

ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE (19)
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE



المملكة المغربية

المكتب المغربي
للملكية الصناعية والتجارية

(12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 42210 B1** (51) Cl. internationale : **E02D 5/08**
(43) Date de publication : **31.12.2018**

(21) N° Dépôt : **42210**
(22) Date de Dépôt : **05.10.2016**
(30) Données de Priorité : **06.10.2015 FR 1559499**
(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/FR2016/052570 05.10.2016**
(71) Demandeur(s) : **SOLETANCHE FREYSSINET, 280 avenue Napoléon Bonaparte 92500 Rueil-Malmaison (FR)**
(72) Inventeur(s) : **JEANMARIE, Thierry ; SCHMITT, Pierre ; COUDRY, Michel ; JEANTY, Jean Michel**
(74) Mandataire : **SABA & CO**

(54) Titre : **OUVRAGE DE SOUTÈNEMENT**

(57) Abrégé : L'invention concerne un ouvrage de soutènement (12) dans un sol (S) comportant une partie avant verticale et délimitant une première portion de sol (S1) d'une seconde portion de sol. La partie avant (14) se présente sous la forme d'une juxtaposition de parois voûtées (16), chaque paroi voûtée (16) présentant un intrados en regard de la première portion de sol ainsi qu'un extrados en regard de la seconde portion de sol, et l'ouvrage de soutènement (12) comportant en outre une partie arrière (20) comprenant

ABREGE

L'invention concerne un ouvrage de soutènement (12) dans un sol (S) comportant une partie avant verticale et délimitant une première
5 portion de sol (S1) d'une seconde portion de sol.

La partie avant (14) se présente sous la forme d'une juxtaposition de parois voûtées (16), chaque paroi voûtée (16) présentant un intrados en regard de la première portion de sol ainsi qu'un extrados en regard de la seconde portion de sol, et l'ouvrage de soutènement (12) comportant
10 en outre une partie arrière (20) comprenant une pluralité d'éléments de paroi (22) dont les plus grandes faces s'étendent verticalement dans la seconde portion de sol (S2), chaque élément de paroi (22) étant disposé entre deux parois voûtées (16) adjacentes et étant transversal à la partie
avant (14).

15

Figure 1

OUVRAGE DE SOUTÈNEMENT

Arrière-plan de l'invention

La présente invention a trait aux ouvrages de soutènement réalisés
5 dans un sol, et notamment aux ouvrages destinés à former des murs de
quai portuaire.

Elle concerne plus particulièrement un ouvrage de soutènement
dans un sol comportant une partie avant s'étendant sensiblement
verticalement tout en délimitant une première portion de sol d'une
10 seconde portion de sol.

L'invention trouve notamment son intérêt lorsque les niveaux des
première et deuxième portions de sol sont sensiblement différents, par
exemple lorsque la différence de hauteur entre les première et deuxième
portions de sol est de l'ordre de 15 à 30 m.

15 C'est le cas lorsque la première portion de sol est située sous un
plan d'eau, la partie avant de l'ouvrage de soutènement constituant alors
un mur de quai délimitant également le plan d'eau de la deuxième portion
de sol.

Traditionnellement, la partie avant d'un tel ouvrage de
20 soutènement est une paroi plane et une partie des efforts exercés par la
deuxième portion de sol sur la partie avant est reprise par des tirants
métalliques longilignes qui relient la paroi plane à un rideau d'ancrage
arrière, parallèle à la paroi plane, et situé dans la deuxième portion de sol,
à distance de la paroi plane, ce qui assure la stabilité de l'ouvrage. Le
25 rideau d'ancrage arrière peut être situé à plus de 50 mètres de la paroi
plane, et les tirants métalliques peuvent être positionnés à une profondeur
de l'ordre de 5 mètres. Classiquement, on commence par réaliser la paroi
plane et le rideau d'ancrage dans la deuxième portion de sol. Ensuite on
déblaie le volume de sol sur la distance séparant la paroi plane du rideau
30 arrière, et sur la profondeur à laquelle doivent être positionnés les tirants
métalliques.

On comprend donc que le volume de sol qu'il est nécessaire de
déblayer pour pouvoir poser les tirants métalliques est très important, et
ce d'autant plus que la paroi plane présente une grande longueur. De
35 surcroît, après la pose des tirants métallique, il est nécessaire de
remblayer le volume de sol qui a été précédemment déblayé. En général,

une nappe d'eau souterraine est présente, qu'il est nécessaire de rabattre pendant la durée des travaux.

Ces opérations successives de rabattement de nappe et de terrassement, qui nécessitent de déplacer des volumes très importants de sol sont particulièrement longues, fastidieuses et onéreuses.

Objet et résumé de l'invention

Un but de l'invention est de remédier aux inconvénients précités en proposant un ouvrage de soutènement qui soit plus simple et plus rapide à réaliser que celui de l'art antérieur, et qui ne nécessite pas les opérations de terrassement précitées.

L'invention atteint son but par le fait que la partie avant se présente sous la forme d'une juxtaposition de parois voûtées s'étendant selon une direction longitudinale qui est verticale,

chaque paroi voûtée présentant un intrados en regard de la première portion de sol ainsi qu'un extrados en regard de la seconde portion de sol, et

l'ouvrage de soutènement comporte en outre une partie arrière reliée à la partie avant et comprenant une pluralité d'éléments de paroi dont les plus grandes faces s'étendent verticalement dans la seconde portion de sol, chaque élément de paroi étant disposé entre deux parois voûtées adjacentes et étant transversal à la partie avant.

On comprend que, considéré dans un plan de coupe horizontal, la juxtaposition des parois voûtées de la partie avant présente la forme d'une succession d'arcs disposés côte à côte et dont les intrados sont tournés vers la première portion de sol.

Les éléments de paroi constituent des tirants plans qui s'étendent verticalement depuis la surface du sol jusqu'à une profondeur prédéterminée. Les éléments de paroi sont solidaires de la partie avant sur toute leur hauteur. Ils ont pour fonction de reprendre les efforts subis par les parois voûtées et se substituent avantageusement aux tirants métalliques longilignes et au rideau arrière de l'art antérieur.

Les éléments de paroi sont avantageusement réalisés depuis la surface du sol. En conséquence, selon l'invention et contrairement à l'art antérieur, la pose des tirants s'effectue sans avoir à déblayer puis remblayer une grande quantité de sol. L'invention permet donc d'exécuter

l'ouvrage de soutènement bien plus rapidement dès lors que l'on s'affranchit des opérations de terrassement.

De préférence, chaque élément de paroi est disposé entre deux parois voûtées adjacentes en étant orthogonal à la partie avant.

5 De façon avantageuse, le niveau supérieur de la partie avant correspond sensiblement au niveau supérieur de la partie arrière. Autrement dit, les faces supérieures des parois voutées sont sensiblement au même niveau que les faces supérieures des éléments de paroi.

10 Avantageusement, la partie avant comporte deux bords d'extrémité verticaux, et la partie arrière comporte en outre deux autres éléments de paroi qui sont transversaux à la partie avant et disposés de part et d'autre de ladite pluralité d'éléments de paroi en s'étendant depuis les bords d'extrémités verticaux de la partie avant.

15 Avantageusement, les éléments de paroi sont plans. De préférence, la partie avant présente une direction longitudinale et les éléments de paroi sont perpendiculaires à ladite direction longitudinale de la partie avant.

20 De façon avantageuse, les éléments de paroi sont parallèles les uns aux autres. De préférence, les éléments de paroi sont régulièrement espacés les uns des autres.

Selon un aspect avantageux de l'invention, les éléments de paroi présentent une plus grande hauteur qui est strictement inférieure à la hauteur de la partie avant. Dit autrement, la profondeur des éléments de paroi est strictement inférieure à celle de la partie avant.

25 Ainsi, sur la hauteur des éléments de paroi, l'ouvrage de soutènement selon l'invention se comporte comme une structure monolithique : chaque paroi voûtée composant la partie avant travaille en voûte comme une paroi circulaire, bloquée à ses extrémités par les éléments de paroi, qui travaillent comme des tirants plans. L'ensemble ci-
30 dessus, en incluant le volume de sol contenu entre les éléments de paroi, a un fonctionnement similaire à celui d'un « mur poids ». Ceci permet de réduire sensiblement l'intensité des moments fléchissants appliqués sur la partie avant, et de réduire la valeur des déplacements. En outre, en-
35 dessous des éléments de paroi, l'ouvrage de soutènement se comporte comme une paroi plane classique.

En d'autres termes, l'ouvrage de soutènement selon l'invention présente un comportement hybride.

De préférence, la hauteur de la partie avant est sensiblement égale au double de la plus grande hauteur des éléments de paroi. Au sens de l'invention, la « hauteur » est considérée selon une direction verticale, tandis que la « longueur » des éléments de parois est considérée selon une direction horizontale.

La plus grande hauteur des éléments de paroi peut être constante sur toute la longueur desdits éléments de paroi. Toutefois, et de façon avantageuse, considéré selon sa longueur, au moins l'un des éléments de paroi comporte une première extrémité reliée à la partie avant, et une seconde extrémité opposée à la première extrémité, et la hauteur de l'élément de paroi décroît depuis la première extrémité vers la seconde extrémité dudit élément de paroi. Cette hauteur décroissante a pour intérêt de réduire la concentration des contraintes à l'endroit de la jonction entre l'élément de paroi et les parois voûtées qui lui sont immédiatement adjacentes. Un autre intérêt est d'accompagner la diffusion des contraintes de traction le long des éléments de paroi formant tirants plans. Encore un autre intérêt est de réduire la quantité de matériaux nécessaires pour former la partie arrière, ce qui permet de réduire le coût de l'ouvrage de soutènement. De préférence, le profil de la face inférieure des éléments de parois est en escalier.

De façon préférentielle, la longueur des éléments de paroi est supérieure à la plus grande hauteur desdits éléments de paroi.

Avantageusement, la distance entre deux éléments de paroi adjacents est inférieure à la longueur de l'un des éléments de paroi. De préférence, la distance entre deux éléments de paroi adjacents est sensiblement égale à la moitié de la longueur de l'un des éléments de paroi. Un intérêt est d'améliorer la reprise des efforts par la partie arrière de l'ouvrage de soutènement.

Selon un mode de réalisation préférentiel, au moins deux parois voûtées sont reliées l'une à l'autre et à l'un des élément de paroi par un élément de couplage qui présente une première partie de liaison reliée à l'élément de paroi et des deuxième et troisième parties de liaison reliées aux deux parois voûtées. On comprend que les parois voûtées agissent en compression sur l'élément de couplage.

Avantageusement, les parties avant et/ou arrière sont réalisées en béton armé.

De façon préférentielle, les parois voutées comportent des cages d'armatures qui sont disposées les unes à côté des autres. En outre, lorsque la partie arrière contient également des armatures, celles-ci sont connectées aux cages d'armature de la première partie, de préférence par le biais des éléments de couplage, de façon à réaliser une continuité structurelle entre les armatures des parties avant et arrière.

Selon un premier mode de réalisation, la partie avant et/ou la partie arrière est une paroi moulée. Lorsque la partie avant est une paroi moulée, au moins certaines des parois voutées sont préférentiellement constituées d'une juxtaposition d'écrans unitaires plans disposés en arc de cercle. Les parois moulées sont classiquement exécutées par panneaux élémentaires alternés ou successifs. On peut utiliser des coffrages aux extrémités, comme ceux décrits dans le document EP 0 101 350. Alternativement, avec des outillages de type haveuse de paroi, la liaison entre panneaux peut être obtenue en remordant le béton du panneau déjà coulé.

Selon un deuxième mode de réalisation, la partie avant est en béton armé, tandis que les éléments de parois comportent des palplanches.

Selon une autre variante, la partie arrière est réalisée à l'aide d'une technique de « soil-mixing », combinant une étape d'excavation d'une tranchée et de mélange in situ du sol en place de la tranchée avec un liant. Eventuellement, des palplanches pourront ensuite être placées dans la tranchée.

Selon encore une autre variante, la partie arrière est réalisée à l'aide de la technique de la paroi au coulis, connue par ailleurs, dans laquelle les armatures pourront éventuellement être installées.

La présente invention porte également sur un quai portuaire comportant au moins un ouvrage de soutènement selon l'invention, dans lequel la première portion de sol est située sous le fond d'un plan d'eau de sorte que la partie avant délimite également le plan d'eau de la seconde portion de sol.

Ce quai portuaire peut être un quai maritime, un quai fluvial, ou tout autre type de quai en contact avec un plan d'eau.

De préférence, mais non nécessairement, le fond du plan d'eau se situe entre le niveau inférieur de la partie arrière et le niveau de l'extrémité inférieure de la partie avant.

5 Avantageusement, le quai portuaire selon l'invention comporte en outre un premier rail qui est transversal aux éléments de paroi de la partie arrière tout en étant supporté par plusieurs desdits éléments de paroi, et le quai portuaire comporte en outre un deuxième rail parallèle au premier rail.

10 Ces deux rails constituent une voie permettant aux grues de manutention du fret, telles des portiques à conteneurs, de se déplacer parallèlement à la direction longitudinale de la partie avant de l'ouvrage.

De préférence, le premier rail est préférentiellement fixé aux éléments de parois.

15 De façon préférentielle, mais non exclusivement, le deuxième rail est supporté par la partie avant. Aussi, grâce à l'invention, les premier et deuxième rails sont supportés par l'ouvrage de soutènement. De préférence, les rails sont également solidaires de l'ouvrage de soutènement. En conséquence, les éléments de parois forment des traverses, ce qui permet d'assurer un écartement constant entre les deux
20 rails.

En outre, le poids du portique à conteneurs est avantageusement repris par l'ouvrage de soutènement, ce qui présente le double avantage de réduire les efforts verticaux à prendre en compte pour le dimensionnement de la partie avant, et d'éviter les risques de
25 mouvements différentiels entre les deux rails, susceptibles de se produire avec les ouvrages de soutènement de l'art antérieur.

Brève description des dessins

30 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit de modes de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs, dans lesquels :

- la figure **1** est une vue en perspective d'un quai portuaire selon l'invention constitué d'un ouvrage de soutènement selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- 35 - la figure **2** est une vue latérale en coupe du quai portuaire de la figure **1**, sur laquelle ont été représentés un portique à

- conteneurs installé sur une paire de rails supportée par l'ouvrage de soutènement ;
- la figure **3** est une vue de dessus du quai portuaire de la figure **1** ;
 - 5 - la figure **4** est vue une latérale en coupe d'une variante du quai portuaire de la figure **1** comprenant un ouvrage de soutènement selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
 - les figures **5A** et **5B** sont des graphiques comparatifs qui illustrent les valeurs de déplacement et de moments fléchissant en fonction de la profondeur ;
 - 10 - la figure **6** est une vue de dessus en coupe du quai portuaire selon un premier exemple de réalisation de l'invention ; et
 - la figure **7** est une vue de dessus en coupe du quai portuaire selon un deuxième exemple de réalisation de l'invention.

15

Description détaillée de l'invention

Sur la figure **1**, on a illustré un quai portuaire **10** selon l'invention, qui comporte un ouvrage de soutènement **12** dans un sol **S** selon un premier mode de réalisation. L'ouvrage de soutènement **12** comporte une

20 partie avant **14** qui s'étend de manière sensiblement verticale, et qui délimite une première portion de sol **S1** d'une seconde portion de sol **S2**.

En se référant aux figures **1** et **2**, on constate que la première portion de sol **S1** est située sous le fond **F** d'un plan d'eau **P** et que la partie avant **14** présente une profondeur supérieure à celle du plan d'eau.

25 On comprend donc que la partie avant **14** de l'ouvrage de soutènement **12** délimite également le plan d'eau **P** de la seconde portion de sol **S2**.

On comprend que la partie avant **14** de l'ouvrage de soutènement constitue une paroi de soutènement dont une fonction est d'empêcher que la seconde portion de sol ne s'écroule dans le plan d'eau **P**.

30 Comme on le constate sur la figure **2**, la hauteur **H1** de la partie avant **14** de l'ouvrage de soutènement **12** est strictement supérieure à la hauteur **H2** du plan d'eau **P**, étant entendu que la hauteur **H2** du plan d'eau **P** est définie entre le fond **F** et la surface du plan d'eau **P**. Plus précisément, la partie avant **14** de l'ouvrage de soutènement **12** s'étend

35 verticalement en-dessous du fond **F** du plan d'eau **P** sur une hauteur **H3**.

Aussi, la partie avant **14** de l'ouvrage de soutènement **12** délimite la portion de sol **S1** de la seconde portion de sol **S2** sur cette hauteur **H3**.

Par ailleurs, la partie avant **14** de l'ouvrage de soutènement **12** s'étend verticalement au-dessus de la surface du plan d'eau **P** sur une
5 hauteur **H4**.

Dans cet exemple non limitatif, la hauteur **H1** de la partie avant **12** est de 43 mètres, la hauteur **H2** du plan d'eau est de l'ordre de 25 mètres, la hauteur de la partie émergée **H4** de la partie avant **14** est de l'ordre de 6 mètres. Enfin, la hauteur **H3** de la portion de la partie avant
10 **14** qui s'étend sous le fond du plan d'eau **P** est de l'ordre de 12 mètres.

Conformément à l'invention, la partie avant **14** de l'ouvrage de soutènement **12** se présente sous la forme d'une juxtaposition de parois voûtées **16** qui s'étendent selon une direction longitudinale qui est verticale. Les parois voûtées sont alignés en étant disposées côte à côte
15 de façon à former une paroi continue qui s'étend selon un plan vertical moyen **X1** qui s'étend selon la direction longitudinale de la partie avant. Comme cela est représenté sur la figure **3**, chaque paroi voûtée **16** a une section transversale, prise dans un plan horizontal, qui présente globalement la forme d'un arc de cercle.

Chaque paroi voûtée **16** présente un intrados **18** qui est en regard de la première portion de sol **S1**, et également vers le plan d'eau **P**. Chaque paroi voûtée **16** présente également un extrados **21**, opposé à l'intrados **18**, qui est en regard de la seconde portion de sol **S2**.

Dans cet exemple, chaque paroi voûtée **16** présente une épaisseur
25 **E1** qui est de l'ordre de 1 mètre. On comprend par ailleurs que chaque paroi voûtée **16** s'étend verticalement depuis la surface selon sensiblement toute la hauteur **H1** de la partie avant **14** de l'ouvrage de soutènement **12**. Toujours dans cet exemple, chaque paroi voûtée **16**, considérée dans un plan horizontal, présente un rayon de courbure **R**, qui
30 est de l'ordre de 15 mètres.

L'ouvrage de soutènement **12** comporte en outre une partie arrière **20** qui est solidaire de la partie avant **14** de façon à former une structure monobloc. La partie arrière **20** comporte une pluralité d'éléments de paroi **22** formées dans sol et qui s'étendent verticalement depuis la surface du
35 sol jusqu'à une profondeur prédéterminée. On comprend donc que les plus grandes faces **24** s'étendent verticalement dans la seconde portion

de sol **S2**. Dans le premier mode de réalisation illustré en figure **2**, la plus grande face **24** des éléments de paroi **22** présente une forme sensiblement plane et rectangulaire.

5 En se référant à la figure **2**, on constate que le niveau supérieur de la partie avant correspond sensiblement au niveau supérieur de la partie arrière. Autrement dit, les éléments de paroi **22,26** s'étendent verticalement depuis le niveau supérieur de la partie avant. Qui plus est, les éléments de paroi **22** sont solidaires de la partie avant **14** sur toute leur hauteur.

10 Comme on le constate sur la figure **3**, chaque élément de paroi **22** est solidaire de la partie avant en étant disposé entre deux parois voûtées **16** adjacentes, tout en étant transversal à la partie avant **14**. Plus précisément, dans ce premier mode de réalisation, les éléments de paroi **22** s'étendent dans des plans verticaux **X2**, qui sont perpendiculaires au
15 plan moyen **X1** dans lequel s'étend la partie avant **14** de l'ouvrage de soutènement **12**.

Par ailleurs, les éléments de paroi **22** sont parallèles les uns aux autres, la distance **d** entre deux éléments de paroi **22** successifs étant de l'ordre de 15 mètres.

20 Dans ce premier mode de réalisation, la partie avant **14** comporte deux bords d'extrémité verticaux **14a** et **14b**, opposés l'un à l'autre, comme illustré en figure **3**. La partie arrière **20** comporte en outre deux autres éléments de paroi **26** qui sont également transversaux à la partie avant **14**, et qui sont disposés de part et d'autre de la pluralité d'éléments
25 de paroi **22**. Ces autres éléments de paroi **26** s'étendent depuis les bords d'extrémité **14a, 14b** de la partie avant **12**, de façon que tous les éléments de parois **22,26** soient parallèles les uns aux autres.

Plus précisément, dans ce premier mode de réalisation, les éléments de paroi **22,26** sont identiques et parallèles les uns aux autres, de sorte qu'on se limitera à décrire l'élément de paroi **22** qui est illustré en
30 figure **2**.

De façon avantageuse, les éléments de paroi **22,26** présentent une plus grande hauteur **H5M**, qui, dans cet exemple, est constante sur toute la longueur des éléments de parois. En outre, tous les éléments de paroi
35 **22,26** présentent la même plus grande hauteur. Toutefois, sans sortir du

cadre de la présente invention, les éléments de paroi pourraient présenter des plus grandes hauteurs différentes.

La plus grande hauteur **H5M** est strictement inférieure à la hauteur **H1** de la partie avant **14**. Qui plus est, la profondeur des éléments de paroi **22,26** est strictement inférieure à celle de la partie avant **14**.

Cette conformation a pour effet que, selon la hauteur **H5M**, l'ouvrage de soutènement se comporte comme une paroi circulaire, tandis qu'en-dessous des éléments de paroi **22,26**, l'ouvrage de soutènement se comporte comme une paroi plane.

Par ailleurs, dans l'exemple de la figure **2**, on constate que le niveau du fond **F** du plan d'eau **P** se situe entre le niveau inférieur **14a** de la partie avant **14** et le niveau inférieur **20a** de la partie arrière **20**. Le niveau inférieur **14a** de la partie avant **14** correspond à l'extrémité inférieure des parois voutées, tandis que le niveau inférieur de la partie arrière correspond à la face inférieure des éléments de parois **22,26**.

Dans cet exemple, la hauteur **H1** de la partie avant est sensiblement égale au double de la plus grande hauteur **H5M** des éléments de paroi **22,26**. Dans cet exemple, les éléments de paroi s'étendent selon une longueur **L** qui est orientée horizontalement. La longueur **L** des éléments de paroi **22,26** est supérieure à la plus grande hauteur **H5M** desdits éléments de paroi, comme illustré en figure **2**.

De plus, la distance **d** entre deux éléments de paroi adjacents **22,26** est sensiblement égale à la moitié de la longueur **L** des éléments de paroi **22,26**. Une telle configuration permet d'améliorer des propriétés de soutènement de l'ouvrage de soutènement selon l'invention.

En se référant à nouveau à la figure **3**, on constate qu'au moins deux parois voûtées adjacentes **16** sont reliées l'une à l'autre et à l'un des éléments de paroi **22** par un élément de couplage **30** qui présente une première partie de liaison **30a** reliée à l'élément de paroi **22** et des première et deuxième parties de liaison **30b, 30c** reliées aux deux parois voûtées adjacentes. Cet élément de couplage **30** permet de faciliter la solidarisation entre les parois voutées et l'élément de liaison.

En se référant à nouveau à la figure **2**, on constate que le quai portuaire **10** comporte en outre un premier rail **40** et un deuxième rail **42**, parallèle au premier rail **40** sur lesquels un portique à conteneurs **50**

peut se déplacer parallèlement à la partie avant **14**, afin de charger un cargo porte-conteneurs **52**.

Le premier rail **40** est transversal aux éléments de paroi **22,26** tout en étant supporté par lesdits éléments de paroi **22,26**. Le deuxième rail **42** est quant à lui, dans cet exemple, supporté par la partie avant **14**. Sans sortir du cadre de la présente invention, le deuxième rail **42** pourrait être également supporté par les éléments de paroi **22,26**. Dans cet exemple, les premier et deuxième rails **40,42** sont fixés à l'ouvrage de soutènement **12**.

Sur la figure **4**, on a illustré un autre quai portuaire **10'** selon l'invention, qui comporte un ouvrage de soutènement **12'** selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

Considéré selon sa longueur **L**, chaque élément de paroi **22'** comporte une première extrémité **22'a** qui est reliée à la partie avant **14'** et une seconde extrémité **22'b** qui est opposée à la première extrémité **22'a**.

L'ouvrage de soutènement **12'** selon ce deuxième mode de réalisation se distingue du premier mode de réalisation par le fait que les éléments de paroi **22'** de la partie arrière **20'** présentent une hauteur non-uniforme.

Comme illustré en figure **4**, considéré selon la longueur de l'élément de paroi, la hauteur dudit élément de paroi **22** décroît entre la première extrémité **22'a** et la seconde extrémité **22'b** de l'élément de paroi **22**. Dans l'exemple de la figure **4**, la face inférieure **22'c** de l'élément de paroi **22'** présente une forme en escalier, la plus grande hauteur **H5M** de l'élément de paroi **22'** se trouvant à proximité de la partie avant **14'**.

On va maintenant décrire un exemple de méthode de réalisation des quais portuaires décrits ci-dessus.

Pour réaliser le quai portuaire **10**, on commence par exemple à réaliser la partie avant **14** de l'ouvrage de soutènement **12**. Pour ce faire, on forme dans le sol **S** une paroi moulée de profondeur **H1** dont la section transversale, prise dans un plan horizontal, présente la forme d'une succession d'arcs, telle que représentée en figure **3**. Cette paroi moulée est en béton armé. Pour ce faire, on pourra utiliser un outil de forage, tel que celui décrit dans EP 2 295 648.

Ensuite, ou concomitamment, on réalise les éléments de paroi **22,26**, soit sous la forme de parois moulées, ou bien en réalisant des excavations par une technique de « soil-mixing » dans lesquelles on introduit des palplanches. Pour ce faire, on pourra utiliser un outil de forage et de mélange, tel que celui décrit dans FR 2 889 608. Les éléments de couplage **30** sont par ailleurs placés entre les éléments de paroi **22** et les parois voutées **16**

Dans les exemples des figures **6** et **7**, les éléments de couplage **30',30''** sont construits avec l'outillage utilisé pour réaliser la partie avant.

Il s'agit par exemple d'un outillage de paroi moulée mettant en œuvre des coffrages tels que ceux décrits dans le document EP 0 101 350, qui permettent de réaliser les liaisons entre l'élément de couplage et les parois voutées.

La figure **6** illustre un premier exemple de réalisation des éléments de couplage **30'**. Dans ce premier exemple, la première partie de liaison **30'a** est couplée avec l'élément de paroi **22** par coopération de forme. Dans ce premier exemple, l'élément de paroi **22** est réalisé en paroi moulée avec des armatures continues, tel que décrite dans le document EP 0 833 987 par exemple. On constate que la cage d'armature **31'** de l'élément de couplage **30'** est reliée avec la cage d'armature **23** de l'élément de paroi **22**. Chacune des deuxième et troisième parties de liaison **30'b,30'c** est également munie d'une cage d'armature et se présente sous la forme d'un bras de liaison qui est couplé avec une des parois voutées **16** par coopération de forme.

Dans le deuxième exemple de réalisation illustrée sur la figure **7**, l'élément de couplage **30''** est similaire à celui de la figure **6** à ceci près que les deuxième et troisième parties de liaison **30''b** et **30''c** présentent la forme de renforcement et non pas de bras de liaison. La paroi voutée **16** qui est reliée à la deuxième partie de liaison **30''b** est constituée de deux éléments unitaires **16₁** et **16₂** reliés l'un à l'autre.

Par ailleurs, dans ce deuxième exemple de réalisation, l'élément de paroi **22** comprend un rideau de palplanches **25** relié à la cage d'armature **31''** de l'élément de couplage **30''**. Ce rideau de palplanches peut être directement battu dans le sol, ou mis en place dans l'excavation par la technique de « soil-mixing », telle que décrite ci-dessus, ou encore en paroi au coulis bien connue par ailleurs.

Pour réaliser les éléments de paroi **22'** du deuxième mode de réalisation de la figure **4**, on creuse quatre tranchées adjacentes dont les hauteurs respectives décroissent entre la première extrémité **22'a** et la seconde extrémité **22'b**. On obtient alors la forme en escalier illustrée en figure **4**.

Sur la figure **5A**, la courbe **G1** illustre le déplacement en millimètres de l'ouvrage de soutènement **12** de la figure **1** en fonction de la profondeur, mesurée depuis la surface du plan d'eau **P**. La courbe **G2** illustre le déplacement d'un ouvrage de soutènement selon l'art antérieur décrit ci-dessus.

Sur la figure **5B**, la courbe **M1** illustre la valeur des moments fléchissants subis par l'ouvrage de soutènement **10** de la figure **1** en fonction de la profondeur. La courbe **M2** illustre la valeur des moments fléchissants subis par l'ouvrage de soutènement selon l'art antérieur décrit ci-dessus.

Il ressort des calculs réalisés que l'ouvrage de soutènement selon l'invention présente des déplacements et des moments fléchissants qui sont, en valeur absolue, sensiblement inférieurs à ceux de l'ouvrage antérieur.

20

REVENDEICATIONS

1. Ouvrage de soutènement (12,12') dans un sol (S) comportant une partie avant (14) s'étendant sensiblement verticalement tout en délimitant une première portion de sol (S1) d'une seconde portion de sol (S2), caractérisé en ce que
5 la partie avant (14) se présente sous la forme d'une juxtaposition de parois voûtées (16) s'étendant selon une direction longitudinale qui est verticale, en ce que
10 chaque paroi voûtée (16) présente un intrados (18) en regard de la première portion de sol (S1) ainsi qu'un extrados (21) en regard de la seconde portion de sol (S2), et en ce que
15 l'ouvrage de soutènement (12) comporte en outre une partie arrière (20) reliée à la partie avant (14) et comprenant une pluralité d'éléments de paroi (22) dont les plus grandes faces (24) s'étendent verticalement dans la seconde portion de sol (S2), chaque élément de paroi (22) étant disposé entre deux parois voûtées (16) adjacentes et étant transversal à la partie avant (14).
- 20 2. Ouvrage de soutènement selon la revendication 1, dans lequel la partie avant (14) comporte deux bords d'extrémité verticaux, et dans lequel la partie arrière (20) comporte en outre deux autres éléments de paroi (26) qui sont transversaux à la partie avant (14) et disposés de part et d'autre de ladite pluralité d'éléments de paroi
25 (22) en s'étendant depuis les bords d'extrémités verticaux (14a,14b) de la partie avant.
3. Ouvrage de soutènement selon la revendication 1 ou 2, dans lequel les éléments de paroi (22,26) sont plans.
30
4. Ouvrage de soutènement selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les éléments de paroi (22,26) sont parallèles les uns aux autres.
- 35 5. Ouvrage de soutènement selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les éléments de paroi (22,26) présentent

une plus grande hauteur (H5M) qui est strictement inférieure à la hauteur (H1) de la partie avant (14).

- 5 6. Ouvrage de soutènement selon la revendication 5, dans lequel la hauteur (H1) de la partie avant est sensiblement égale au double de la plus grande hauteur (H5M) des éléments de paroi (22,26).
- 10 7. Ouvrage de soutènement selon la revendication 5 ou 6, dans lequel, considéré selon sa longueur (L), au moins l'un des éléments de paroi (22') comporte une première extrémité (22'a) reliée à la partie avant (14'), et une seconde extrémité (22'b) opposée à la première extrémité (22'a), et dans lequel la hauteur de l'élément de paroi (22) décroît entre la première extrémité (22'a) et la seconde extrémité (22'b) dudit élément de paroi (22).
- 15 8. Ouvrage de soutènement selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la longueur (L) des éléments de paroi (22,26) est supérieure à la plus grande hauteur (H5M) desdits éléments de paroi.
- 20 9. Ouvrage de soutènement selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la distance (d) entre deux éléments de paroi adjacents (22,26) est inférieure à la longueur (L) de l'un des éléments de paroi (22,26).
- 25 10. Ouvrage de soutènement selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel au moins deux parois voûtées adjacentes (16) sont reliées l'une à l'autre et à l'un des élément de paroi (22) par un élément de couplage (30,30',30'') qui présente une première partie de liaison (30a,30'a,30''a) reliée à l'élément de paroi (22) et des deuxième et troisième parties de liaison (30b,30c ;30'b,30'c ;30''b,30''c) reliées aux deux parois voûtées adjacentes.
- 30 11. Ouvrage de soutènement selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les parties avant (14) et/ou arrière (20) sont réalisées en béton armé.
- 35

- 5 12. Ouvrage de soutènement selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la partie avant (14) et/ou la partie arrière (20) est une paroi moulée.
- 10 13. Ouvrage de soutènement selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la partie avant (14) est en béton armé, tandis que les éléments de parois comportent des palplanches.
- 15 14. Quai portuaire (10) comportant au moins un ouvrage de soutènement (12) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la première portion de sol (S1) est située sous le fond (F) d'un plan d'eau (P) de sorte que la partie avant (14) délimite le plan d'eau (P) de la seconde portion de sol (S2).
- 20 15. Quai portuaire selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un premier rail (40) qui est transversal aux éléments de paroi (22,26) de la partie arrière tout en étant supporté par plusieurs desdits éléments de paroi (22,26), et en ce que le quai portuaire comporte en outre un deuxième rail (42) parallèle au premier rail.
16. Quai portuaire selon la revendication 15, caractérisé en ce que le deuxième rail (42) est supporté par la partie avant (14).

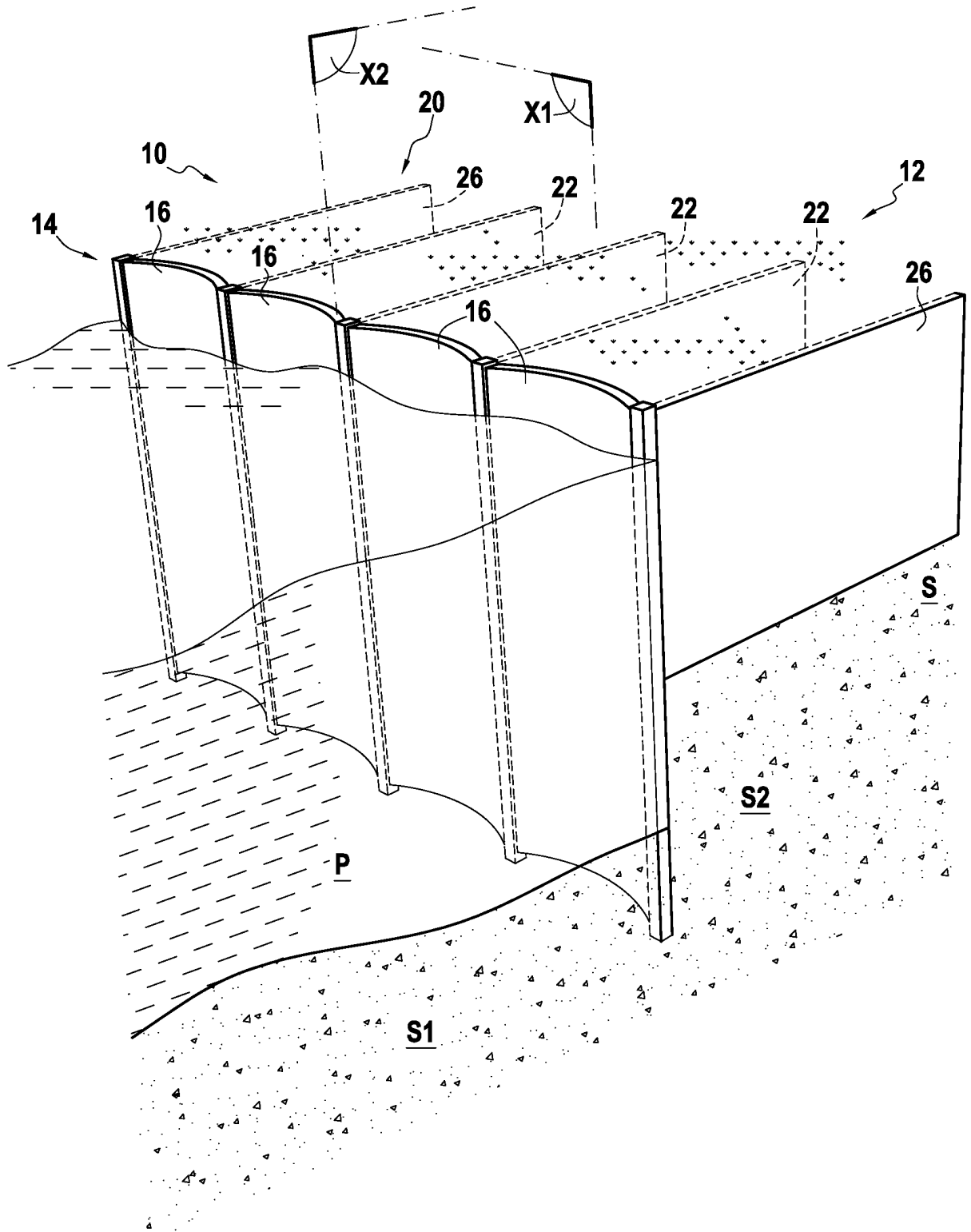


FIG.1

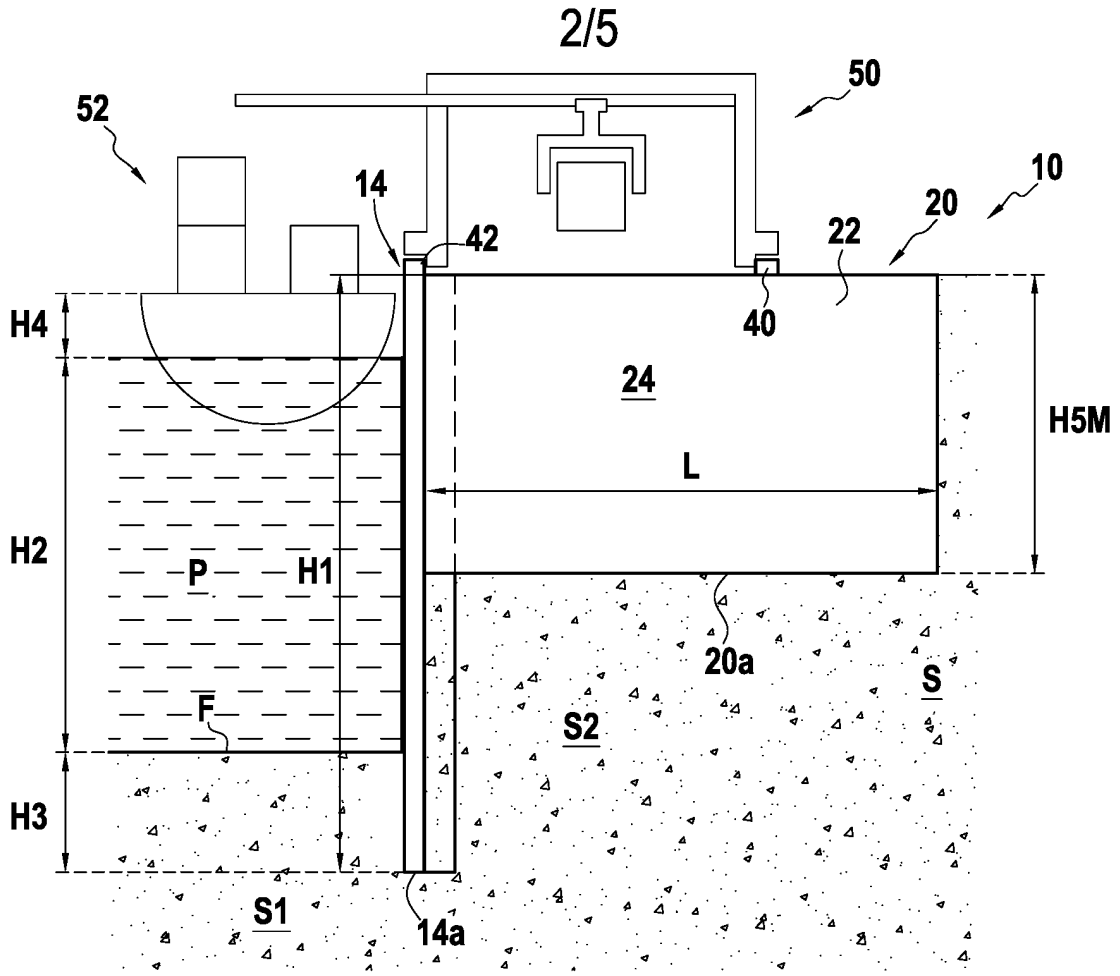


FIG. 2

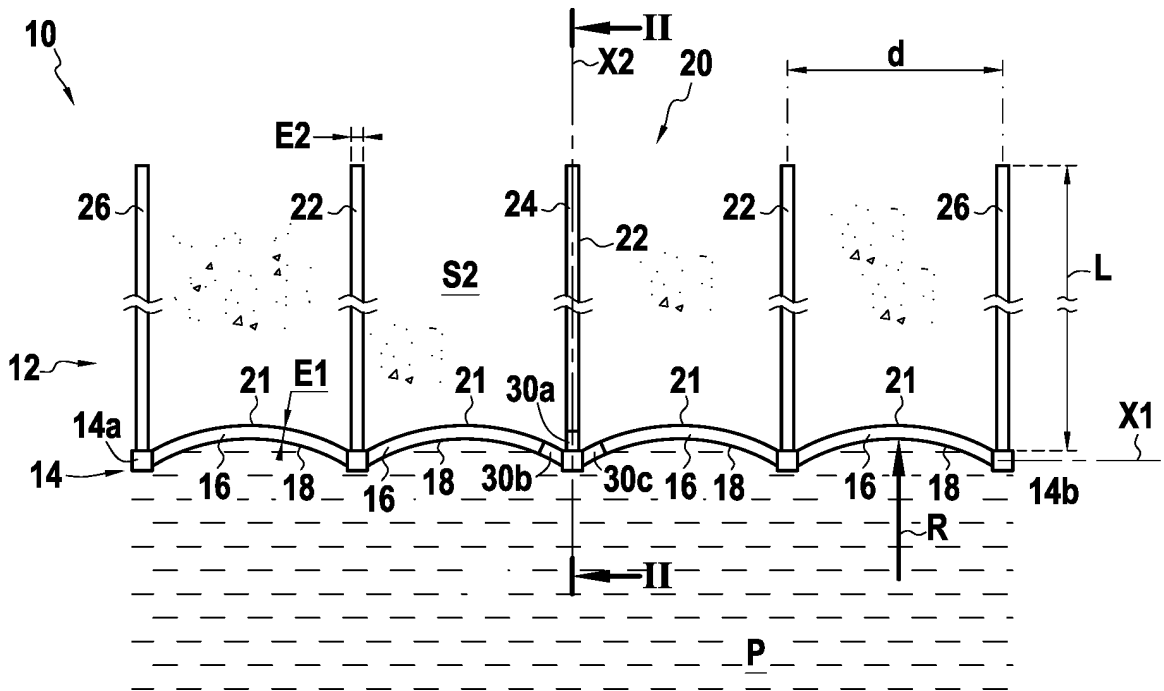


FIG. 3

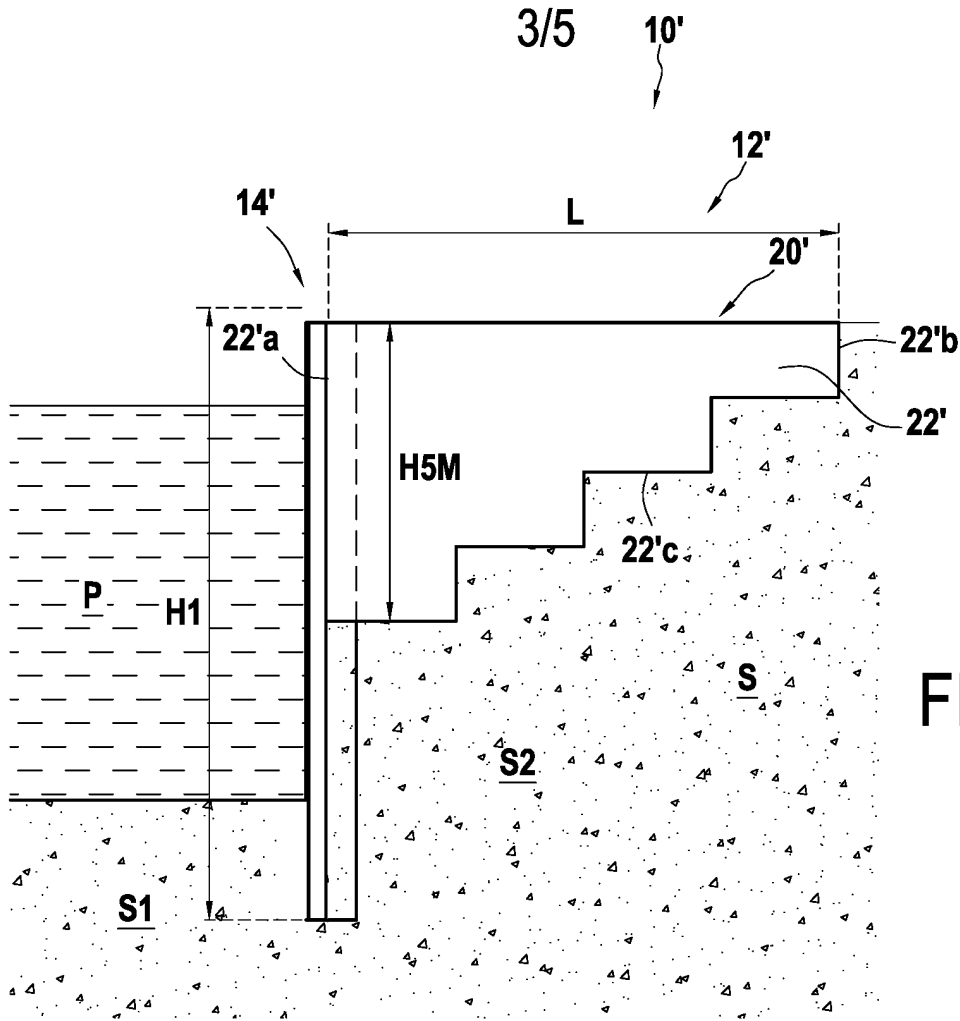


FIG. 4

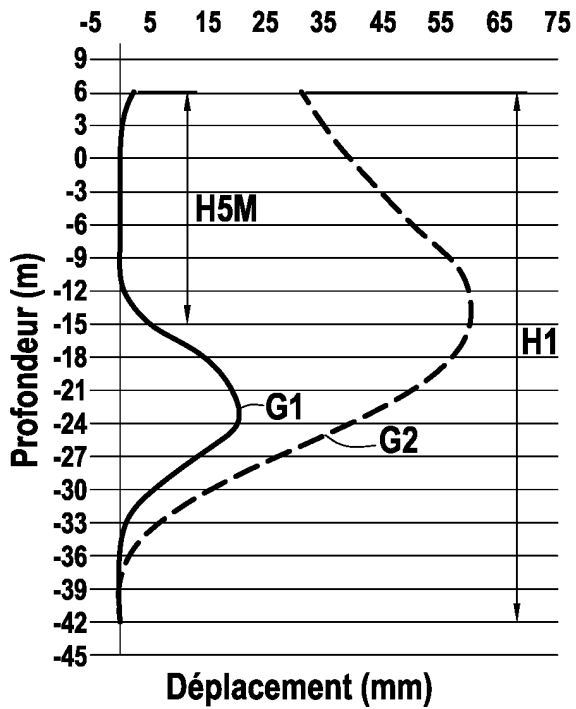


FIG. 5A

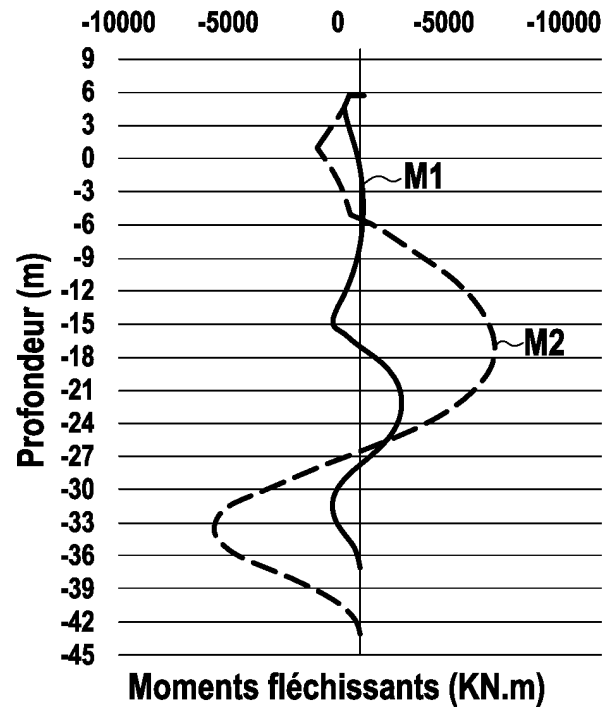


FIG. 5B

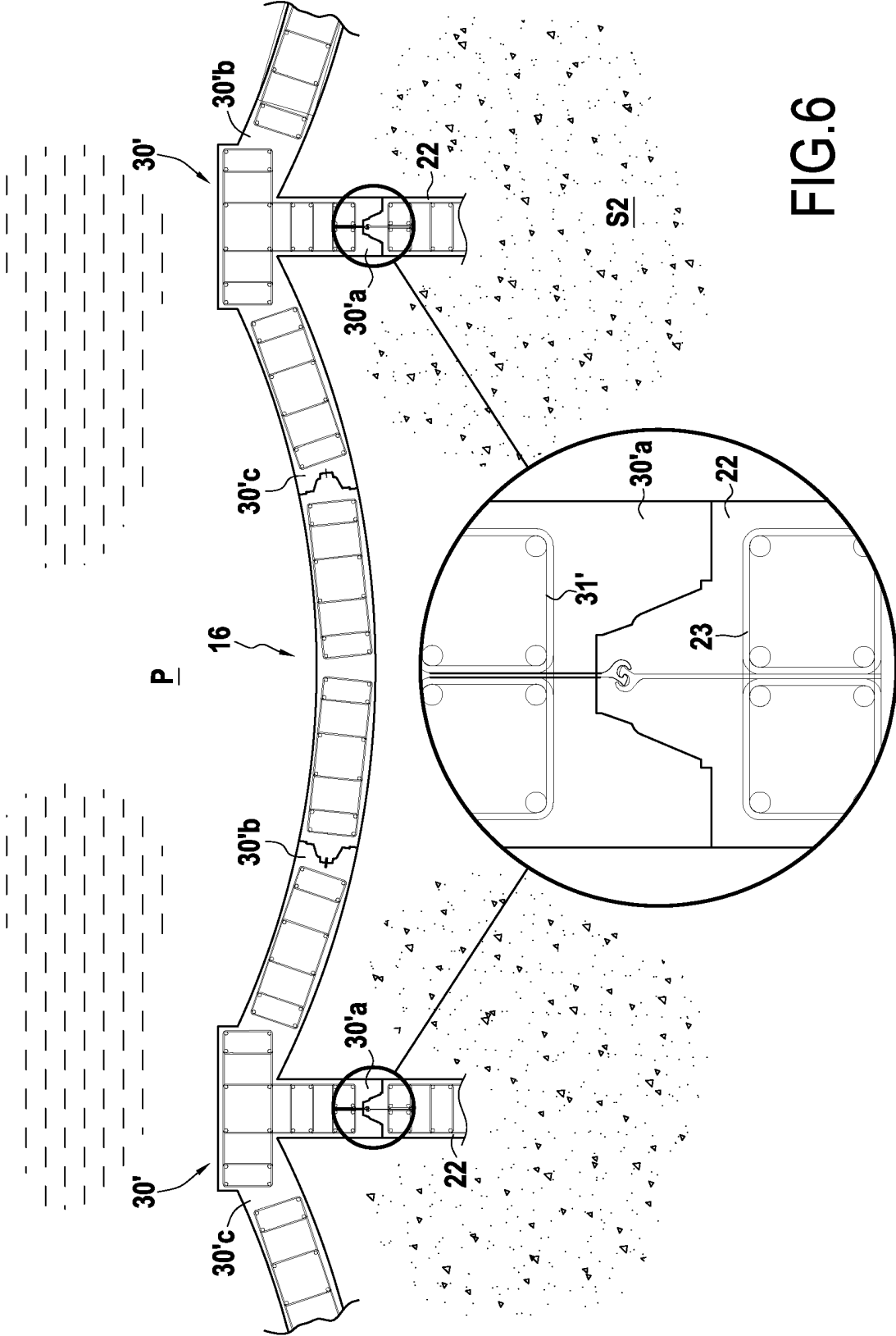


FIG.6

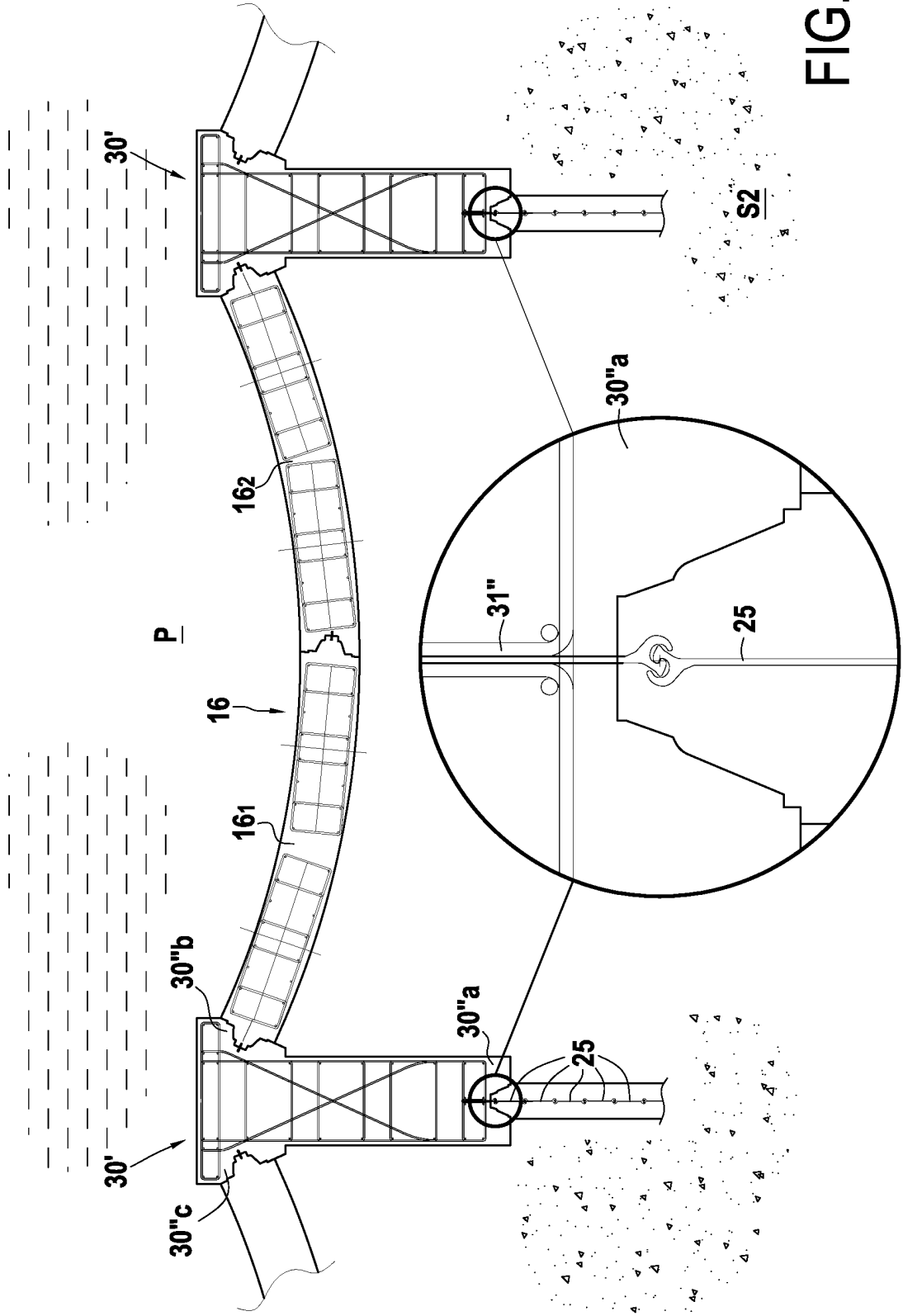


FIG.7



**RAPPORT DE RECHERCHE
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et
complétée par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 42210	Date de dépôt : 05/10/2016 Date d'entrée en phase nationale : 03/04/2018
Déposant : SOLETANCHE FREYSSINET	Date de priorité: 06/10/2015
Intitulé de l'invention : OUVRAGE DE SOUTÈNEMENT	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport <input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité <input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de clarté <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle <input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications dont aucune recherche significative n'a pu être effectuée <input type="checkbox"/> Cadre 7 : Défaut d'unité d'invention	
Examineur: L. BELCAID	Date d'établissement du rapport : 31/07/2018
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	

Partie 1 : Considérations générales

Cadre 1 : base du présent rapport

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description
13 Pages
- Revendications
16
- Planches de dessin
5 Pages

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : E 02D 5/08

Bases de données électroniques consultées au cours de la recherche :

EPOQUE, Orbit

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
A	DE202006021127U ; PILEPRO LLC [US] ; 2012-11-23 <i>Tout le document</i>	1-16
A	FR2976003 ; SOLETANCHE FREYSSINET [FR] ; 2012-12-07 <i>Tout le document</i>	1-16
A	US9657454 ; PERATROVICH NOTTINGHAM & DRAG ; 2002-05-09 <i>Tout le document</i>	1-16

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
-« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs
-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité*Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle*

Nouveauté (N)	Revendications 1-16 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive (AI)	Revendications 1-16 Revendications aucune	Oui Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-16 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : DE202006021127U

1. Nouveauté (N) :

Aucun des documents cités ci-dessus ne divulgue un ouvrage de soutènement comprenant toutes les caractéristiques techniques décrites dans les revendications 1-13. Egalement, aucun des documents de l'état de l'art ne divulgue un quai portuaire comportant au moins ledit ouvrage de soutènement de la revendication 1 tel que décrit dans les revendications 14-16. D'où, l'objet des revendications 1-16 est nouveau conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2. Activité inventive (AI) :

2.1- Le document D1, qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1 divulgue *(les références entre parenthèses s'appliquent au Document D1) :*

Un ouvrage de soutènement (figure 1-3) dans un sol comportant une partie avant (12) s'étendant sensiblement verticalement tout en délimitant une première portion de sol d'une seconde portion de sol, la partie avant (12) se présente sous la forme d'une juxtaposition de parois voûtées s'étendant selon une direction longitudinale qui est verticale.

L'objet de la revendication 1 diffère de D1 en ce que :

- chaque paroi voûtée présente un intrados en regard de la première portion de sol ainsi qu'un extrados en regard de la seconde portion de sol,
- l'ouvrage de soutènement comporte en outre une partie arrière reliée à la partie avant et comprenant une pluralité d'éléments de paroi dont les plus grandes faces s'étendent verticalement dans la seconde portion de sol, chaque élément de paroi étant disposé entre deux parois voûtées adjacentes et étant transversal à la partie avant.

Le problème que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme réaliser un ouvrage de soutènement plus simple et plus rapide et ne nécessitant pas des opérations de terrassement.

La solution proposée dans la revendication 1 de la présente demande implique une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. En effet, la disposition des parois voutées de la partie avant et des éléments de paroi de la partie arrière permet de réaliser la structure de support de manière simple et rapide, sans nécessiter les opérations de terrassement. Cette solution n'est pas divulguée dans aucun des documents de l'art antérieur et l'homme du métier n'a aucune incitation directe à modifier l'ouvrage divulgué dans D1 de la même manière telle que spécifiée dans la présente demande afin d'arriver au même résultat.

2.2- Le même raisonnement s'applique à l'objet de la revendication 14 qui satisfait également aux exigences de l'activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

2.3- Les revendications 2-13 et 15-16 sont dépendantes respectivement des revendications 1 et 14, par conséquent elles sont considérées comme impliquant une activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.