

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

②①

N° 82 09786

⑤④ Procédé et dispositifs perfectionnés pour le compactage dynamique de sols.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.³). E 02 D 3/02.

②② Date de dépôt..... 4 juin 1982.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 49 du 9-12-1983.

⑦① Déposant : Société dite : SOLCOMPACT SA. — FR.

⑦② Invention de : Jean-Marie Cognon.

⑦③ Titulaire :

⑦④ Mandataire : François Lerner,
5, rue Jules-Lefebvre, 75009 Paris.

La présente invention a pour objet des perfectionnements au compactage dynamique des sols.

Avec la mise sur la marché de grues de levage de plus en plus performantes, le compactage dynamique des sols a pris un
5 développement de plus en plus important.

Le principe de base connu depuis très longtemps consiste pour stabiliser un terrain sur lequel on veut construire par exemple des infrastructures, à compacter (ou tasser) le sol au moyen de chocs dynamiques répétés.

10 Au fur et à mesure des progrès de la technique, on utilise des masses de compactage de plus en plus importantes, lâchées à des hauteurs de plus en plus grandes.

La pratique et la théorie enseignent que, au niveau du résultat obtenu, le paramètre essentiel à prendre en considéra-
15 tion est l'énergie, mesurée par exemple en tonnes x mètres par surface de terrain à traiter.

Les contingences mécaniques, les performances du matériel disponible et la pratique enseignent, selon la nature très diverse des terrains rencontrés, la meilleure manière de procéder
20 qui diffère selon les cas. En particulier, on peut plus ou moins efficacement utiliser une énergie de compactage déterminée pour obtenir la stabilisation des terrains traités qui peut en particulier se mesurer suivant le tassement obtenu.

En conséquence, l'homme de l'art déterminera en particulier à partir du matériel de compactage dont il dispose le plan
25 de compactage du terrain en jouant notamment sur le nombre de coups à frapper en chaque endroit et l'énergie d'impact à mettre en oeuvre à chaque coup.

La présente invention a pour objet d'optimiser encore
30 l'utilisation de cette énergie d'impact en permettant d'obtenir avec les mêmes énergies des effets de tassement plus importants se traduisant selon les terrains par une augmentation du tassement variant généralement entre 30% et 100%.

Le procédé de compactage dynamique de sols conforme à
35 l'invention du type dans lequel on utilise une masse tombant sur le sol lâchée d'une hauteur déterminée et l'on répète l'opération autant de fois que nécessaire successivement sur l'ensemble du terrain à traiter, se caractérise en ce que de façon à améliorer le compactage obtenu à partir de la même énergie

dépensée, on délivre au terrain ladite énergie de compactage sous forme de successions de chocs dynamique, par exemple doubles, localisés au même endroit et séparés par un intervalle de temps très bref ne dépassant pas une fraction de seconde. Habituellement, l'intervalle de temps séparant les deux chocs dynamiques sera compris entre 1/1000e et 1/10e de seconde, cet intervalle étant choisi d'autant plus court que le terrain est plus résistant.

En pratique, les deux chocs dynamiques appliqués auront des valeurs du même ordre de grandeur.

On constate que lorsqu'on opère de cette façon en délivrant par exemple au terrain deux chocs successifs d'une valeur de 100 tonnes x mètres/m² se succédant dans un intervalle de temps de 1/100e de seconde, le tassement du terrain obtenu est amélioré habituellement d'au moins 50% et éventuellement beaucoup plus selon la nature du terrain, par rapport au tassement obtenu en délivrant au sol au même endroit un choc dynamique de 200 tonnes x mètres/m². Tout se passe donc en d'autres termes comme si deux chocs dynamiques se succédant à un intervalle de temps très court sont beaucoup plus efficaces qu'un seul choc dynamique qui serait la somme des deux chocs précédents.

L'explication qu'on peut avancer à ce phénomène est sans doute due à ce qu'en procédant de cette façon, et à condition que l'intervalle de temps séparant les deux chocs soit judicieusement choisi, il est possible au moment du deuxième choc de faire coïncider sensiblement dans la région du terrain à traiter l'onde de cisaillement produite par le premier choc et l'onde de compression produite par le second, ces deux ondes ne se propageant pas à la même vitesse dans les terrains. Cette superposition des deux ondes de nature différente favorise considérablement le tassement des terrains, étant beaucoup plus efficace du fait de la superposition au même endroit des deux actions de compression et de cisaillement. Cependant, quoi qu'il en soit, on constate qu'effectivement le tassement du terrain à partir d'une même énergie de compactage est amélioré.

De façon à obtenir les meilleurs résultats, le premier choc dynamique sera en général compris entre un tiers et trois fois la valeur du second choc dynamique, le premier choc dynamique étant d'autant plus faible que le terrain est résistant en surface et mou en profondeur, c'est-à-dire à la profondeur de

la couche que l'on veut traiter, habituellement quelques mètres en dessous de la surface du sol. Le choix optimal du rapport des masses dynamiques utilisées, ainsi que l'intervalle de temps séparant les deux chocs pourront du reste être optimisés, par exemple de façon expérimentale sur place ou au laboratoire.

Pour la mise en oeuvre du procédé de l'invention, on pourra par exemple utiliser un dispositif comprenant, associé à une machine élévatrice de charge telle qu'une grue équipée d'au moins un câble et un treuil de levage, deux masses qui sont liées entre elles en étant disposées l'une au-dessus de l'autre avec un léger intervalle entre les deux masses, la première masse étant suspendue sous la seconde qui est accrochée audit câble. Lorsqu'on laisse tomber de la hauteur de la grue l'ensemble de ces deux masses, la première délivre au sol au moment de son impact un premier choc dynamique. Peu de temps après, la seconde masse vient frapper la première en délivrant un deuxième choc dynamique, l'intervalle de temps séparant les deux chocs étant évidemment fonction de la distance séparant les deux masses au moment du lâcher et de la hauteur de chute qui détermine la vitesse à laquelle les masses viennent heurter le sol, donc l'intervalle de temps que met la deuxième masse pour venir frapper la première. On constate qu'avec un tel système il est facile de régler au centième ou au millième de seconde près l'intervalle de temps séparant les deux chocs en réglant de façon convenable, par exemple au millimètre près, la distance de l'ordre de quelques centimètres séparant les deux masses. Avantageusement, le dispositif incorporant les deux masses se présentera sous la forme d'un piston monté coulissant dans un cylindre, l'ensemble étant suspendu au câble du treuil de la grue par le piston formant la deuxième masse, le cylindre formant la première. Un système de réglage de la course du piston dans le cylindre permettra de régler l'intervalle de temps séparant les deux chocs.

Selon un autre mode de mise en oeuvre de l'invention, on pourra par exemple utiliser une machine élévatrice de charge telle qu'une grue équipée de deux câbles et de deux treuils de levage ; deux masses seront disposées à proximité l'une de l'autre étant soutenues chacune par un desdits câbles, lesdits treuils étant susceptibles d'être commandés simultanément en

lâcher avec un faible décalage de hauteur ou de démarrage des masses, de façon que lesdites masses après lâcher des treuils atteignent le sol à des instants successifs séparés par l'intervalle de temps précité optimal pour le traitement du terrain

5 considéré.

L'invention apparaîtra plus clairement à l'aide de la description qui va suivre faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- 10 - la figure 1 montre en vue schématique un dispositif permettant la mise en oeuvre du procédé de l'invention ;
- la figure 2 montre à plus grande échelle schématiquement le principe de réalisation de la double masse de compactage ;
- la figure 3 montre, comme la figure 2, un dispositif de construction plus particulièrement adapté pouvant être
- 15 utilisé ;
- la figure 4 montre schématiquement la mise en oeuvre de l'invention utilisant un compactage dynamique par chute d'une masse et explosion d'une charge d'explosif.

En se reportant tout d'abord au schéma de la figure 1, on a illustré une grue de chantier 1 comportant essentiellement un tracteur 2, un mât 3 et un treuil 4 permettant de lever par un câble 5 une charge 6 au-dessus du sol 7.

Selon la technique de compactage classique, on laisse tomber la masse 6 sur le sol en traitant le terrain autour du point d'impact 8. En fonction du terrain rencontré, il faut, pour obtenir le compactage souhaité du sol, délivrer au terrain une énergie que l'on peut mesurer en tonnes x mètres déterminée par m² de terrain, cette énergie pouvant être délivrée en une ou plusieurs fois en pilonnant une ou plusieurs fois le même point selon les caractéristiques de l'engin utilisé qui déterminera cette énergie d'impact délivrable à chaque coup.

Conformément à l'invention, le rendement de compactage pour une énergie utilisée déterminée est amélioré en faisant en sorte que chaque impact se traduise en fait par un double choc dynamique, les deux chocs dynamiques étant séparés par un intervalle de temps très court ne dépassant pas une fraction de seconde.

Pour ce faire, et selon le mode de réalisation illustré à la figure 2, la masse 6 qu'on laisse tomber sur le sol

est composée de deux masses respectivement M1 et M2 placées l'une au-dessus de l'autre. La masse M1 est solidaire d'une jupe 9 formant en quelque sorte un cylindre dans le volume 10 duquel se déplace la masse M2 formant piston. Les deux masses sont
5 reliées entre elles par des tirants 11 permettant un certain déplacement $\underline{d}$ du piston constitué par la masse M2 dans le cylindre 10. Les tirants 11 peuvent être montés à force dans des orifices 12 de la masse M1, tandis qu'ils jouent librement dans des orifices 13 de la masse M2. Les têtes 14, 15 des tirants
10 empêchent la désolidarisation des deux masses.

Eventuellement, la distance $\underline{d}$ peut être réglée en plaçant sous les têtes 15 des tirants des rondelles fendues 16 formant entretoises.

Le fonctionnement d'une telle masse apparaît clairement.
15 La double masse est soulevée par le câble 5, la masse M1 étant suspendue sous la masse M2 à la distance $\underline{d}$ autorisée par le montage, dans la position illustrée à la figure 2. Lorsqu'on lâche la masse de la hauteur de la grue, elle tombe sur le sol à une vitesse augmentant progressivement selon les lois de la
20 pesanteur.

Lorsque la double masse arrive sur le sol, il se produit un premier choc dynamique D1 dû à l'impact de la masse M1 arrivant sur le sol. Un court instant après, la masse M1 est rattrapée par la masse M2 et le sol reçoit le deuxième choc dynamique
25 D2. Le retard entre les deux chocs est égal à l'espace de temps nécessaire à la masse M2 pour parcourir la distance $\underline{d}$ à la vitesse que la masse a acquise au point de chute considéré.

Un calcul simple montre que pour une hauteur de chute de 5 mètres, la vitesse d'impact au sol de la masse est
30 d'environ 10m/s, tandis que pour une hauteur de lâcher de 20 mètres, la vitesse de chute sera de l'ordre de 20m/s. Il en résulte qu'à la hauteur de 5 mètres un espacement $\underline{d}$ de 10 centimètres correspondra à un intervalle de temps de 1/100e de seconde, et une distance $\underline{d}$ de 1 centimètre à un
35 intervalle de temps de 1/1000e de seconde. Pour la valeur de 20 mètres, un intervalle $\underline{d}$ de 20 cm correspond à 1/100e de seconde et un intervalle de 2 cm à un espace de temps de 1/1000e de seconde. En conséquence, il est très facile de régler par exemple entre 1/10e de seconde et 1/1000e de seconde l'espace de temps séparant les deux chocs dynamiques D1 et D2, et cela

au millième de seconde près en disposant les entretoises 16 d'épaisseur voulue.

Selon le mode de réalisation illustré à la figure 3, la masse M1 a été solidarisée d'une paroi 9 formant jupe d'un cylindre 10 dans lequel se déplace la masse M2. La différence avec la réalisation de la figure 2 est que la jupe 9 comporte un retour 9a qui limite la course d du piston M2 dans le cylindre 10. En outre, le cylindre 10 est coiffé d'un couvercle ou chapeau conique 17 percé d'un orifice 18 dans lequel passe une partie centrale 19 de la masse M2 à laquelle l'ensemble est suspendu. Le dispositif est ainsi protégé contre les projections de boue et de terre produites lors du compactage. Le réglage de la course d se fait ici au moyen d'écrous 20 solidaires du flasque 9a et de vis 21 se vissant dans ces écrous et venant porter sur la face supérieure de la masse M2 permettant de réduire la longueur de la course d .

Selon la variante de mise en oeuvre de l'invention schématisée à la figure 4, la masse 6 qui vient frapper le sol 7 est une masse simple telle qu'utilisée par exemple actuellement de façon courante. Pour obtenir l'effet de double choc, on place à l'endroit 8 de l'impact une charge d'explosif 22 donc l'explosion sera produite par l'impact de la masse 6 venant tomber sur cette charge. Le détonateur de l'explosif 22 sera réglé de façon qu'entre le choc dynamique D1 produit par la masse 6 frappant le sol et le choc dynamique D2 produit par l'explosion de l'explosif, on ait l'intervalle de temps Δt souhaité optimal. De façon générale, on choisira la masse de l'explosif de façon que le choc dynamique D2 soit sensiblement du même ordre de grandeur que le choc dynamique D1 produit par la chute de la masse 6.

Pour montrer l'intérêt de l'invention, on donnera ci-après un exemple de traitement d'un terrain.

Exemple : il s'agit d'un terrain constitué sur une profondeur de 0 à 8 mètres de remblais divers, de 8 à 10 mètres de sables et graviers et au-delà de 10 mètres de marnes compactes.

Dans un premier temps, on effectue le compactage du terrain avec une masse de 12 tonnes présentant une surface d'impact au sol de 4 m². On traite le terrain en lui fournis-

sant localement des énergies ramenées au m^2 de terrain traité de respectivement 50 tonnes x mètres/ m^2 , 100 tonnes x mètres/ m^2 et 200 tonnes x mètres/ m^2 .

On répète la même expérience sur un terrain semblable avec une masse également de 12 tonnes, de même surface d'impact au sol mais qui est constituée de deux masses superposées M1 et M2 chacune égale à 6 tonnes. On règle la distance entre les deux masses en fonction de la hauteur de chute, de façon que l'intervalle de temps séparant les deux chocs soit de l'ordre de 1/100e de seconde. On effectue comme précédemment le traitement du terrain en fournissant une énergie de compactage ramenée au m^2 de même valeur que précédemment.

Le tableau ci-dessous donne les résultats :

15	E	TASSEMENT (masse unique)	TASSEMENT (deux masses)	%AMELIORATION
20	50 Txm/ m^2	5 cm	7 cm	40%
	100 Txm/ m^2	7,5 cm	10 cm	33%
25	200 Txm/ m^2	9 cm	14 cm	55%

On constate que les résultats sont améliorés de 33 à 55% selon le cas pour une même énergie délivrée.

Selon la nature des terrains, les rendements d'amélioration peuvent dépasser 100%.

De nombreuses variantes peuvent être apportées aux modes de réalisation illustrés et décrits. En particulier, la valeur des masses M1, M2 peut être modifiée, par exemple en incorporant au dispositif de la figure 3 des masses internes qui pourront être solidarisées soit de la masse M1, soit de la masse M2, de façon à faire varier la valeur relative des masses M1, M2 selon la nature du terrain traité, la masse de l'ensemble restant

constante, fonction essentiellement des caractéristiques de la grue de levage.

On notera d'autre part que le terrain étant habituellement traité en plusieurs passes, et se modifiant d'une passe à la suivante, on adaptera avantageusement au fur et à mesure du traitement les paramètres tels que le rapport des deux masses et l'intervalle de temps séparant les deux chocs en fonction de l'état du terrain à chaque instant et en chaque lieu.

Dans les exemples donnés ci-dessus, on a utilisé chaque fois deux chocs dynamiques successifs. Eventuellement, le procédé peut être généralisé en réalisant selon le même principe trois ou un plus grand nombre de chocs successifs dont l'intervalle de temps séparant les chocs sera déterminé de façon optimale selon les conditions locales d'application. Pour réaliser la succession de n chocs successifs, il suffira par exemple d'accrocher les unes sous les autres, distantes de la longueur voulue n masses qu'on laissera tomber de la grue.

REVENDECATIONS

1. Procédé de compactage dynamique de sols selon lequel on utilise une masse tombant sur le sol lâchée d'une hauteur déterminée et l'on répète l'opération autant de fois que nécessaire successivement sur l'ensemble du terrain à traiter, caractérisé en ce que de façon à améliorer le compactage obtenu à partir de la même énergie dépensée, on délivre au terrain ladite énergie de compactage sous forme de successions de chocs dynamiques, localisés au même endroit et séparés par un intervalle de temps très bref ne dépassant pas une fraction de seconde.
2. Procédé de compactage selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'intervalle de temps séparant les chocs dynamiques successifs est compris entre $1/1000^e$ et $1/10^e$ de seconde, cet intervalle étant choisi d'autant plus court que le terrain est plus résistant.
3. Procédé de compactage selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce que les chocs dynamiques appliqués ont des valeurs de même ordre de grandeur.
4. Procédé de compactage selon la revendication 3, caractérisé en ce que le premier choc dynamique D1 et le second choc dynamique D2 sont choisis de façon à répondre à la relation $D2/3 < D1 < 3D2$.
5. Procédé de compactage selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'on choisit le premier choc dynamique D1 d'autant plus faible que le terrain est résistant en surface et mou en profondeur.
6. Procédé de compactage selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on utilise comme premier choc dynamique D1 celui d'une masse tombant sur le sol et comme deuxième choc dynamique D2 celui d'une charge d'explosif déclenchée par le premier choc dynamique D1.
7. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend, associé à une machine élévatrice de charge telle qu'une grue (1) équipée d'au moins un câble (5) et un treuil (4) de levage, au moins deux masses (M1, M2) qui sont liées entre elles en étant disposées l'une au-dessus de l'autre avec un léger intervalle $\underline{d}$ entre les deux masses, la première masse (M1)

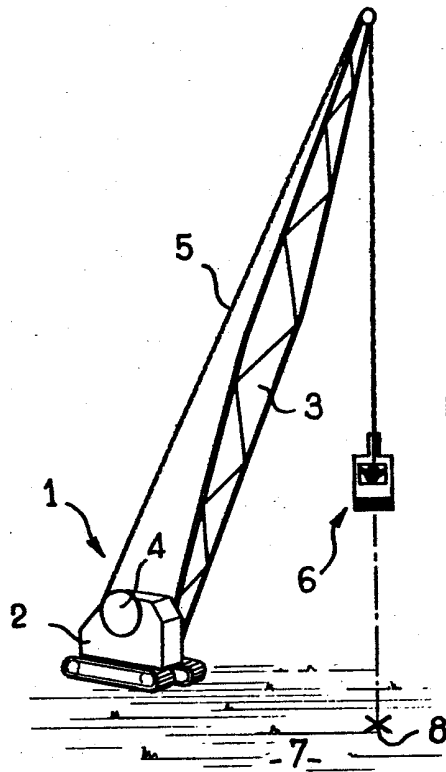
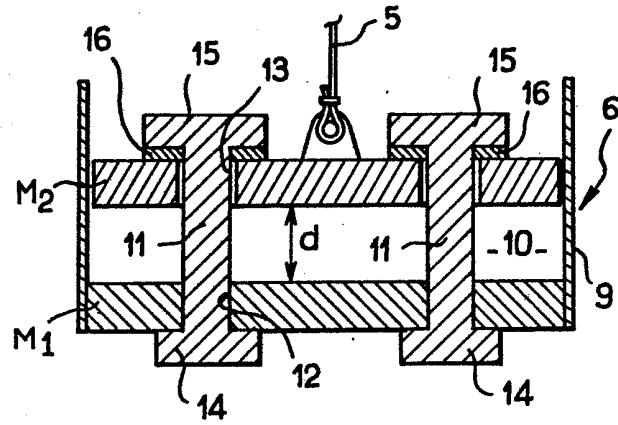
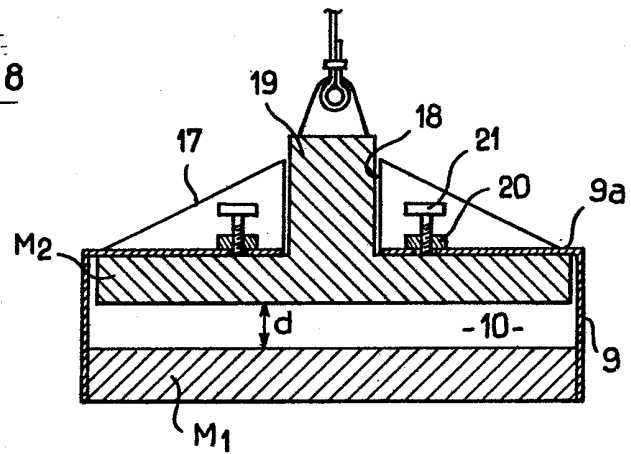
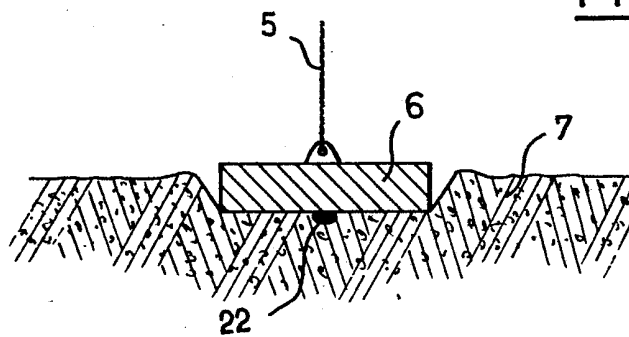
étant suspendue sous la seconde (M2) qui est accrochée audit câble (5).

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que la deuxième masse (M2) est formée comme un piston monté
5 couissant dans la première masse (M1) formée comme un cylindre (10).

9. Dispositif selon la revendication 7 ou la revendication 8, caractérisé en ce que des moyens de réglage (16,20,21) sont prévus, permettant de régler la course d séparant les
10 deux masses (M1,M2).

10. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend, associé à une machine élévatrice de charge telle qu'une grue (1) équipée d'au moins deux câbles et deux treuils de
15 levage, au moins deux masses qui sont disposées à proximité l'une de l'autre, étant soutenues chacune par un desdits câbles, lesdits treuils étant susceptibles d'être commandés simultanément en lâcher avec un faible décalage de hauteur ou de démarrage des masses, de façon que lesdites masses après lâcher des treuils
20 atteignent le sol à des instants successifs séparés par l'intervalle de temps précité optimal pour le traitement du terrain considéré.

1 / 1

FIG. 1FIG. 2FIG. 3FIG. 4