une fois que le remblai a atteint une hauteur de sécurité, le gabarit est retiré et avancé à la position suivante.

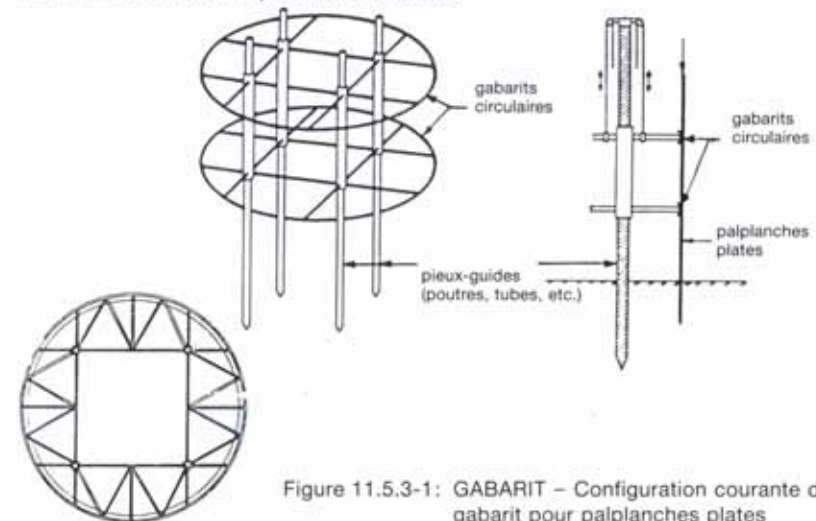


Figure 11.5.3-1: GABARIT – Configuration courante d'un gabarit pour palplanches plates





Figure 11.5.3-2



Figure 11.5.3-3



## 12. Arrachage

### 12.1 Généralités

Lorsque le rideau de palplanches n'est destiné qu'à servir de protection provisoire pour la construction d'un ouvrage, les barres peuvent être arrachées pour être réutilisées moyennant des arracheurs appropriés du type à percussion, à vibration, ou à vérins.

### 12.2 Mesures devant être prises avant et durant le battage

Lorsque l'arrachage est prévu, il faut prendre en compte les données suivantes: profil et longueur des palplanches, profondeur de battage, caractéristiques du sous-sol, temps d'enfoncement et méthode de battage. Tous ces facteurs peuvent créer des problèmes, comme le recours à du matériel d'arrachage lourd, voire rendre la récupération impossible.

Un revêtement lubrifiant mis en place à l'intérieur des serrures réduit les frottements (à ne pas utiliser avec des palplanches plates).

Dans des sols denses, l'utilisation de sabots de protection de pieds peut se révéler utile. Juste avant le battage, le sabot est placé en pied de palplanche sans aucun soudage. La saillie du sabot en dehors de la palplanche crée une zone d'ameublissement du sol tout autour du profil.

Pour évaluer la force de traction nécessaire, l'établissement préalable de courbes de battage pour chaque palplanche est d'une grande utilité. Celles-ci identifient les palplanches dont la pénétration a été de faible résistance, définissant ainsi le point de départ du travail d'arrachage. En l'absence de telles courbes, le choix de la première palplanche devra être effectué avec la plus grande attention.

Les palplanches situées près du centre d'un rideau doivent être essayées une à une jusqu'à ce que l'une d'entre elles commence à bouger.

En cas de difficulté, quelques coups de marteau peuvent être appliqués afin de desserrer ou débloquer une palplanche.

Il peut également être nécessaire de renforcer la tête des barres pour faciliter l'arrachage de la première palplanche.

La précision du battage dans le sol conditionne la facilité d'arrachage.

Par ailleurs, il peut être nécessaire d'augmenter la section pour assurer une bonne aptitude au battage et minimiser les dommages subis par les palplanches.



### **12.3 Arrachage**

Des vibrateurs et des arracheurs de tailles variées sont utilisables. Ils «décollent» la palplanche de sa position initiale, de sorte qu'elle puisse bouger par la traction de la grue. Les valeurs limites de charge pour les engins d'arrachage et les grues données par les fabricants doivent être respectées.

Le raccordement entre la palplanche et l'arracheur se fait par des mâchoires hydrauliques, des manilles d'assemblage et des boulons.

Il est parfois nécessaire de procéder à un lançage ou un forage pour faciliter l'arrachage.