557.P - AVRIL 2023

ÉTUDES ET RECHERCHES

POSE MÉCANISÉE DES REVÊTEMENTS MODULAIRES EN BÉTON

SOPHIE JACOB

CERIB
Expertise concrète

Publication réservée aux ressortissants du Cerib

■ Études et Recherches

SJ

2204NC026 / Normalisation, certification, management de la qualité

Publication réservée aux ressortissants du CERIB

Pose mécanisée des revêtements modulaires en béton

557.P

Avril 2023

par

Sophie JACOB

Avant-propos

Ce rapport est articulé en deux parties :

- la première partie est destinée au lecteur qui souhaite apprécier très rapidement si l'étude évoquée le concerne, et donc si les méthodes proposées ou si les résultats indiqués sont directement utilisables pour son entreprise ;
- la deuxième partie de ce document est plus technique ; on y trouvera donc tout ce qui intéresse directement les techniciens de notre industrie.

Sommaire

1. Synthèse de l'étude 5
1.1. Problématique 5
1.2. Les spécificités de la pose mécanisée 5
1.2.1. Le matériel 5
1.2.2. L'incidence sur les produits 5
1.3. Conclusion sur le développement de la pose mécanisée en France 6
2. Dossier de l'étude 7
2.1. Les types d'équipements 7
2.1.1. Les pinces non motorisées 7
2.1.2. Les pinces motorisées 8
2.2. Les équipements sur le marché 10
2.3. Caractéristiques des fabrications destinées à être posées mécaniquement 18
2.3.1. Dimensions des produits 18
2.3.2. Préparation de l'appareillage 19
2.3.3. Conditionnement et transport des plaques pavées 21
2.4. Les intérêts de la pose mécanisée 22
2.5. Les limites et inconvénients de la pose mécanisée 24
2.6. La pose mécanisée en France 26
2.7. Synthèse 27
Bibliographie 29
Index des figures 31
Index des tableaux 31
Annexe – Documents Probst « Engins de chantier » 33

1. Synthèse de l'étude

1.1. Problématique

En France, le marché des pavés en béton « classiques » a représenté 2,65 millions de m² en 2019.

Pour ce qui concerne les dalles, ce sont 4 millions de m² qui ont été vendus la même année.

Les produits drainants ont quant à eux représenté près de 122 000 m² (pavés poreux, pavés à écarteurs et dalles gazon).

La mise en œuvre mécanisée des revêtements modulaires, et particulièrement des pavés, constitue une alternative à leur mise en œuvre manuelle, mais est aujourd'hui peu développée en France. Pourtant, elle permet des augmentations significatives de la cadence de pose (doublement des surfaces posées quotidiennement d'après [2], pouvant atteindre 1 000 m² par jour [10], cadence « manuelle » de 2 m²/h contre 15 m²/h et par personne (30 m²/h à 2 personnes) en mécanisé [13]). Concernant les dalles-gazon, la cadence mécanisée peut permettre la pose de 500 à 600 m² par jour, ce qui multiplie par 4 ou 5 la cadence possible manuellement d'après [13]. [14] est encore plus optimiste sur les augmentations de cadences liées à l'utilisation d'engins mécanisés pour la pose, partant d'une hypothèse de seulement 50 m² / j et par personne pour une pose manuelle ; cette cadence passant à des valeurs de 400 à 600 m²/j avec une pose mécanisée.

Ce document s'intéresse plus particulièrement à la pose mécanisée des pavés, en analysant les solutions existantes, leurs avantages et leurs inconvénients, et en rassemblant des éléments relatifs à leur déploiement.

Enfin sont identifiés, les leviers et les freins à son développement sur le territoire français.

1.2. Les spécificités de la pose mécanisée

1.2.1. Le matériel

Les équipements de pose mécanisée des pavés sont toujours constitués de pinces. Il en existe sur le marché deux catégories principales :

- Les équipements à pinces non motorisées ;
- Les équipements à pinces motorisées.

La pose mécanisée peut alors être réalisée avec des équipements complets spécifiques, associant la pince à un engin dédié, ou être réalisée par le biais d'une pince montée sur un engin porteur générique.

1.2.2. L'incidence sur les produits

Lorsqu'ils sont destinés à être posés mécaniquement, les produits en béton sont soumis à des exigences complémentaires en termes de dimensions, de préparation de l'appareillage et de conditionnement, qui sont détaillées dans la deuxième partie de ce rapport.

1.3. Conclusion sur le développement de la pose mécanisée en France

Le potentiel de développement de la pose mécanisée est lié à la balance entre ses intérêts et ses limites et contraintes, comme résumé dans le tableau suivant.

Intérêts	Limites / contraintes
• Les machines sont polyvalentes et compactes et permettent un accès dans des zones restreintes. • La pose mécanisée peut améliorer la sécurité et la santé au travail : réduction des TMS (Troubles Musculo-Squelettiques). • L'augmentation des cadences de pose d'un facteur de 4 à 5, génère un gain de temps et de coût. • Le coût d'une machine de pose est amorti dès lors que la production excède 5000 m² de pavés / an. • Le transport sans palette est possible. • La qualité de la pose et l'esthétique sont améliorés. • L'étape d'affermissement des pavés peut être supprimée. • Le blocage des produits peut être réalisé par une plus large variété d'appareillages qu'avec une pose manuelle.	• La pose mécanisée est plus adaptée aux pavés autobloquants, en « I » ou comportant des écarteurs intégrés : une gamme spécifique peut donc s'avérer nécessaire. • Un plan qualité doit être mis en place préalablement (de la fabrication à la pose). • Des contrôles supplémentaires doivent être réalisés lors de la fabrication (contrôles des moules, tolérances de fabrication plus serrées, contrôle plus strict du E/C) et peuvent s'avérer contraignants par rapport à une fabrication de produits destinés à être posés manuellement. • L'appareillage doit être préparé en usine. • Le personnel doit être qualifié pour ce type de pose (le coût de formation, et les difficultés de remplacement en cas d'absence sont donc à prendre en compte). • Les tâches manuelles ne sont pas complètement supprimées sur le chantier (compactage du lit de pose, mise en œuvre des premières rangées, remplissage des joints, compactage). • Ce type de pose est surtout intéressant pour des surfaces pavées supérieures à 1500 m².

Tableau 1 –Intérêts, limites et contraintes de la pose mécanisée

En France, la nette séparation des marchés de fourniture d'une part, et de mise en œuvre d'autre part, n'est pas propice au développement de la pose mécanisée des revêtements modulaires. Ceci constitue vraisemblablement le frein principal, qui pourrait être levé en développant et renforçant la synergie entre ces deux phases d'un chantier par une collaboration plus étroite entre poseurs et fournisseurs, et ceci le plus en amont de la phase de mise en œuvre.

Des outils comme la maquette numérique, pourraient contribuer à développer et renforcer cette synergie.

2. Dossier de l'étude

2.1. Les types d'équipements

Les équipements de pose mécanisée des pavés sont toujours constitués de pinces. Il existe sur le marché deux catégories principales de matériel :

- Les équipements à pinces non motorisées ;
- Les équipements à pinces motorisées

2.1.1. Les pinces non motorisées

Les équipements non motorisés sont généralement constitués d'un chariot à roues qui peut soulever environ 15 à 20 pavés [1]. Cette pince est alors utilisée pour les petites surfaces, l'unité de surface de pose étant en général inférieure au mètre carré.

Le faible encombrement de ces équipements les rend particulièrement intéressants pour une utilisation dans des espaces où l'accès des engins de chantier s'avère délicat.

Figure 1 – Pince non motorisée (source [1] à gauche, et [11] à droite)

Ce type de pince peut par exemple être utilisé pour des projets à proximité de sites ou d'établissements où le bruit doit être limité (hôpital par exemple) ou pour une pose sur des toits où le poids doit être limité et l'espace est contraint [1].

En revanche, ce type d'équipement peut vite s'avérer inapproprié, puisque la manutention des produits conduit à un effort humain répété incompatible avec les conditions de sécurité et santé au travail.

Note : Parmi les pinces non motorisées, il existe également des pinces permettant de retirer des pavés. C'est le cas du modèle SZ (Steinzieher) de Probst.

Figure 2 - Pince extractrice de pavés

2.1.2. Les pinces motorisées

Les pinces motorisées sont les équipements les plus répandus. Leur poids est en général équivalent à celui d'une petite voiture.

Ils peuvent être équipés de trois types de pinces différents :

- Les pinces mécaniques ;
- Les pinces hydrauliques ;
- Les pinces à aspiration sous vide.

2.1.2.1. Les pinces mécaniques

Ce type de dispositif, Figure 3, est composé de plusieurs niveaux de pinces, qui peuvent être ajustées afin de se conformer aux dimensions de la palette de pavés à poser.

Figure 3 - Equipement motorisé avec une pince mécanique [1]

La pince doit être réglée préalablement à la pose afin d'assurer un ajustement serré contre la palette de pavés lorsqu'elle est activée.

2.1.2.2. Les pinces hydrauliques

La pince hydraulique est activée par des pistons hydrauliques qui attrapent la palette de pavés par les côtés (Figure 4).

Figure 4 – Equipement motorisé avec une pince hydraulique [1]

Il est nécessaire, avant toute étape de pose, de régler le fluide afin d'obtenir la pression nécessaire à exercer, notamment en fonction du poids de la plaque pavée qui sera soulevée. Ce type d'équipement n'est recommandé que pour des épaisseurs minimales de produits de 60 mm, ce qui est le cas pour des pavés utilisés sur l'espace urbain.

2.1.2.3. Les pinces à aspiration sous vide

La pince à aspiration sous vide (Figure 5) est constituée d'une tête métallique recouvrant la couche de pavés. La tête est composée de plusieurs coupelles en caoutchouc permettant d'appliquer l'aspiration à différents endroits de la plaque pavée.

Figure 5 – Equipement motorisé équipé d'une pince à aspiration sous vide [1]

Le fonctionnement de ce type de pince repose sur les effets de succion appliqués sur la plaque de pavés. Il est ainsi recommandé que la surface des pavés soit propre ; aucune particule (de poussière par exemple) ne doit être présente afin d'éviter les problèmes d'étanchéité.

On notera que ces équipements sont plutôt adaptés pour des éléments plus grands que des pavés, comme par exemple des dalles en béton de dimensions allant de 300 x 300 mm à 900 x 900 mm [1].

2.2. Les équipements sur le marché

Sur le marché, on retrouve des machines à paver « complètes » (engin + pince), mais aussi des pinces vendues seules, en vue de leur installation sur des engins porteurs.

Les fabricants de machines à paver et de pinces les plus présents sur le marché sont les fabricants allemands Optimas GmBH et Probst.

Dans les années 90, d'autres fabricants semblaient proposer des matériels de pose de pavés :

- HYDROMAK ne semble plus exister ;
- FRACELCO et WIMAG existent toujours mais ne semblent plus avoir de tels matériels dans leur catalogue.

Machine à paver						
Fabricant	**Modèle**	**Principales caractéristiques** (motorisée ou non, type de pince)	**Manuel ou avec conducteur**	**Dimensions de la machine**	**Poids**	**Charge admissible**
Optimas GmBH	S19 PaveJet	Motorisée avec pinces hydrauliques et système d'ajustement (modèle de pince Multi6 M)	Avec conducteur	3,9 m x 1,35 m x 1,92 m	1625 kg	700 kg
	S22			4 m x 1,2 m x 2 m	1250 kg	—
	S19 PaveJet E			3,9 m x 1,35 m x 1,97 m	1300 kg	700 kg
	Vacu-Mobil Allrounder	Motorisée avec pinces à aspiration sous vide	Sans conducteur	2,5 m x 0,92 m x 2,1 m	755 kg	140 kg
Probst	VM 301-PAVERMAX	Motorisée avec pinces (à adapter selon les données de projet de la même marque du fabricant Probst)	A intégrer avec machine Optimas (avec conducteur)	—	1,080 kg	600 kg (320 kg poids max de la couche de pavés)
	VM 301- KJ-PAVERMAX				1,200 kg	650 kg (380 kg poids max de la couche de pavés)
	VM-401 Multimac			3,692 m x 1,220 m x 1,980 m	1,550 kg	800 kg (400 kg poids max de la couche de pavés)

Tableau 2 – Exemples de caractéristiques de machines à paver du marché

Pinces							
Fabricant	**Modèle**	**Principales caractéristiques** (motorisée ou non, type de pince)	**Dimensions de la pince**	**Poids**	**Domaine**	**Capacité dimensionnelle**	**Charge admissible**
Optimas GmBH	Multi6 M	Motorisée, pinces hydrauliques avec système d'ajustement[1]	-	185 kg	Pavés	De 0,6 m² à 1,5 m² Epaisseur de 40 mm à 240 mm	550 kg
	Vacu-Pallet-Mobil	Motorisée avec pinces à aspiration sous vide	-	1600 kg	Pavés en béton en pierre naturelle et ou en béton lavé, bordures	1320 mm de largeur de palette	140 kg
	Vacu-Lift D/H/P	-	-	D=430 kg, H=380 kg, P=420 kg	-	-	-
	Vacu-Mobile E	-	-	-	Pavés en béton ou en pierre naturelle	-	-
	Vacu-Magnet 500	-	70 cm x 60 cm x 60 cm	70 kg	Paves en béton, pierre naturelle ou en marbre, bordures en béton	-	500 kg
	Vacu-Magnet 1500	-	63 cm x 70 cm x 72 cm	175 kg		-	1500 kg
	Vacuum "BE"	-	54 cm x 63 cm x 55 cm	70 kg	Bordures et pavés en béton	-	600 kg
	Vacuum SV 200 E	Non motorisée avec pinces à aspiration sous vide	-	-	Pavés en béton ou en pierre naturelle	-	180 kg

Pinces							
Fabricant	**Modèle**	**Principales caractéristiques** (motorisée ou non, type de pince)	**Dimensions de la pince**	**Poids**	**Domaine**	**Capacité dimensionnelle**	**Charge admissible**
-	Vacuum SV 250 A	-	30 x 40 cm	21 kg	-	-	250 kg à 0,6 bar
	Vacuum SV 500 A		40 x 50 cm	30 kg		-	500 kg à 0,6 bar
Probst	HVZ-UNI-II (sur machines de pose de type VM (301, 401, 203, 204) ou sur pelle excavatrice hydraulique ou chargeur sur roues et excavateur par l'arrière)	Motorisée avec pinces hydrauliques et adaptée aux engins porteurs (présentant deux circuits de commande hydraulique séparés), la pince est équipée du dispositif d'ajustement ADV[2]	-	225 kg	Pavés et pierre naturelle Pavés béton et pierre naturelle	580 mm à 1260 mm de largeur d'ouverture, épaisseur de pavés de 50 à 160 mm	400 kg
	HVZ-Light	Motorisée avec pinces hydrauliques, sur engin porteur de poids opérationnel mini 2 t		159 kg		570 mm à 1180 mm de largeur d'ouverture, épaisseur de pavés de 50 à 160 mm	400 kg
	HVZ-UNI-II - EK	Motorisée avec pinces hydrauliques et adaptée aux engins porteurs présentant un unique circuit de commande hydraulique		241 kg		580 mm à 1260 mm d'ouverture	400 kg
	HVZ-UNI-II – EK avec adaptateur pour chevrons HVZ-FA-RE			275 kg			
	HVZ-UNI-II – EK avec griffe pour pavés HVZ-UNI-II-PK-II[3]			285 kg			

Pinces							
Fabricant	Modèle	Principales caractéristiques (motorisée ou non, type de pince)	Dimensions de la pince	Poids	Domaine	Capacité dimensionnelle	Charge admissible
Probst	HVZ-UNI-II (sur machines de pose de type VM (301, 401, 203, 204) ou sur pelle excavatrice hydraulique ou chargeur sur roues et excavateur par l'arrière)	Pinces mécanisées adaptées aux engins porteurs	-	21 kg	Dalles gazon	Profondeur d'insertion 20 à 60 mm	250 kg
	HVZ-Light	Pinces à aspiration sous vide à adapter sur l'engin porteur UM-SM et à utiliser manuellement	-	34 kg	Dalles (éléments légèrement poreux)	-	600 kg
	HVZ-UNI-II - EK	Pince hydraulique adaptable sur engin porteur de poids opérationnel mini 3,5 t	-	339 kg	Pavés	hauteur 50 à 160 mm	400 kg
	HVZ-ECO[4]	Pince hydraulique adaptable sur engin porteur de poids opérationnel mini 2,5 à 2,8 t	58 à 126 cm et 96 à 144 cm	227 kg	Pavés	hauteur 50 à 160 mm	400 kg
	VTK-V	Diable pour le transport de pavés	55 à 105 cm	68 kq	-	900 mm max	400 kg
	PW-III	Diable pour le transport de palettes	125,0 x 126,3 cm	195 kg	-	-	1 500 kg

Tableau 3 – Caractéristiques des principales pinces du marché

[1] Le système d'ajustement proposé par Optimas GmbH a été amélioré et présenté en 2020 ; le nouveau design permet d'appliquer une pression plus importante sur les pavés afin d'obtenir une pose éliminant les défauts d'alignement.

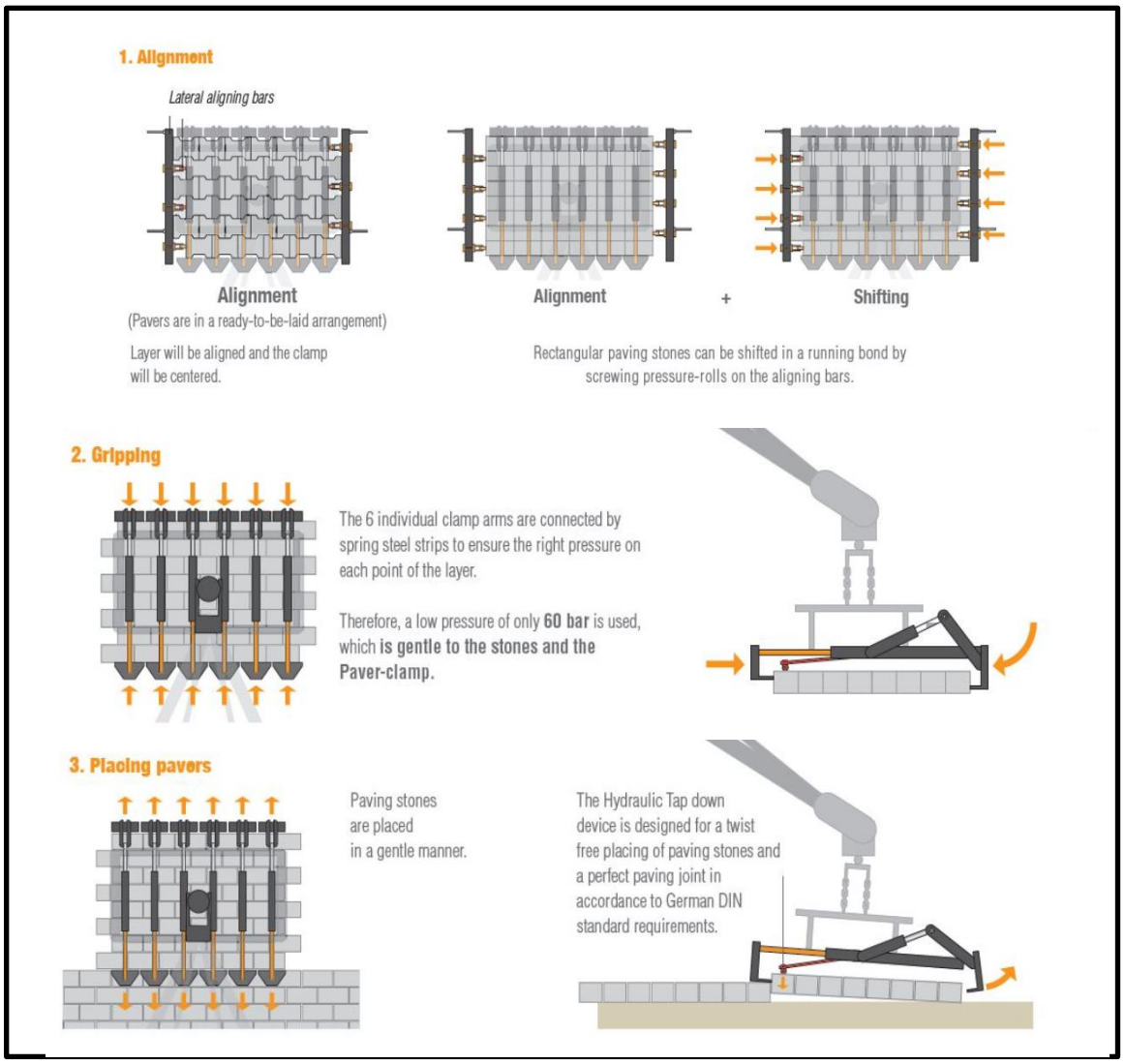

Figure 6 – Etapes de mise en place des pavés avec les pinces hydrauliques du fabricant Optimas GmbH [10]

[2] Les machines de pose Probst sont équipées de la pince de pose hydraulique HVZ à dispositif de dépose automatique ADV. Les unités (plaques pavées) sont posées contre les unités déjà installées sur la plate-forme, sans qu'un pavé particulier ne se coince ou ne bouge de manière incontrôlée. Aucune égalisation manuelle des pavés posés à l'aide d'un marteau n'est requise (Figure 5 à gauche). La pince de pose applique une pression uniforme lors de la préhension de l'unité de pose, de sorte que les systèmes d'écartement de pavés se retrouvent en contact direct avec les parois du pavé adjacent (Figure 5 à droite).

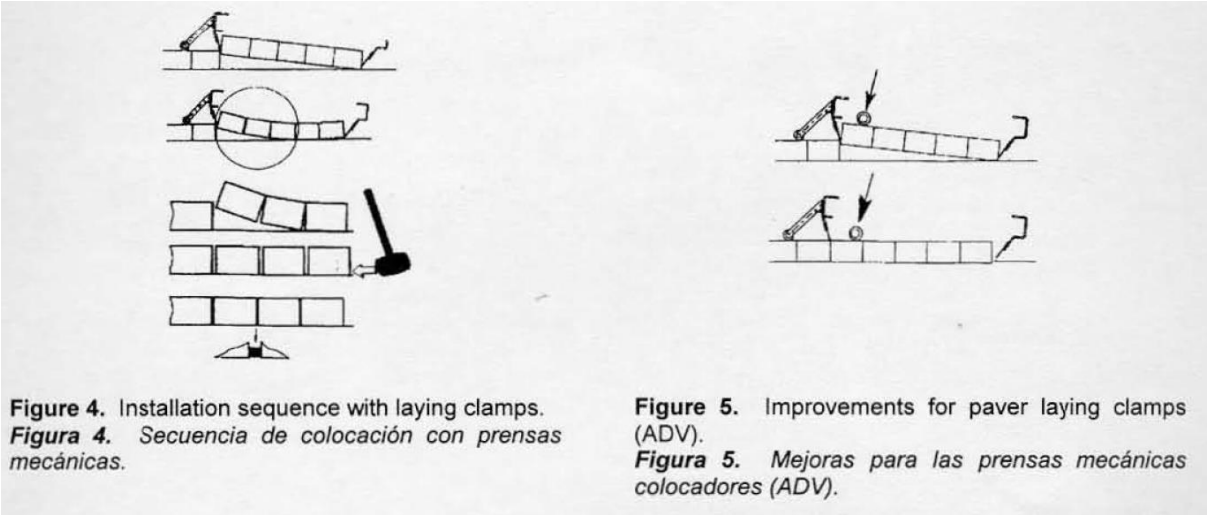

Figure 7 – Développement du système ADV présenté par Probst pour la pose mécanisée de pavés au moyen de pinces hydrauliques [5]

[3] Le modèle de griffes HVZ-UNI-II-PK-II pour pavés permet de garantir une pose en chevrons sans demi pavés latéraux (boutisses) [11].

Le réglage des hauteurs de serrage des pinces hydrauliques du fabricant Probst doit se faire :

- Du côté de la machine : la hauteur de préhension doit être réglée de façon à ce que les lamelles en acier se situent à mi-hauteur de la couche des pavés ;

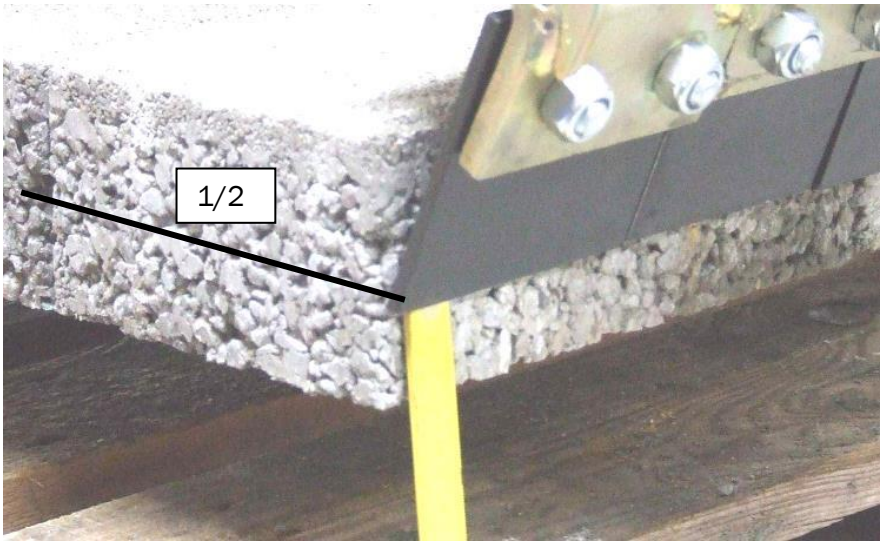

Figure 8 – Hauteur de préhension côté machine

- Du côté du terrain : la hauteur de préhension doit être réglée de façon à ce que les lamelles en acier se situent dans la partie inférieure de la couche des pavés.

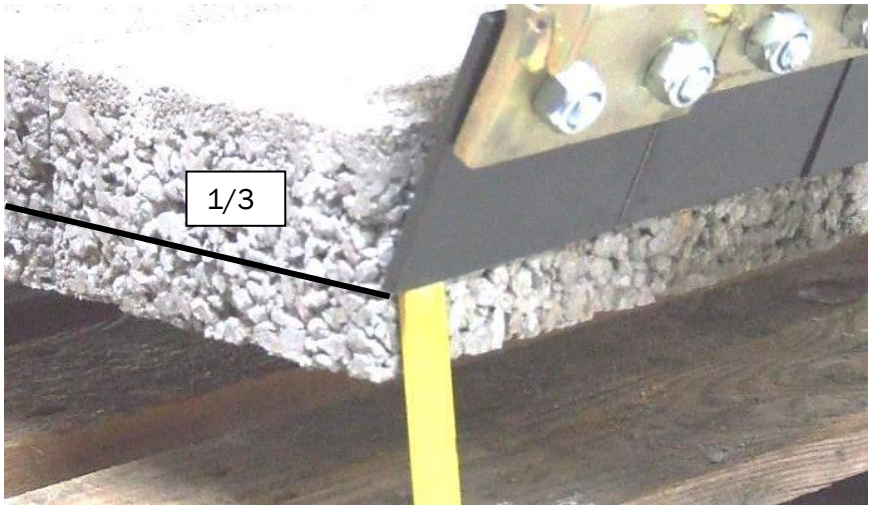

Figure 9 – Profondeur de préhension côté terrain

Note : Dans son catalogue, Probst propose des pinces hydrauliques adaptables sur des pelles « classiques », de capacité minimale 2,5 t. [catalogue 2021-2022 p 24). C'est le cas des pinces de type HVZ-GENIUS-II.

Des documentations commerciales du fabricant Probst présentant les différentes machines à poser à équiper avec les pinces, HVZ-UNI, HVZ-UNI-II, VZ-H-UNI et POWERJET PJ-1650-H sont données en annexe 1.

2.3. Caractéristiques des fabrications destinées à être posées mécaniquement

2.3.1. Dimensions des produits

Le guide ICPI tech Spec 15 [2] traite notamment des spécifications liées aux produits destinés à être posés mécaniquement.

En effet, une des conditions de faisabilité de la pose mécanisée passe par la maîtrise de la taille et de la forme des « plaques » de produits. Le suivi de la qualité des produits et le plan qualité mis en place en usine notamment pour maitriser les tolérances dimensionnelles et de planéité sont impératifs.

Selon [2], ce plan qualité comprend :

- Le(s) plan(s) détaillé(s) du (ou des) moule(s) utilisé(s) incluant les dimensions hors tout, les dimensions intérieures, les motifs éventuels, rayons etc. ;
- Le contrôle de l'usure du (ou des) moule(s) pendant la campagne de fabrication, avec le cas échéant un plan de rotation des différents moules afin que l'usure soit homogène sur l'ensemble des moules disponibles ;
- Une mesure initiale de toutes les dimensions du moule, afin d'en contrôler l'évolution ;
- Un plan de contrôle des dimensions du moule pendant la campagne de fabrication (points de contrôle, fréquence) ;
- Une recette de béton comportant un rapport eau/ciment tel qu'il n'y ait pas d' « affaissement » des produits lors du démoulage (prévention de la création de « ventres » sur les côtés des produits) ;
- Le contrôle des tolérances dimensionnelles des produits, qui, doivent être réduites par rapport à celles appliquées sur des produits posés manuellement. Concernant la longueur et la largeur, [2] préconise de les réduire à ± 1 mm (soit ± 0,5 mm de chaque côté du produit) alors que le tableau 1 de la norme NF EN 1338 [16] la fixe à ± 2 mm pour des pavés de moins de 10 cm d'épaisseur, et ± 3 mm pour les pavés plus épais ;
- L'enregistrement de la date de fabrication, de la recette de béton, du numéro de moule ;
- L'engagement à ne pas utiliser de produits fabriqués en dehors de ce plan qualité.

Note : on prévoit en général une usure de 0,1 mm des alvéoles du moule pour 10 000 cycles de production.

En complément du plan de contrôle, et sans substituer aux contrôles dimensionnels en cours de production, le « test de la cheminée » consiste à réaliser un empilement de 8 à 10 produits pour contrôler leur aptitude à la pose mécanique.

La largeur de joint entre produits est assurée par des écarteurs intégrés au produit dès la phase de fabrication [2].

Figure 10 - Écarteurs sur pavés à la fois pour maîtriser la taille du joint et permetre au sable d'y entrer

2.3.2. Préparation de l'appareillage

Outre les aspects esthétiques et mécaniques, le choix de l'appareillage doit être évalué en amont, en concertation entre le fabricant et le poseur. Cela permet de maximiser l'intérêt de la pose mécanisée.

La pose mécanisée peut être appliquée à 4 catégories d'appareillage de pavés de joints (schématisées dans la Figure 11) :

i. Pose en lignes de joints droites discontinues ;
ii. Pose en lignes de joints discontinues ;
iii. Pose en chevrons ;
iv. Pose spéciale pour installation mécanisée.

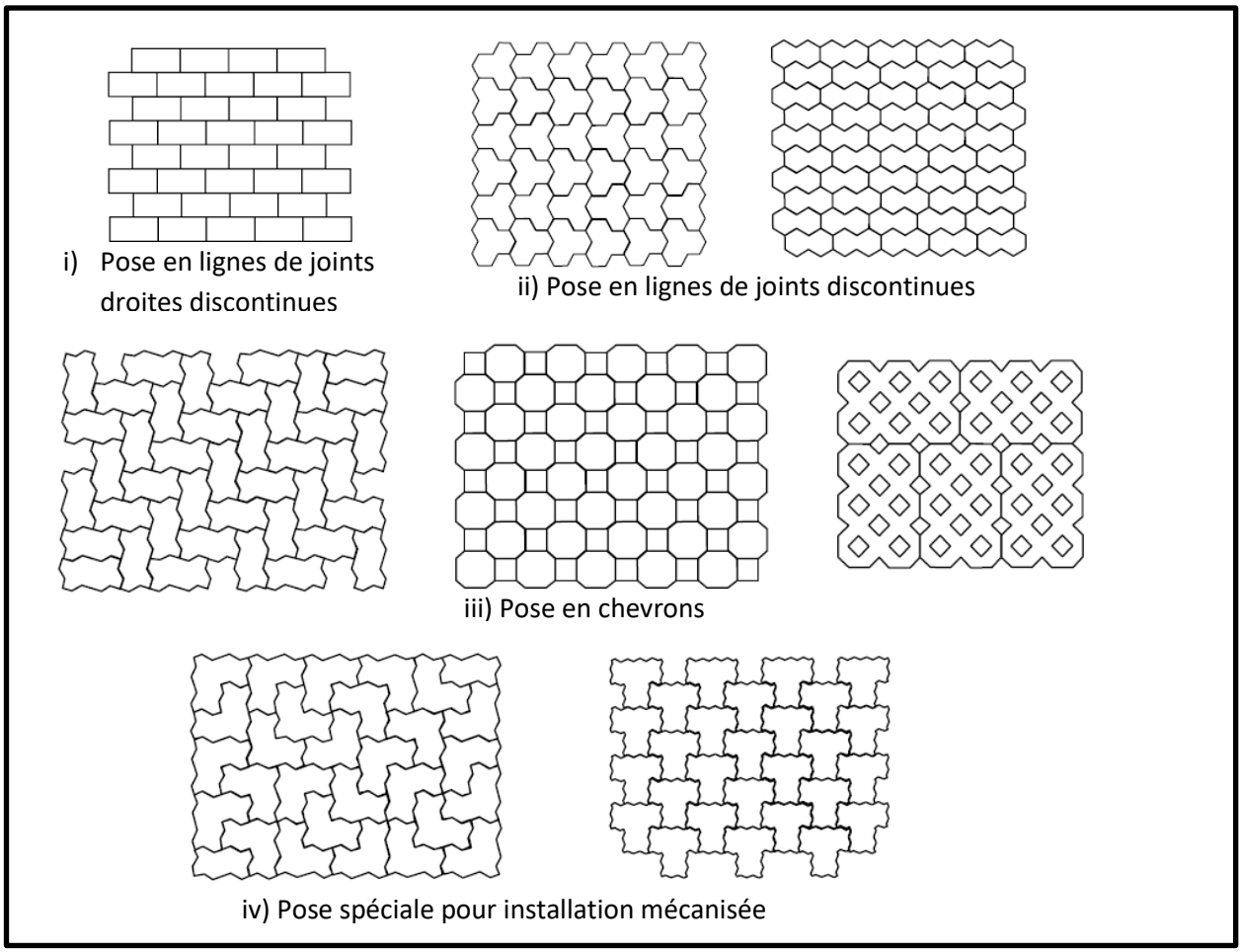

Figure 11 – Exemples d'appareillages adaptés à la pose mécanisée des pavés [1]

Afin de maximiser l'efficacité de la pose mécanisée, les pavés doivent être préparés selon l'appareillage final avant d'être posés (Figure 12). Cette opération est alors réalisée par le fabricant de produits, en usine.

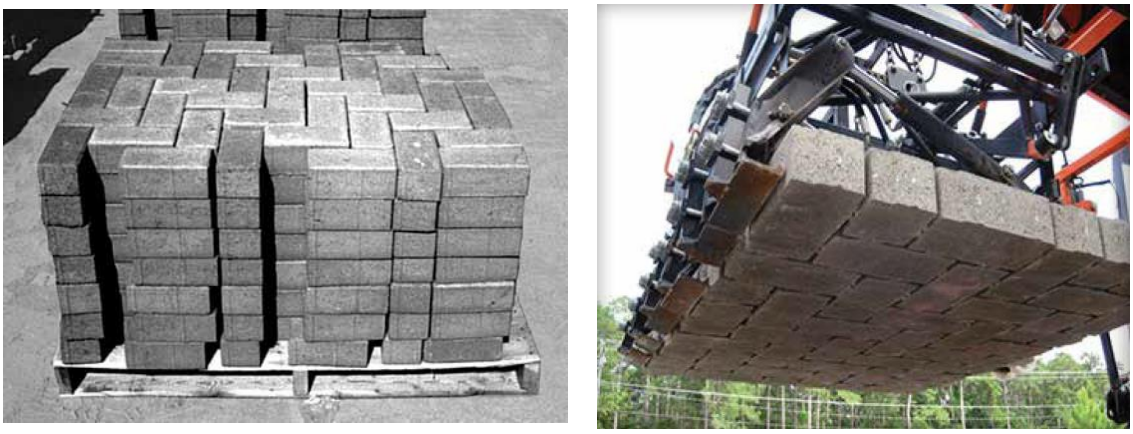

Figure 12 – A gauche, palette de pavés posés en chevrons prête à être mise en oeuvre [1] - A droite, pavés préparés pour être posés selon le modèle prévu [2]

2.3.3. Conditionnement et transport des plaques pavées

Les pavés sont conditionnés sous forme de « cubes ». Les cubes peuvent être posés sur palettes afin d'être manutentionnés au chariot élévateur.

Une alternative est d'utiliser des équipements spécifiques permettant de transporter les cubes sans palette.

L'intégrité des cubes doit être préservée afin de maintenir l'appareillage prévu, et d'éviter les réajustements sur chantier.

Le cerclage ou le filmage de ces « cubes » sont appropriés [1].

2.4. Les intérêts de la pose mécanisée

La pose mécanisée des pavés est surtout utilisée lors d'aménagements urbains de surface importante (plusieurs centaines de m²). Bleijko préconise : « Les surfaces supérieures à 1500 m² dont les pavés ont un poids supérieur à 4 kg ou les dalles à 9,5 kg doivent être traitées mécaniquement. L'objectif étant de réduire la charge physique des poseurs et les absences liées aux maladies qui en résultent. » [7].

Les machines à poser sont polyvalentes, maniables, compactes et tout terrain [9]. Leur utilisation permet :

- Une réduction du risque de développer des troubles musculosquelettiques (TMS) pour les opérateurs (les ouvriers sont amenés à porter entre 6,3 et 9 tonnes par jour pour une pose manuelle [1]) ;
- Un gain de temps (une équipe de pose utilisant un équipement mécanisé couvre en moyenne deux fois plus de surface qu'une équipe de poseurs manuels (dont la cadence moyenne est de 50 m²/jour et / homme [17]). Cela conduit à des possibilités de poser jusqu'à 1000 m² par jour [3]) ;
- Un gain de coût :
  - Ce gain de coût est notamment lié à la cadence de pose possible mécaniquement. L'article [17] précise que la pose mécanique permet de placer la pose de pavés à un coût très proche de celui de la réalisation d'enrobé, sur la base d'une pose mécanique de 500 m²/jour ;
  - L'étude de Walsh [13] indique que l'investissement dans une machine de pose de pavés est rentable dès lors que l'usine produit plus de 5 000 m² de produits chaque année ;
  - La possibilité de transport sur site des plaques de pavés sans l'utilisation de palettes en bois, et par conséquent réduction des coûts de matériels et de main d'œuvre (Figure 13) ;

Figure 13 – Transport des plaques de pavés sur site en utilisant les pinces de pose mécanisée [1]

- Un gain sur la qualité de la pose et l'esthétique globale de la surface pavée [13] ;
- La possibilité de supprimer l'étape d'affermissement des pavés lorsque le matériel utilisé dispose du dispositif ADV, ce qui permet de maîtriser davantage le respect des largeurs de joints (lors du court instant qui sépare l'écartement des mâchoires de la pince et la pose réelle des pavés sur la plate-forme, les systèmes d'écartement des différents pavés ne s'écartent que très légèrement des parois latérales des pavés adjacents. Les joints

s'agrandissent de ce fait de 0,5 à 1,0 mm et restent ainsi toujours compatibles avec les largeurs recommandées ;

- La réalisation d'appareillages maximisant la présence de joints discontinus, et facilitant ainsi le blocage entre modules : les pinces rotatives des équipements mécanisés permettent de créer des appareillages répondant à ces conditions [2].

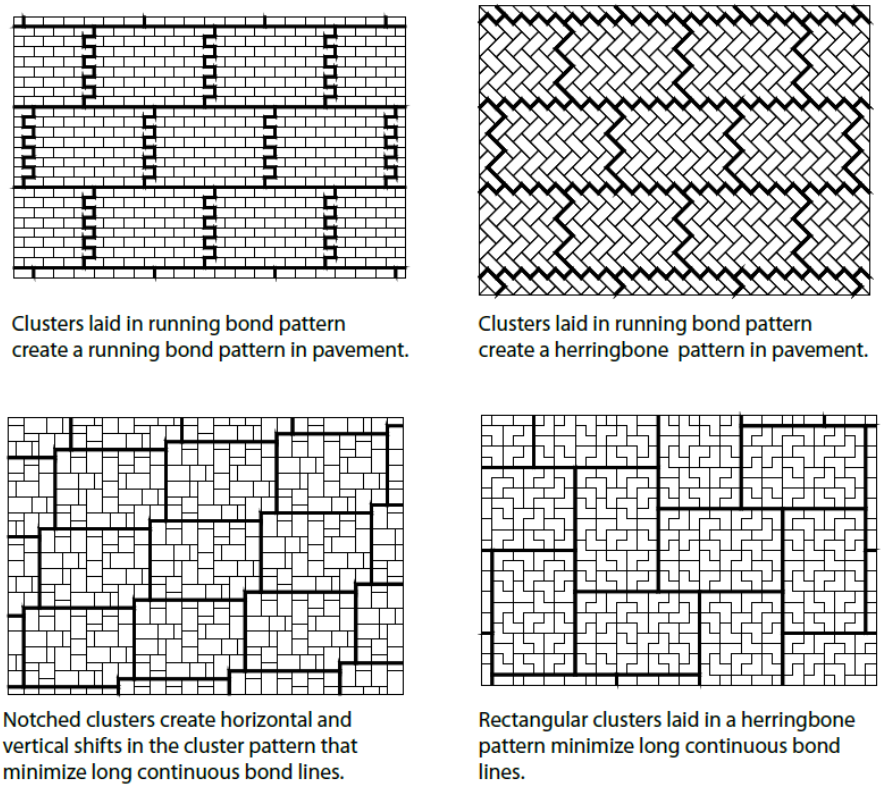

Figure 14 – Exemples d'agencement des plaques de pavés [2]

2.5. Les limites et inconvénients de la pose mécanisée

La pose mécanisée au moyen de pinces est bien adaptée aux pavés « autobloquants » mais plus compliquée à mettre en place avec des pavés « droits » puisque l'auto-portance de la plaque pavée est moins bien assurée lorsque les pavés ne sont pas « emboîtés » les uns dans les autres. Pour les pavés sans auto-blocage, la pose mécanisée par aspiration est plus adaptée [14].

On notera également la possibilité ou l'intérêt de disposer de gammes de produits spécifiquement dédiés à la pose mécanisée.

Lorsque la pose est mécanisée, il peut néanmoins être nécessaire de démarrer le chantier en posant manuellement les produits contre une bordure existante par exemple [2], afin de caler l'équerrage et l'appareillage de la surface pavée.

De plus, lors d'une pose mécanisée, il est nécessaire de compacter le lit de pose avant de déposer la plaque pavée, alors que ce compactage n'est pas réalisé lors d'une pose manuelle.

De plus, lors de la pose mécanisée, les opérateurs peuvent toutefois être amenés à effectuer ponctuellement des tâches manuellement.

En effet, la configuration du chantier peut présenter des surfaces qui ne peuvent pas être atteintes par la machine à poser, notamment autour des candélabres d'éclairage.

Il est également important de noter que les ouvriers doivent être formés et habilités à manipuler les engins porteurs et donc les machines à poser. Par conséquent, un temps ainsi qu'un budget consacrés à la formation des opérateurs doivent être considérés lors de l'élaboration d'un projet d'une pose mécanisée [2] [13].

Les éléments relatifs à la qualification du personnel doivent être intégrés au plan qualité du chantier [2].

Ce plan qualité doit par ailleurs comporter [2] :

- Les références antérieures montrant la qualification de l'équipe pour réaliser des chantiers en pose mécanisée ;
- Les méthodes de vérification en cours de chantier (traçabilité des informations concernant les lots de pavés posés quotidiennement, altimétrie, planéité, pente…) ;
- Les moyens utilisés pour tracer les contrôles effectués ;
- L'organisation du stockage des produits, et le planning prévu pour le chantier ;
- Le nombre de machines dédiées au chantier, et la cadence prévue pour la pose ;
- Le calepinage du projet.

De plus, lorsque l'appareillage des pavés le nécessite (ex : pose en chevrons), celui-ci doit être préparé manuellement en amont. Cette préparation en amont s'avère de manière générale indispensable pour optimiser les bénéfices d'une pose mécanisée [13]. Cette préparation est également particulièrement nécessaire si l'appareillage prévoit des motifs, ou encore des mixités de couleurs [13].

Les opérateurs doivent également retirer manuellement des demi pavés et les remplacer par des pavé entiers (Figure 15). Dans ce cas, la présence d'un opérateur et son intervention sont indispensables, générant un coût supplémentaire à intégrer au coût global.

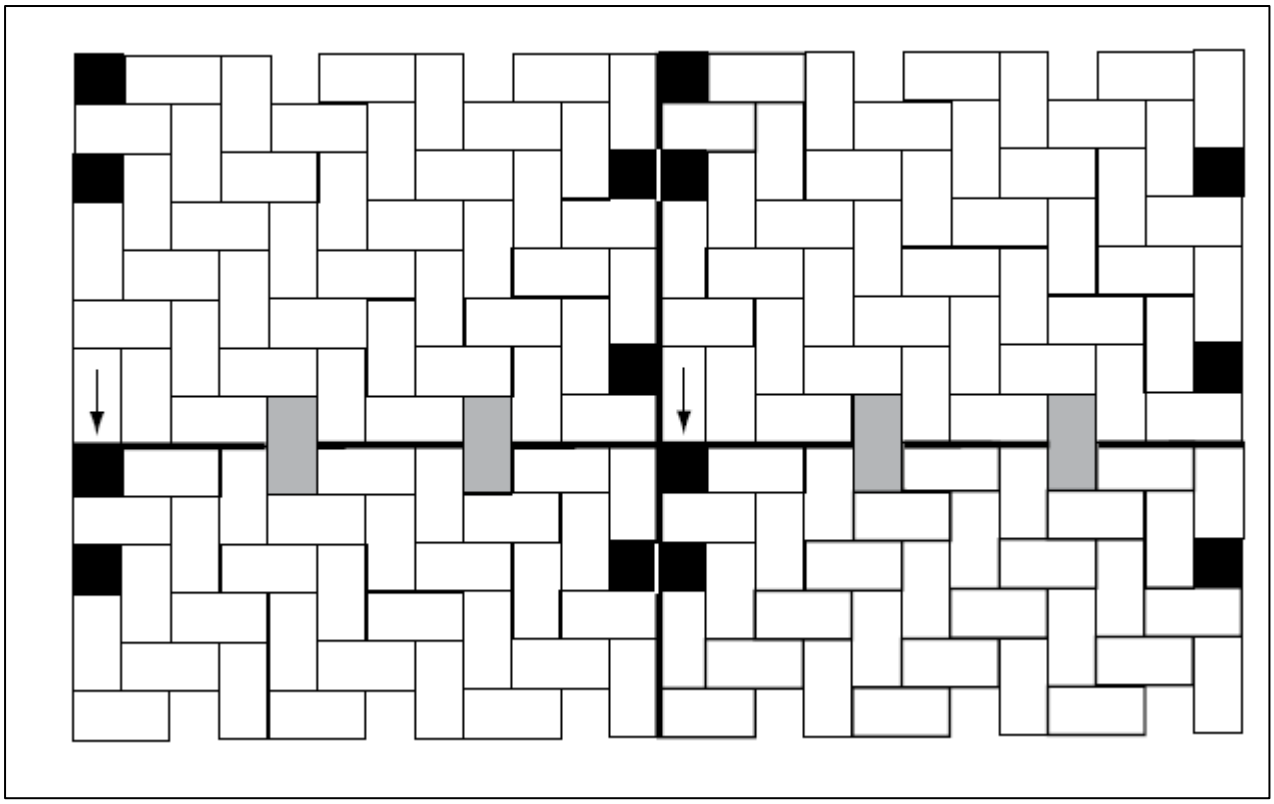

Figure 15 – Pose en chevrons - visualisation des demi-pavés à retirer et à remplacer par des pavés entiers (les espaces en gris sont remplis de pavés entiers) [1]

On notera également que l'intérêt de la pose mécanisée des pavés est maximisée lorsque d'autres opérations sont également réalisées mécaniquement (par exemple : utilisation d'une machine à poser l'asphalte pour mettre en œuvre le lit de pose [14].

Une bonne organisation du chantier est également un impératif pour maximiser l'intérêt de poser les produits mécaniquement. Par exemple, le stockage temporaire des produits au plus près de leur lieu de mise en œuvre [14].

La réalisation mécanisée du jointoiement peut également constituer un levier d'optimisation lorsqu'elle est couplée à une pose mécanisée.

2.6. La pose mécanisée en France

En France, le revendeur principal des équipements Optimas est SOLLASE Soblinter.

Les différents équipements de pose mécanisée proposés sont motorisés et équipés de pinces hydrauliques (Figure 16) [6], ou de pinces à aspiration sous vide (Figure 17) [10].

Bleijko, fabricant de produits en Belgique, commercialise en France un équipement de pose mécanisée notamment à l'aide de pinces hydrauliques utilisables pour les dalles drainantes de types dalles gazons [7].

Figure 16 – Machine à paver T22 Optimas à pinces hydrauliques [6]

Un équipement fonctionnant par aspiration est quant à lui plutôt adapté à la pose de dalles pleines classiques.

Figure 17 – Machine à paver à aspiration [10]

Périn propose la prestation de pose de ses pavés en « I » [15], revendiquant une pose de 400 m²/j, avec une équipe de 3 personnes (une personne est sur la machine de pose, l'autre met les pavés manquant du milieu et aligne les pavés, et la troisième compacte la zone avant sablage), pour un coût annuel inférieur à 1€ du m² (en prenant une durée de vie du revêtement de 50 ans).

2.7. Synthèse

Le potentiel de développement de la pose mécanisée est lié à la balance entre ses intérêts et ses limites et contraintes, comme résumé dans le tableau suivant.

Intérêts	Limites / contraintes
• Les machines sont polyvalentes et compactes et permettent un accès dans des zones restreintes. • La pose mécanisée peut améliorer la sécurité et la santé au travail : réduction des TMS (Troubles Musculo-Squelettiques). • L'augmentation des cadences de pose d'un facteur de 4 à 5, génère un gain de temps et de coût. • Le coût d'une machine de pose est amorti dès lors que la production excède 5000 m² de pavés / an. • Le transport sans palette est possible. • La qualité de la pose et l'esthétique sont améliorés. • L'étape d'affermissement des pavés peut être supprimée. • Le blocage des produits peut être réalisé par une plus large variété d'appareillages qu'avec une pose manuelle.	• La pose mécanisée est plus adaptée aux pavés autobloquants, en « I » ou comportant des écarteurs intégrés : une gamme spécifique peut donc s'avérer nécessaire. • Un plan qualité doit être mis en place préalablement (de la fabrication à la pose). • Des contrôles supplémentaires doivent être réalisés lors de la fabrication (contrôles des moules, tolérances de fabrication plus serrées, contrôle plus strict du E/C) et peuvent s'avérer contraignants par rapport à une fabrication de produits destinés à être posés manuellement. • L'appareillage doit être préparé en usine. • Le personnel doit être qualifié pour ce type de pose (le coût de formation, et les difficultés de remplacement en cas d'absence sont donc à prendre en compte). • Les tâches manuelles ne sont pas complètement supprimées sur le chantier (compactage du lit de pose, mise en œuvre des premières rangées, remplissage des joints, compactage). • Ce type de pose est surtout intéressant pour des surfaces pavées supérieures à 1500 m².

Tableau 4 – Synthèse des intérêts, limites et contraintes de la pose mécanisée

En France, la nette séparation des marchés de fourniture d'une part, et de mise en œuvre d'autre part, n'est pas propice au développement de la pose mécanisée des revêtements modulaires. Ceci constitue vraisemblablement le frein principal, qui pourrait être levé en développant et renforçant la synergie entre ces deux phases d'un chantier par une collaboration plus étroite entre poseurs et fournisseurs, et ceci le plus en amont de la phase de mise en œuvre.

Des outils comme la maquette numérique, pourraient contribuer à développer et renforcer cette synergie.

Bibliographie

[1] ICPI – Mechanical Installation of Interlocking Concrete Pavements - Tech Spec Number 11 – Interlocking Concrete Pavement Institute ICPI (2015)

[2] ICPI – A Guide for the Specification of Mechanically Installed interlocking concrete pavements- Tech Spec Number 15 – Interlocking Concrete Pavement Institute ICPI (2003 revised 2018)

[3] Larry MUJAJ "Concrete block paving at the new airport for Hong Kong" – (Third International Workshop on Concrete Block Paving – Colombia, May 10-13 1998)

[4] N.P WALSH « The next generation of mechanically laying concrete block paving" - Saterland – Ramsloh, Germany (Pave Israel,1996)

[5] M. PROBST "Mechanical installation of concrete block pavers" (Third International Workshop on Concrete Block Paving – Colombia, May 10-13 1998)

[6] SOLLASE – matériel OPTIMAS - site web : http://blindage-sollase.com/index.php?id_manufacturer=4&controller=manufacturer

[7] BLEIJKO – site web : https://www.bleijko.fr/solutions/pavage-mecanique

[8] OPTIMAS – site web https://optimas.de/produkte/pflastern/vakuumtechnik/

[9] Réseaux VRD « Solutions mécaniques : les machines à paver » - Réseaux VRD n°265 (février-mars 2021)

[10] OPTIMAS GmBH S19 PaveJet (Brochure de mai 2020)

[11] PROBST – site web : https://www.probst-handling.com/fr et catalogue 2021-2022

[12] La pose mécanique est efficace et économique - Revue Beton – N° 251 (mars 2021)

[13] WALSH (Optimas Ge) - A cost benefit analysis of state-of-the-art automatic installation technologies – JIPEA world congress (2000)

[14] HODSON (UK)-developments in machine installation of concrete block paving-JIPEA world congress (2000)

[15] PERIN – documentation pavé I pose mécanisée (2009)

[16] NF EN 1338 - Pavés en béton Prescriptions et méthodes d'essai (2004)

[17] Interpave adopts two proprietory blocks for mechanical laying – Quality Concrete (september - october 1999)

Index des figures

Figure 1 – Pince non motorisée (source [1] à gauche, et [11] à droite) 7
Figure 2 - Pince extractrice de pavés 8
Figure 3 - Equipement motorisé avec une pince mécanique [1] 8
Figure 4 – Equipement motorisé avec une pince hydraulique [1] 9
Figure 5 – Equipement motorisé équipé d'une pince à aspiration sous vide [1] 9
Figure 6 – Etapes de mise en place des pavés avec les pinces hydrauliques du fabricant Optimas GmbH [10] 15
Figure 7 – Développement du système ADV présenté par Probst pour la pose mécanisée de pavés au moyen de pinces hydrauliques [5] 16
Figure 8 – Hauteur de préhension côté machine 16
Figure 9 – Profondeur de préhension côté terrain 17
Figure 10 - Écarteurs sur pavés à la fois pour maîtriser la taille du joint et permetre au sable d'y entrer 19
Figure 11 – Exemples d'appareillages adaptés à la pose mécanisée des pavés [1] 20
Figure 12 – A gauche, palette de pavés posés en chevrons prête à être mise en oeuvre [1] - A droite, pavés préparés pour être posés selon le modèle prévu [2] 20
Figure 13 – Transport des plaques de pavés sur site en utilisant les pinces de pose mécanisée [1] 22
Figure 14 – Exemples d'agencement des plaques de pavés [2] 23
Figure 15 – Pose en chevrons - visu alisation des demi-pavés à retirer et à remplacer par des pavés entiers (les espaces en gris sont remplis de pavés entiers) [1] 25
Figure 16 – Machine à paver T22 Optimas à pinces hydrauliques [6] 26
Figure 17 – Machine à paver à aspiration [10] 26

Index des tableaux

Tableau 1 –Intérêts, limites et contraintes de la pose mécanisée 6
Tableau 2 – Exemples de caractéristiques de machines à paver du marché 11
Tableau 3 – Caractéristiques des principales pinces du marché 14
Tableau 4 – Synthèse des intérêts, limites et contraintes de la pose mécanisée 27

Annexe – Documents Probst « Engins de chantier »

Faciliter la pose mécanique de pavés... Machines de pose de pavés VM-401/VM-301

La manutention simplifiée, l'utilisation ergonomique et la flexibilité élevée caractérisent les machines de pose Probst, tout comme une efficience maximale et une qualité de travail optimale.

Le concept moderne et innovant de la machine de pose de pavés VM-401 offre un confort d'utilisation optimal avec de nombreux équipements facilitant le travail. La conception modulaire permet de configurer ou de compléter la VM-401 en fonction des besoins.

En combinaison avec la machine de pose éprouvée VM-401 et le tout nouveau modèle VM-301, Probst propose un programme performant de machines de pose de pavés pour les exigences et les besoins les plus divers.

Grâce à leur conception compacte, tous les types VM permettent une utilisation optimale pour des travaux dans un espace réduit. Les opérateurs ont une visibilité illimitée vers l'avant et l'arrière, ce qui augmente la qualité et la sécurité du travail. Le centre de gravité très bas reste toujours au centre de la machine, assurant une stabilité optimale pour chaque phase de travail. Le châssis de la machine est équipé d'une direction à double articulation. Les pavés ne subissent aucune force horizontale, même quand la machine effectue des virages sur des pavés fraichement posés. Le braquage de la direction ne provoque aucune torsion des roues, elles restent toujours en contact avec le sol sans l'endommager. L'alignement des roues avant et arrière est décalé, évitant toute trace de pneus sur les pavés, même en cas de passages répétés à un même endroit.

La pince de pose HVZ-UNI-II avec dispositif de dégagement automatique, permet la réalisation de joints précis et réglementaires dans le pavage

Les machines de pose Probst sont le plus souvent équipées de la pince de pose hydraulique HVZ à dispositif de dépose automatique ADV. Ainsi, les unités sont posées contre les unités déjà installées sur la plate-forme, sans qu'un pavé particulier ne se coince ou ne bouge de manière incontrôlée. Aucune égalisation manuelle des pavés posés à l'aide d'un marteau en caoutchouc n'est plus requise. Les poseurs de pavés qui travaillent à l'heure actuelle avec des pinces ne disposant pas de ce dispositif ADV doivent encore «marteler» les surface après la pose. Ceci est superflu, coûteux en main d'œuvre, en temps et en argent, et peut même être préjudiciable, car le respect des largeurs de jointure réglementaires n'est plus garantit. Les largeurs de jointure réglementaires sont comprises entre 3 et 5 mm. Les pavés en béton sont déjà pourvus en usine de systèmes d'écartement de 2,7 à 3,0 d'épaisseur de chaque côté. La pince de pose applique une pression uniforme lors de la préhension de l'unité de pose, de sorte que les systèmes d'écartement des pavés se retrouvent en contact direct avec les parois du pavé adjacent. Lors du court instant qui sépare l'écartement des mâchoires de la pince et la pose réelle des pavés sur la plate-forme, les systèmes d'écartement des différents pavés ne s'écartent que très légèrement des parois latérales des pavés adjacents. Les joints s'agrandissent de ce fait de 0,5 à 1,00 mm et restent ainsi toujours réglementaires.

Si ces joints sont réduits à la largeur limitée par les systèmes d'écartement par un martelement superflu, les pavés se retrouvent à nouveau en contact direct les uns avec les autres. Si les systèmes d'écartement assurent une largeur de jointure de 3,00 mm, les conséquences ne sont pas tragiques. Toutefois, si la largeur des joints est inférieure à 3,00 mm, les normes ne sont plus respectées. La quantité de sable utilisée pour remplir les joints est trop faible, et ce remplissage est également partiel en raison de la largeur réduite des joints en question. Ce qui risque d'avoir des répercussions négatives sur la solidité et la durabilité de l'ensemble du pavage.

Sécurité de préhension maximale

Les éléments de préhension, qui sont des lamelles métalliques équipées chacune d'un ressort, garantissent une préhension élevée et sécurisée des unités de pose, même si elles sont de grande taille.

La tension secondaire très puissante et l'utilisation d'jeux d'adaptateur de positionement PA permettent de placer automatiquement et de manière sécurisée l'unité de pose dans l'alignement du motif de pavage.

En cas d'unités de pose dans un motif en chevrons, l'ajout de demi-pavés latéraux (pour une préhension plus ferme par la pince de pose) devient superflu grâce à l'adaptateur à chevrons FA.

Universel et prêt pour l'avenir

Les modèles VM-401 et VM-301 sont des engins porteurs universels pouvant être équipés de nombreuses pièces permettant de réaliser différentes tâches de construction: pinces de pose de bordures, systèmes de balayage et de remblayage, systèmes de levage par aspiration pour différentes dalles en béton ou en pierre naturelle et toute une gamme d'outils spéciaux présentés dans ce catalogue.

Probst conçoit ses produits selon un principe modulaire. Ainsi, les nouveaux équipements futurs pourront également être intégrés aux systèmes existants sans travaux de soudure.

© 1217 Sous réserve de modifications techniques et de toutes autres erreurs. Il ne doit en aucun cas être reproduit ou publié sans l'autorisation écrite de Probst.

Probst GmbH, Gottlieb-Daimler-Str. 6, 77729 Erdmannhausen, Germany,
Tel. +49 7144-3309-0, Fax +49 7144-3309-50, info@probst-handling.de

Equipements en option :

HVZ-UNI-II	(voir page 1.8)
VZ-H-UNI	(voir page 6.14)
EB	(voir page 2.1)
Vakuum	(voir page 5.12)
VARIOKON KES	(voir page 2.2)

Machine pose-pavés VM-401-MULTIMATIC

La machine de pose innovante VM-401-MULTIMATIC s'impose surtout par son confort particulier, sa charge admissible élevée et sa conception modulaire.

Le moteur diesel 4 cylindres offre une réserve de puissance suffisante, la cabine spacieuse, isolée et montée sur le châssis, apporte un confort optimal. La commande précise par joystick a été optimisée en fonction des principes les plus modernes de l'ergonomie. La conception modulaire de la cabine et du système hydraulique permet de répondre à toutes les exigences du client.

VM-401-MULTIMATIC :

Cabine entièrement vitrée, verre de sécurité anti-rayures pour le pare-brise et la vitre arrière, avec essuie-glace, portes et vitres latérales en verre.
Avec chauffage - Housse de siège : tissu
Commande électronique moderne et robuste, sélecteur pour les opérations suivantes:

Manuel : La pince est pilotée par le joystick et la pédale, par technique proportionnelle.

Automatic standard : Exécution automatique des mouvements de la pince dans l'ordre correct.

Automatic Speed Standard : Cadences plus rapides grâce au serrage latéral à demi rabattu vers le bas.

Décalage automatique : Permet un décalage simple des couches de pavés (pose à joints contrariés).

Semi Speed : Reset automatique de la pince, le serrage principal et secondaire ainsi que le dispositif ADV reviennent dans leur position initiale.

Commande par joystick des équipements d'aspiration avant/arrière sur demande.

Equipement de série :

▻ Moteur diesel 4 cylindres Kubota, 26,5 kW/36 PS à 3000 1/min, silencieux, grande réserve de puissance.

▻ Tête rotative hydraulique
Avec 4 passages hydrauliques rotatifs.

▻ Direction à double articulation
Répartition favorable du centre de gravité pour un engin très mobile, facile à manœuvrer dans un endroit étroit et une stabilité inébranlable sans risque pour le revêtement non stabilisé. Bords extérieurs adaptés au système de direction, pas d'élément en saillie gênant pour contourner des obstacles.

▻ Colonne de direction réglable (inclinaison et longueur), réglage individuel de l'angle des deux pédales. Vue optimale du bord des éléments posés !

▻ Rétroviseur grand angle intégré, sécurité contre les accidents. Pas « d'angle mort » !

▻ Entraînement hydrostatique sensible des roues avant.

▻ Pneus larges et différents écartements des essieux avant et arrière, garantissant une charge réduite sur les revêtements posés mais non stabilisés, ainsi qu'une conduite souple et précise.

▻ Tout terrain grâce au diamètre important des pneus et à la garde au sol.

▻ Grande zone de pivotement d'env. 1600 mm à l'arrêt, uniquement en braquant la direction, sans déplacement des pavés.

▻ Grande hauteur de levage pour prélever 2 paquets superposés jusqu'à une hauteur de 1600 mm, économie de temps de conduite.

▻ Porte à faux minimum évitant toute influence négative sur la stabilité en position élevée. Hauteur totale réduite permettant l'utilisation dans les parkings souterrains.

▻ Vue panoramique illimitée, aussi vers l'arrière (les machines de pose circulent pendant au moins 30% en marche arrière) !

Caractéristiques techniques:
VM-401-MULTIMATIC :
Moteur diesel à 4 cylindres, 26,5 kW/36 PS - Régulation de la vitesse par hydrostat, vitesse max. env. 20 km/h - Hauteur totale 1980 mm - Largeur totale 1300 mm Garde au sol 180 mm - Poids total sans pince 1550 kg Poids total avec pince 1800 kg - Charge admissible maximum : 800 kg* - Poids max. de la couche de pavés 400 kg* (460 kg* avec contrepoids) - Hauteur de prélèvement max. 1600 mm - Rayon de braquage: roue intérieure avant 600 mm, roue extérieure avant 1950 mm, hors tout 2300 mm.

Modèle**	Description	Charge admissible* (kg)	Poids propre Machine de base entièrement (kg)	n° de commande
VM-401-MULTIMATIC	Engine de base. Machine pose-pavés sans pince de pose HVZ, toutefois avec commande électronique intégrée	max. 800	1550	5150.0019

** Machine de base à tête rotative, sans accessoire

* Si la vitesse de déplacement est adaptée et que la charge est en position basse. Poids max. de la couche de pavés, voir Caractéristiques techniques.

Sous réserve de modifications techniques et de mise en page. Illustrations non engageantes et peut différemment. Nous déclinons toute responsabilité pour les erreurs et les coquilles.

VM-401 avec POWERJET PJ-1650-H

Accessoires:

Modèle	Description	n° de commande
Paquet audio	Radio CD, haut-parleurs, antenne	4150.0566
Paquet Éclairage	2 phares avant combi (croisement/route), 1 projecteur arrière	4150.0565
Gyrophare	Avec support basculant et matériel de montage	4150.0618
Rétroviseur ext.	Kit d'équipement (ne nécessite aucun support spécial)	4150.0358
Contre-poids	Pour augmenter la charge maximale de 60 kg*	4150.0744
Filtre à particules diesel DPF	Kit d'équipement pour VM-401	4150.0796
Cartouche filtrante	pour filtre à particules diesel DPF	2690.0034
Climatisation	Kit d'équipement pour VM-401	4150.0762
Dispositif lave-glace	intervalle de balayage réglable, kit d'équipement pour VM-401	4150.0786
Adaptateur QJ pour tête rotative Bini/Baltrotor		4011.0319

NOUVEAU : Filtre à particules diesel DPF

▷ Corps en acier inox/alu, dispositif de fermeture rapide pour remplacer rapidement la cartouche filtrante.

▷ Cartouche filtrante à usage unique (élimination : décharge à ciel ouvert ou de classe II, dans un sac plastique fermé par un lien), durée de vie > 400 heures de service, en fonction du niveau de maintenance du moteur.

▷ Efficacité > 97% de toutes les particules.

▷ Homologation/certificats : certificat Vert : n° de contr. B175/12.05, conforme aux règles TRGS 554.

▷ Améliore l'insonorisation des gaz d'échappement, le filtre à particules agit comme un silencieux supplémentaire.

▷ Corps du filtre équipé d'un pressostat + disp. électronique d'évaluation => un voyant s'allume sur le tableau de bord si la pression différentielle est trop élevée => il faut changer le filtre.

▷ Contenu : Corps avec filtre interchangeable intégré, pressostat, disp. électronique d'évaluation, prêt à fonctionner avec cadre-support et protection en tôle perforée.

Nous recommandons de commander une cartouche filtrante supplémentaire.

NOUVEAU : Climatisation

▷ Capacité de refroidissement : 4 kW.

▷ Avec une température ext. de 35°C et si le VM est exposé au soleil => possibilité d'atteindre une température intérieure de 25 °C env. dans la cabine.

▷ Indépendant du disp. de production de vide.

NOUVEAU : Lave-glace

▷ Bras d'essuie-glace avec gicleurs réglables.

▷ Sélecteur pour régler l'intervalle de balayage.

Kits d'équipement pour appareils à vide à commande hydraulique pour VM-401 :

Le kit d'équipement correspondant est nécessaire pour monter l'appareil à vide à commande hydraulique adapté : (livré sans kit d'équipement à vide)

Modèle	n° de commande
PJ-1650-H / kit d'équipement	4150.0749
SH-1000-MINI-H / kit d'équipement	4150.0750
VPM-2500-H / kit d'équipement	4150.0751
SH-1000-SUPER-JET-H / kit d'équipement	4150.0752

Les différents kits pouvant être combinés, prix des kits combinés sur demande.

* Si la vitesse de déplacement est adaptée et que la charge est en position basse. Poids max. de la couche de pavés, voir Caractéristiques techniques.

Caractéristiques techniques :
Moteur diesel à 3 cylindres, 18,7 KW/25 CV. Dispositif de réglage de la vitesse par hydrostatique, vitesse maxi : 20 km/h. Hauteur totale 1 980 mm, largeur totale de 1 220 mm, longueur totale (sans la pince) de 3 692 mm, 180 mm de hauteur libre au dessous du véhicule, poids total (sans la pince): 1080 kg (VM-301-K: 1 200 kg). - Charge admissible maximum: 600 kg* (VM-301-K: 650 kg*) - Charge maximum du lit de pavés: VM-301: 320 kg* (380 kg* avec contre-poids), VM-301-K: 380 kg* (440 kg* avec contre-poids - Hauteur de préhension de 1600 mm maximum – rayon de braquage : 700 mm. Sur roue interne avant, 1 900 mm.
Sur roue externe avant; sur l'ensemble 2450 mm.

Machine pose-pavés VM-301-PAVERMAX

La nouvelle machine de pose VM-301 est une évolution conséquente de la VM-203.
En plus d'un nouveau design, la VM-301 peut pour la première fois être équipée en option d'une cabine vitrée moderne en tube d'acier qui protège contre les intempéries, avec un chauffage et un essuie-glace intégrés.
(Standard pour VM-301-K-PAVERMAX).
La VM-301 est livrée avec un toit attrayant, plus léger, en plastique.

Conçue pour la pose universelle de tous les matériaux en béton ou pierre naturelle

Equipement standard de VM-301:

- Avec tête rotative hydraulique
- Moteur diesel Kubota à 3 cylindres, 18,7KW/25CV, garantissant une grande réserve de puissance
- Entraînement hydrostatique sensible des roues avant.
- Les larges pneus et les différents écartements des essieux avant et arrière garantissent une charge minimum sur les matériaux posés non encore stabilisés, ainsi qu'une conduite souple et précise .
- **Tout terrain,** grâce à la largeur importante des pneus et à la hauteur libre au dessous du véhicule.
- **Importante zone de pivotement** d'environ 1600 mm, départ arrêté.
- Possibilité de manoeuvre dans les lieux étroits grâce à une double direction pivotante. La structure du VM-301 est spécialement étudiée pour se déplacer avec un minimum d'encombrement, avoir très peu de saillies pour éviter tout obstacle en manoeuvrant.
- Hauteur de levage importante, jusqu'à 1600 mm pour la préhension de lits empilés de pavés, d'ou une économie de temps de conduite.
- Pas d'influence négative sur la stabilité en position élevée chargée grâce à un porte à faux minime. La hauteur total est peu élevée et permet l'utilisation dans des lieux à faible hauteur, comme un parking souterrain.
- Centre de gravité bas et répartition de la charge grâce à une mise en place nouvelle du dispositif de roulement et de la flèche. Ceci garantit une grande stabilité dans toutes les situations et dans les virages serrés.
- Vue panoramique illimitée, très important pour la marche arrière
- Disposition ergonomique du siège, du volant, du levier de commande et de la pédale.
- Grand confort grâce à un siège de haute qualité pour les »journées de travail de 8 heures.
- Effet de conduite souple dû à des pneus larges et à une suspension à ressorts.
- Grand réservoir de carburant, transparent, d'une contenance de 20 litres.

NOUVEAU : Joystick électronique avec accoudoir ergonomique et confortable, facilite énormément l'utilisation de la machine de pose VM-301. Pour commander l'écartement principal et secondaire, la tête rotative et, en option, les équipements d'aspiration.

Modèle**	Description	Charge admissible*(kg)	Poids propre (kg)	n° de commande
VM-301-PAVERMAX	Engine de base. Machine pose-pavés sans pince de pose HVZ	max. 600	1080	5150.0020
VM-301-J PAVERMAX	Identique à la VM-301-PAVERMAX, mais équipée d'un joystick électronique avec accoudoir au lieu du levier mécanique à commande en croix, pour commander l'écartement principal/secondaire et la tête rotative. Avec fonction d'aspiration.	max. 600	1080	5150.0022
VM-301-K-PAVERMAX	Identique à la VM-301-PAVERMAX toutefois équipée avec cabine complète en verre de sécurité, chauffage et essuie-glace.	max. 650	1200	5150.0021
VM-301-KJ-PAVERMAX	Identique à la VM-301-PAVERMAX, mais équipée d'un joystick électronique avec accoudoir au lieu du levier mécanique à commande en croix, pour commander l'écartement principal/secondaire et la tête rotative. Avec fonction d'aspiration.	max. 650	1200	5150.0023

** Machine de base avec tête rotative, sans kit d'équipement

* Si la vitesse de déplacement est adaptée et que la charge est en position basse. Poids max. de la couche de pavés, voir Caractéristiques techniques.

probst handling equipment

Accessoires:

Modèle	Description	n° de commande
Cabine	Complément d'équipement VM-301, avec vitrage et chauffage (modification uniquement dans l'usine Probst)	4150.0690
Paquet Eclairage VM-301	2 phares avant combi (croisement/route), 1 projecteur arrière	4150.0738
Paquet Eclairage VM-301-K	2 phares avant combi (croisement/route), 1 projecteur arrière	4150.0692
Gyrophare	Avec support basculant et matériel de montage	4150.0737
Rétroviseur ext.	Kit d'équipement	4150.0358
Support	Pour éclairage et/ou rétroviseur (un seul est nécessaire)	4150.0739
Contre-poids	Pour augmenter la charge admissible de 60 kg*	4150.0357
Filtre à particules diesel DPF	Kit d'équipement pour VM-301-K, VM-301 und VM-203	4150.0784
Cartouche filtrante	pour filtre à particules diesel DPF	2690.0034
Dispositif lave-glace	Sans intervalle de balayage. Kit d'équipement pour VM-301-K	4150.0788
Adaptateur QJ pour tête rotative Bini/Baltrotor		4011.0319
VM-301-JMS-V	Joystick électronique et accoudoir, avec kit de montage. Pour commander l'écartement principal et secondaire, la tête rotative y compris la fonction d'aspiration. (modification uniquement dans l'usine Probst). Montage inclus.	4150.0820

NOUVEAU : Filtre à particules diesel DPF

▻ Corps en acier inox/alu, dispositif de fermeture rapide pour remplacer rapidement la cartouche filtrante.

▻ Cartouche filtrante à usage unique (élimination : décharge à ciel ouvert ou de classe II, dans un sac plastique fermé par un lien), durée de vie > 400 heures de service, en fonction du niveau de maintenance du moteur.

▻ Efficacité > 97% de toutes les particules.

▻ Homologation/certificats : certificat Vert : n° de contr. B175/12.05, conforme aux règles TRGS 554.

▻ Améliore l'insonorisation des gaz d'échappement, le filtre à particules agit comme un silencieux supplémentaire.

▻ Corps du filtre équipé d'un pressostat + disp. électronique d'évaluation => un voyant s'allume sur le tableau de bord si la pression différentielle est trop élevée => il faut changer le filtre.

▻ Contenu : Corps avec filtre interchangeable intégré, pressostat, disp. électronique d'évaluation, prêt à fonctionner avec cadre-support et protection en tôle perforée.

Nous recommandons de commander une cartouche filtrante supplémentaire.

NOUVEAU : Lave-glace

▻ Bras d'essuie-glace avec gicleurs réglables.

▻ Sans sélecteur d'intervalle de balayage.

Kits d'équipement pour appareils à vide à commande hydraulique pour VM-301-K/VM-301 :

Le kit d'équipement correspondant est nécessaire pour monter l'appareil à vide à commande hydraulique adapté : (livré sans kit d'équipement à vide)

Modèle	n° de commande
PJ-1650-H / kit d'équipement	sur demande
SH-1000-MINI-H / kit d'équipement	sur demande
VPM-2500-H / kit d'équipement	sur demande
SH-1000-SUPER-JET-H / kit d'équipement	sur demande

Examen technique nécessaire.
Les différents kits pouvant être combinés, prix des kits combinés sur demande.

* Si la vitesse de déplacement est adaptée et que la charge est en position basse. Poids max. de la couche de pavés, voir Caractéristiques techniques.

© 1317 Sous réserve de modifications techniques et de livraison partielle. Illustrations non contractuelles, peuvent différer du produit livré. Non inclus dans le prix de vente : emballage, port, assurance et taxes légales.

RAPPORT

ÉTUDES ET RECHERCHES

NORMALISATION
CERTIFICATION

SOPHIE JACOB

POSE MÉCANISÉE DES REVÊTEMENTS MODULAIRES EN BÉTON

La mise en œuvre mécanisée des revêtements modulaires, et particulièrement des pavés, constitue une alternative à leur mise en œuvre manuelle, mais est aujourd'hui peu développée en France. Pourtant, elle permet des augmentations significatives de la cadence de pose.

Ce document analyse les solutions de pose mécanisée existantes, leurs avantages et leurs inconvénients, et rassemble des éléments relatifs à leur déploiement.

Il identifie également les leviers et les freins au développement de cette pose mécanisée sur le territoire français.

afaq ISO 9001 Qualité AFNOR CERTIFICATION Études et Recherches

CERIB Expertise concrète

Cerib - CS 10010
28233 Épernon cedex

02 37 18 48 00
cerib@cerib.com