

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① **N° de publication :** **3 056 249**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②① **N° d'enregistrement national :** **16 58903**
⑤① Int Cl⁸ : **E 21 F 17/00 (2017.01)**

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ **DISPOSITIF AUTOMATISE DE PERCAGE D'UN TROU DANS LA VOUTE ET LES MURS
D'UN TUNNEL ET DE MISE EN PLACE D'UN ELEMENT D'ANCRAGE DANS LEDIT TROU.**

②② **Date de dépôt :** 22.09.16.

③③ **Priorité :**

④③ **Date de mise à la disposition du public
de la demande :** 23.03.18 Bulletin 18/12.

④⑤ **Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention :** 12.10.18 Bulletin 18/41.

⑤⑥ **Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :**

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ **Références à d'autres documents nationaux
apparentés :**

○ **Demande(s) d'extension :**

⑦① **Demandeur(s) :** *BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS
Société anonyme — FR.*

⑦② **Inventeur(s) :** FURGE JEROME.

⑦③ **Titulaire(s) :** *BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS
Société anonyme.*

⑦④ **Mandataire(s) :** REGIMBEAU.

FR 3 056 249 - B1



DISPOSITIF AUTOMATISE DE PERCAGE D'UN TROU DANS LA VOÛTE ET LES MURS D'UN TUNNEL ET DE MISE EN PLACE D'UN ELEMENT D'ANCRAGE DANS LEDIT TROU

5

DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention concerne un dispositif automatisé pour percer un trou dans la voûte et les murs d'un tunnel et mettre en place un élément d'ancrage dans ledit trou.

10

ARRIERE PLAN DE L'INVENTION

Lors de la fabrication d'un tunnel, il est nécessaire de fixer des objets, tels que des câbles, des conduits, des éclairages, des panneaux de signalisation, etc., sur la voûte du tunnel, dont la surface est généralement en béton.

15

Un tunnel de plusieurs kilomètres de longueur peut ainsi nécessiter de percer plusieurs dizaines de milliers de trous dans la voûte et les murs.

A cet effet, il est nécessaire de percer un trou dans la paroi du tunnel puis d'y insérer un élément d'ancrage tel qu'une cheville, permettant de fixer l'objet.

A l'heure actuelle, ces opérations sont effectuées par un opérateur.

20

Compte tenu de la hauteur de la voûte (plusieurs mètres), il est nécessaire d'installer un échafaudage pour que l'opérateur puisse être dans une position adaptée par rapport à l'emplacement prévu. L'emplacement du trou est marqué manuellement par exemple à l'aide d'une craie, puis le trou est percé par l'opérateur au moyen d'une perceuse. Ensuite, l'élément d'ancrage est inséré dans le trou.

25

Cette intervention d'un opérateur s'avère peu satisfaisante pour différentes raisons.

D'une part, le perçage de chaque trou et la pose de chaque élément d'ancrage respectif requièrent un temps important.

D'autre part, l'opérateur est exposé à des conditions néfastes pour sa santé, telles qu'une atmosphère chargée de poussières, un environnement bruyant, sans compter les risques associés au travail en hauteur.

30

Un besoin est donc apparu d'automatiser ces opérations afin de minimiser l'intervention d'un opérateur.

Des tentatives d'automatisation du percement de trous dans des tunnels ont déjà été décrites pour des applications différentes.

35

L'article intitulé « The development and testing of a mobile drilling robot » [1] décrit un robot monté sur roues destiné à percer des trous dans le sol d'un tunnel destinés à être équipé d'une voie ferrée. Le robot comprend deux perforateurs permettant de forer deux trous simultanément, ainsi que des moyens pour contrôler la position dans deux directions (dans un plan horizontal formé par le sol) et l'orientation des perforateurs et un

capteur de position par rayon laser rotatif utilisant des réflecteurs de référence. A partir des coordonnées des trous à percer et des réflecteurs, le robot est capable de réaliser un forage de précision à cadence élevée.

5 Toutefois, le perçage de trous dans la voûte d'un tunnel présente une complexité plus importante que dans le sol, et impose notamment de maîtriser la position et l'orientation du robot dans trois directions de l'espace. D'autre part, le document [1] n'adresse pas le problème de la mise en place automatisée d'éléments d'ancrage dans les trous.

10 Le document CN 201714390 [2] décrit quant à lui un robot destiné au creusement de roches en vue du percement d'un tunnel. Ce robot est destiné à percer des trous dans la roche afin d'y placer ensuite un bâton d'explosif pour faire exploser la roche. Ce document n'adresse pas le problème d'un positionnement précis du trou dans la voûte d'un tunnel déjà réalisée, ni celui de la mise en place d'éléments d'ancrage.

15 **BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION**

Un but de l'invention est de concevoir un dispositif automatisé permettant de percer un trou dans la voûte d'un tunnel puis d'insérer un élément d'ancrage dans ledit trou.

20 Conformément à l'invention, il est proposé un dispositif automatisé pour percer un trou dans la voûte et les murs d'un tunnel et mettre en place un élément d'ancrage dans ledit trou, caractérisé en ce qu'il comprend :

- un robot comprenant une base, un bras robotisé s'étendant à partir de la base et une tête multifonction agencée à l'extrémité du bras et mobile à 360 degrés, ladite tête multifonction comprenant un moyen de perçage, un moyen de percussion adapté pour insérer un élément d'ancrage dans le trou, et un système de vision,

25 - une plateforme élévatrice portant un dispositif de guidage en translation de la base du robot,

- une unité de contrôle adaptée pour communiquer avec un contrôleur du robot et comprenant un processeur configuré pour déterminer en temps réel la position du robot dans un référentiel tridimensionnel du tunnel et une interface homme machine.

30 Ce dispositif présente les avantages suivants.

D'une part, en termes de sécurité, le dispositif réduit le risque de chutes puisque la présence d'un opérateur en hauteur est minimisée. Seules les éventuelles zones non accessibles au bras robotisé nécessitent une intervention d'un opérateur.

35 D'autre part, ce dispositif évite d'exposer un opérateur aux conditions de poussière et de bruit qui seraient néfastes à sa santé.

Le robot procure en outre une amélioration de la précision et de la répétabilité du forage des trous.

Enfin, ce dispositif procure un important progrès en termes de productivité, le dispositif étant apte à travailler pendant plusieurs heures à haute cadence.

Selon d'autres aspects de l'invention :

5 - le robot comprend un capteur apte à détecter un contact entre l'extrémité d'un outil monté sur le moyen de perçage et la paroi du tunnel ;

- l'unité de contrôle est configurée pour recevoir un programme de perçage de trous et de mise en place d'éléments d'ancrage dans lesdits trous et le contrôleur du robot est configuré pour amener la tête multifonction en regard de la position prévue pour chaque trou ;

10 - l'interface homme machine est configurée pour permettre à un opérateur de modifier la position et/ou la direction de perçage d'un trou prévu dans ledit programme ;

- l'unité de contrôle est configurée pour enregistrer des données sur des trous percés et/ou des éléments d'ancrage mis en place par le robot ;

15 - l'unité de contrôle est configurée pour déterminer une hauteur optimale de la plateforme ;

- la plateforme est pourvue d'au moins trois prismes agencés de sorte à pouvoir être détectés par un théodolite présent dans le tunnel ;

- la tête multifonction comprend un moyen d'aspiration des poussières générées pendant le perçage de chaque trou.

20 Un autre objet concerne un procédé automatisé pour percer un trou dans la voûte et les murs d'un tunnel et mettre en place un élément d'ancrage dans ledit trou, caractérisé en ce qu'il comprend :

- la fourniture d'un dispositif tel que décrit ci-dessus,

- la mise en place de la plateforme dans une première position,

25 - la détermination de ladite première position par rapport à un référentiel tridimensionnel du tunnel,

- la détermination de la position du robot dans ledit référentiel,

- la mise en place de la tête multifonction du robot en regard d'un premier trou à percer, dont la position est connue dans ledit référentiel,

30 - le perçage dudit premier trou,

- la mise en place d'un élément d'ancrage dans ledit premier trou.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

35 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description détaillée qui va suivre, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue d'ensemble du dispositif selon un mode de réalisation de l'invention, porté sur un camion adapté pour déplacer le dispositif dans le tunnel,

- la figure 2 est une vue d'ensemble du dispositif de la figure 1, dans une configuration d'utilisation,

- les figures 3 et 4 sont des vues en perspective du dispositif de la figure 2, selon d'autres point de vue,

5 - la figure 5 est une vue en perspective d'une tête multifonction agencée à l'extrémité du bras robotisé.

Des éléments identifiés par un même signe de référence d'une figure à l'autre sont identiques ou tout au moins remplissent la même fonction.

10 DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

D'une manière générale, le dispositif selon l'invention comprend un robot présentant une base, un bras robotisé articulé à six degrés de liberté s'étendant à partir de la base, et une tête multifonction agencée à l'extrémité du bras et mobile à 360 degrés. La base est montée sur un dispositif de guidage en translation, lui-même fixé sur une plateforme
15 élévatrice dont la hauteur est ajustable pour permettre à la tête multifonction d'atteindre l'emplacement prévu sur la voûte ou les murs du tunnel.

Les figures 1A à 1C illustrent différentes modalités non limitatives de transport du dispositif dans le tunnel.

En référence à la figure 1A, la plateforme 1 est embarquée sur le plateau d'un
20 camion. Le robot est désigné par le repère 3, le dispositif de guidage en translation n'étant pas représenté sur les figures 1A à 1C. Le camion est pourvu de stabilisateurs (non représentés) assurant la stabilité du dispositif lorsque le robot est en fonctionnement.

Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 1B, la plateforme 1 est autonome, c'est-à-dire qu'elle est munie de pieds 10' sur lesquels elle peut être posée de manière
25 stable sur le sol. Elle peut être déplacée au moyen d'un chariot élévateur 3'.

En référence à la figure 1C, la plateforme 1 est embarquée sur la remorque 3'' d'un camion 3, ladite remorque étant pourvue de stabilisateurs (non représentés).

Quel que soit le moyen de transport utilisé, il s'agit d'un moyen standard
30 usuellement employé sur un chantier, qui peut être utilisé sans nécessiter d'adaptation spécifique pour la mise en œuvre de l'invention.

La figure 2 présente une vue d'ensemble du dispositif de perçage selon un mode de réalisation dans lequel la plateforme est embarquée sur la remorque ou le plateau d'un camion.

La plateforme 1 s'étend dans un plan horizontal, c'est-à-dire parallèle au sol du
35 tunnel.

La plateforme 1 est munie de quatre pieds télescopiques de levage 10 qui, comme on le verra plus bas, permettent de s'affranchir de stabilisateurs pour la remorque. De

manière alternative, et comme schématisé sur la figure 1C, la plateforme pourrait être constituée d'une table à ciseaux.

La plateforme 1 présente une forme généralement parallélépipédique, les pieds 10 étant positionnés sur les deux longs côtés, de préférence au voisinage des coins pour assurer une stabilité maximale.

Le dispositif comprend par ailleurs un dispositif 2 de guidage en translation du bras robotisé, qui est agencé sur la plateforme 1. De manière avantageuse, la direction de translation est parallèle aux deux longs côtés de la plateforme, afin d'offrir une plage de déplacement du robot la plus grande possible. Ladite plage est typiquement de l'ordre de la longueur de la plateforme, qui est généralement de l'ordre de plusieurs mètres.

Pour la mise en place du dispositif dans le tunnel, la plateforme est portée sur la remorque ou le plateau d'un camion, les pieds 10 ne touchant pas le sol. Le camion permet donc de déplacer la plateforme dans le tunnel pour la positionner à un emplacement à partir duquel une série de trous doit être percée dans la voûte ou les murs. En déplaçant successivement le camion d'une distance de l'ordre de la longueur de la plateforme, on peut ainsi percer au fur et à mesure l'ensemble des trous prévus dans la voûte et les murs du tunnel.

De manière avantageuse, la largeur de la plateforme et du camion est inférieure ou égale à la moitié de la largeur du tunnel, de sorte à permettre le forage des trous sur une moitié de la voûte, la plateforme occupant au plus une moitié de la voie, tout en permettant le passage de véhicules de chantier et/ou de personnel sur l'autre moitié de la voie. Dans le cas de tunnel plus étroit (une voie de trafic), le robot pourra effectuer les forages sur l'ensemble de la voûte mais le passage de véhicules de chantier ne sera plus possible.

Lors du fonctionnement du dispositif, une fois que la plateforme a été positionnée à l'emplacement souhaité, les quatre pieds sont déployés de sorte à reposer sur le sol de manière stable.

Par ailleurs, le déploiement des pieds télescopiques 10 permet de lever la plateforme à une hauteur adaptée pour permettre au dispositif d'atteindre la voûte V pour y percer les trous prévus.

De manière avantageuse, le camion tracté, derrière la remorque ou le plateau qui supporte la plateforme 1, une deuxième remorque 4 qui porte un générateur adapté pour alimenter le robot en énergie, ainsi qu'une unité de contrôle configurée pour piloter les déplacements du robot par rapport à la plateforme en communiquant avec un contrôleur du robot. Naturellement, cette forme d'exécution n'est pas limitative et le générateur et l'unité de contrôle pourraient être situés à d'autres emplacements.

Les figures 3 et 4 présentent des vues en perspective du dispositif de la figure 2 dans d'autres configurations de fonctionnement.

La figure 5 illustre un mode de réalisation de la tête multifonction 52.

Ladite tête multifonction 52 comprend un moyen 520 de perçage et un moyen 521 d'insertion d'un élément d'ancrage tel qu'une cheville.

5 Le moyen de perçage est adapté pour entraîner un foret en rotation, ledit foret présentant des caractéristiques adaptées au matériau de la voûte à percer. Le moyen de perçage est configuré pour s'adapter à différents outils, choisis selon le diamètre du trou à percer ou selon la nature du revêtement du tunnel.

10 Le moyen d'insertion comprend un magasin de stockage des éléments d'ancrage, une pointe sur laquelle peut être enfilé un élément d'ancrage, et un système à percussion permettant d'enfoncer l'élément d'ancrage une fois que celui-ci a été mis en regard du trou.

De manière particulièrement avantageuse, le dispositif comprend en outre un moyen (non représenté) d'aspiration des poussières générées lors du perçage, ce qui contribue à assainir l'atmosphère ambiante.

15 Le dispositif comprend également un moyen de soufflage d'air comprimé dans le trou percé, afin d'évacuer les éventuels résidus qui empêcheraient une bonne insertion de l'élément d'ancrage. De manière avantageuse, le moyen d'aspiration est actionné pendant l'utilisation du moyen de soufflage.

20 De préférence, la tête multifonction est agencée en pivotement par rapport à l'extrémité du bras robotisé, le moyen de perçage et le moyen d'insertion étant agencés à la même distance de l'axe de pivotement de la tête, de sorte que le bras robotisé puisse être maintenu immobile pendant toute la séquence de perçage, d'aspiration et d'insertion de l'élément d'ancrage, seule la tête pivotant pour amener successivement en regard du trou les moyens nécessaires.

25 De manière particulièrement avantageuse, la tête comprend en outre un moyen de vision 522, par exemple un télémètre, configuré pour détecter la présence d'obstacles empêchant le perçage du trou, ou encore de joints d'étanchéité qui ne doivent pas être percés.

30 Par ailleurs, le robot est avantageusement équipé d'au moins un capteur capable de détecter un contact entre l'extrémité de l'outil de perçage et la paroi du tunnel. Ceci permet de maîtriser l'emplacement et la profondeur du trou percé, et éventuellement de surveiller l'effort appliqué sur l'outil pendant le perçage.

L'unité de contrôle du dispositif comprend un processeur configuré pour déterminer en temps réel la position du robot dans un référentiel tridimensionnel du tunnel.

35 L'unité de contrôle comprend en outre une interface homme machine.

Ladite unité de contrôle peut être embarquée sur la plateforme, sur la seconde remorque du camion, ou à tout autre emplacement approprié.

Pour permettre la localisation du dispositif, on utilise un théodolite qui est un appareil habituellement utilisé sur les chantiers de tunnels pour mesurer des distances entre le théodolite, qui comprend d'un laser, et des objets porteurs d'un prisme. Lors d'une visée du prisme par le laser, le prisme sépare le faisceau incident en un faisceau dévié et un
5 faisceau réfléchi parallèle au faisceau incident. De manière connue en elle-même, la comparaison du faisceau incident et du faisceau réfléchi permet de déterminer les coordonnées du centre du prisme.

Pour mettre en œuvre une telle localisation, la plateforme est pourvue d'au moins trois prismes (ou tout autre moyen permettant de réfléchir le faisceau incident vers le
10 théodolite), agencés chacun à un emplacement connu de la plateforme.

Le théodolite, qui ne fait pas partie de la présente invention, est fixé dans le tunnel.

Une visée des prismes de la plateforme et de prismes fixés à la paroi du tunnel permet de déterminer précisément la position de la plateforme par rapport au tunnel et donc par rapport à l'emplacement des trous à percer.

15 Plus précisément, dans une première étape, le théodolite effectue une rotation de 360° pour calculer la position des différents prismes positionnés à des emplacements connus sur les parois du tunnel et en déduit sa propre position. Le théodolite étant fixe dans le tunnel, cette détermination ne nécessite pas d'être réitérée à chaque nouvelle localisation de la plateforme.

20 Ensuite, le théodolite vise, selon un angle donné, les trois prismes situés sur la plateforme. Cette mesure permet de déterminer les coordonnées dans l'espace de chacun de ces prismes. A partir de ces coordonnées, la position et l'inclinaison de la plateforme par rapport au tunnel sont déterminées précisément. Ces données sont communiquées au processeur de l'unité de contrôle par tout moyen approprié.

25 La position de la base du robot se déduit de la position de la plateforme et de la position de la base par rapport à la plateforme, qui est connue. Par exemple, au début de chaque cycle, le dispositif de guidage en translation auquel est attachée la base du robot peut être dans une position de référence connue par rapport à la plateforme. Par ailleurs, au cours du fonctionnement du robot, la position des différents actionneurs permettant de
30 déplacer le bras est également connue, de sorte que la position de la tête multifonction peut être déterminée en temps réel par le processeur de l'unité de contrôle.

L'interface homme machine permet de charger un programme de pose préenregistré, ou de fournir des commandes spécifiques entrées par un opérateur.

35 Les données chargées et modifiables comprennent : le type de trou (qui inclut le diamètre, la profondeur, la direction de perçage, le type d'élément d'ancrage destiné à être inséré dans le trou le cas échéant, le nombre maximal de trous pouvant être percés avec un même outil), la position du trou (qui peut être définie par des coordonnées tridimensionnelles (x, y, z) ou par une position longitudinale d'une section du tunnel et par

deux coordonnées (x, z) dans ladite section), le fait que le trou appartienne à un ensemble de trous destinés à fixer un même équipement (une trajectoire spécifique pouvant être imposée pour garantir la précision de la position des différents trous les uns par rapport aux autres).

5 Le programme de pose peut être défini au moyen d'un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) à l'aide duquel on indique, sur un modèle tridimensionnel de la paroi du tunnel, la position de chaque trou, le type de trou et le type d'élément d'ancrage à mettre en place le cas échéant dans ledit trou.

10 De manière avantageuse, la saisie de commandes spécifiques peut être réalisée au moyen d'un logiciel de type tableur.

Par exemple, l'opérateur peut sélectionner à partir de l'interface homme machine le type de trous à percer en activant ou en désactivant chacun des différents types de trous configurés. L'opérateur peut également exclure certains trous du programme à exécuter.

15 Par ailleurs, le robot peut enregistrer au fur et à mesure de l'exécution des informations sur chaque trou percé et sur chaque élément d'ancrage installé. Ces informations peuvent ensuite être affichées sur l'interface homme machine, et un rapport d'exécution peut être enregistré dans une mémoire de l'unité de contrôle, envoyé à une unité distante ou imprimé.

D'autre part, le robot peut avoir différents modes de fonctionnement.

20 Dans un mode automatique, le robot perce l'ensemble des trous programmés et installe l'ensemble des éléments d'ancrage prévus, sans intervention de l'opérateur.

25 Dans un mode semi-automatique, le robot positionne l'outil au contact de la paroi du tunnel à l'emplacement prévu pour un trou, et attend une confirmation de l'opérateur pour procéder au perçage. Eventuellement, l'opérateur peut ajuster la position et/ou la direction de perçage par l'intermédiaire de l'interface homme machine.

30 Enfin, dans un mode de test, le robot positionne l'outil au contact de la paroi du tunnel à l'emplacement prévu pour un trou, et attend une confirmation de l'opérateur comme dans le mode semi-automatique ; cependant, dans ce cas, il ne perce pas le trou mais positionne l'outil à l'emplacement du trou suivant. Cela permet à l'opérateur de jouer à l'avance le programme de perçage pour vérifier les positions des trous et/ou la trajectoire du robot.

Un cycle de fonctionnement du dispositif comprend typiquement les étapes suivantes.

35 Dans un premier temps, la plateforme est amenée jusqu'à l'emplacement souhaité, par le camion ou tout autre moyen permettant de transporter la plateforme. Le camion est conduit par un opérateur.

Les pieds télescopiques de la plateforme sont alors déployés pour prendre appui de manière stable sur le sol. L'actionnement des pieds peut être commandé par un opérateur.

5 Un opérateur apporte si nécessaire à proximité de la base du robot un ensemble d'outils de perçage et/ou d'insertion des éléments d'ancrage. Le robot est capable de venir remplacer un outil de la tête multifonction par un outil dudit ensemble, par exemple en cas d'usure d'un outil en place, ou pour utiliser un outil de taille ou de caractéristiques différentes.

10 Pour des raisons de sécurité, aucun opérateur n'est présent sur la plateforme lors du fonctionnement du dispositif, sauf si la plateforme comprend une zone sécurisée à cet effet.

15 La plateforme est alors localisée dans le tunnel, au moyen du théodolite et des prismes présents sur la plateforme, comme indiqué précédemment. La position de la base du robot se déduit de la position de la plateforme et de la position de la base par rapport à la plateforme, qui est connue. Par exemple, au début de chaque cycle, le dispositif de guidage en translation auquel est attachée la base du robot peut être dans une position de référence connue par rapport à la plateforme. Par ailleurs, au cours du fonctionnement du robot, la position des différents actionneurs permettant de déplacer le bras est également connue, de sorte que la position de la tête multifonction peut être déterminée en temps réel par l'unité de contrôle.

20 Le système de vision est alors utilisé pour détecter la présence éventuelle de zones dans lesquelles aucun perçage ne doit être effectué. Le signal enregistré par le système de vision est transmis à l'unité de contrôle qui en déduit des zones à éviter par le dispositif de perçage.

25 Ensuite, le dispositif débute le programme de perçage des trous et de pose des éléments d'ancrage.

30 Ce programme débute par le perçage d'un trou puis le soufflage d'air dans ledit trou pour évacuer les éventuels résidus. En général, le trou est sensiblement perpendiculaire à la paroi du tunnel, bien qu'il soit possible de commander le perçage d'un trou incliné par rapport à cette direction. Enfin, le moyen d'insertion met en place l'élément d'ancrage dans le trou.

Une fois qu'un élément d'ancrage a été introduit dans un trou, le bras robotisé se déplace de sorte à positionner le moyen de perçage en regard d'un nouveau trou à percer.

35 Eventuellement, le robot procède à un changement d'outil si le diamètre du trou suivant diffère du précédent. Ce changement peut être effectué sans l'intervention d'un opérateur, le bras étant capable d'accéder à l'ensemble d'outils préalablement placé à

proximité de sa base et de remplacer automatiquement l'outil dont il est équipé par un autre.

Pendant le programme de perçage des trous et de pose des éléments d'ancrage, la plateforme peut éventuellement être levée ou baissée. L'unité de contrôle calcule automatiquement une hauteur de la plateforme adaptée en fonction de l'emplacement du trou à percer et à équiper d'un élément d'ancrage.

A chaque fois que la plateforme est déplacée, une nouvelle localisation au moyen des prismes et du théodolite est nécessaire pour déterminer l'emplacement du robot.

Une fois que l'ensemble des éléments d'ancrage ont été insérés dans les trous accessibles au bras robotisé, les pieds de la plateforme sont rétractés pour permettre de déplacer la plateforme jusqu'à l'emplacement suivant. Pendant ce transport, le bras robotisé est avantageusement maintenu rigidement dans une position de repos, pour éviter toute mise en mouvement intempestive du bras et éviter tout endommagement qui en résulterait. Ce déplacement peut être de l'ordre de quelques mètres. Compte tenu du fait que le bras robotisé peut agir dans une zone s'étendant au-delà de la plateforme dans la direction longitudinale, deux positions successives de la plateforme peuvent être distantes de quelques mètres, afin de minimiser le nombre de déplacements et de mises en place de la plateforme.

La séquence décrite ci-dessus est alors répétée, jusqu'à ce que l'ensemble des trous aient été percés et équipés d'un élément d'ancrage.

Grâce au robot, on peut atteindre une précision de l'ordre de 20 mm sur la position du centre d'un trou par rapport à la position programmée, cette précision pouvant être réduite à environ 3 mm lorsque le trou fait partie d'un ensemble de trous destinés à supporter un même équipement.

Enfin, il va de soi que les exemples que l'on vient de donner ne sont que des illustrations particulières en aucun cas limitatives quant aux domaines d'application de l'invention. En particulier, bien que l'invention ait été décrite en lien avec la mise en place d'éléments d'ancrage dans la voûte d'un tunnel, elle pourrait également être utilisée pour d'autres types d'ouvrages nécessitant le perçage de trous et la mise en place d'éléments d'ancrage à grande cadence et à des emplacements difficilement accessibles à des opérateurs.

REFERENCES

[1] The development and testing of a mobile drilling robot, Ruud P.W.J. Kloek, Jan Bos, Ruud M.S. v.d. Marck, Automation and Robotics in Construction XI, D.A. Chamberlain (Editor), © 1994 Elsevier Science B.V.

[2] CN 201714390

REVENDICATIONS

1. Dispositif automatisé pour percer un trou dans la voûte et les murs d'un tunnel et mettre en place un élément d'ancrage dans ledit trou, caractérisé en ce qu'il
5 comprend :

- un robot (5) comprenant une base (50), un bras robotisé (51) s'étendant à partir de la base et une tête multifonction (52) agencée à l'extrémité du bras et mobile à 360 degrés, ladite tête multifonction comprenant un moyen de perçage (520), un moyen de percussion (521) adapté pour insérer un élément d'ancrage dans le trou, et un système
10 de vision (522),

- une plateforme élévatrice (1) portant un dispositif (2) de guidage en translation de la base du robot,

- une unité de contrôle adaptée pour communiquer avec un contrôleur du robot et comprenant un processeur configuré pour déterminer en temps réel la position du robot
15 dans un référentiel tridimensionnel du tunnel et une interface homme machine.

2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel le robot comprend un capteur apte à détecter un contact entre l'extrémité d'un outil monté sur le moyen de perçage et la paroi du tunnel.
20

3. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 2, dans lequel l'unité de contrôle est configurée pour recevoir un programme de perçage de trous et de mise en place d'éléments d'ancrage dans lesdits trous et le contrôleur du robot est configuré pour amener la tête multifonction en regard de la position prévue pour chaque trou.
25

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel l'interface homme machine est configurée pour permettre à un opérateur de modifier la position et/ou la direction de perçage d'un trou prévu dans ledit programme.

5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel l'unité de contrôle est configurée pour enregistrer des données sur des trous percés et/ou des éléments d'ancrage mis en place par le robot.
30

6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel l'unité de contrôle
35 est configurée pour déterminer une hauteur optimale de la plateforme.

7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel la plateforme est pourvue d'au moins trois prismes agencés de sorte à pouvoir être détectés par un théodolite présent dans le tunnel.

5 8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel la tête multifonction comprend un moyen d'aspiration des poussières générées pendant le perçage de chaque trou.

10 9. Procédé automatisé pour percer un trou dans la voûte et les murs d'un tunnel et mettre en place un élément d'ancrage dans ledit trou, caractérisé en ce qu'il comprend :

- la fourniture d'un dispositif selon l'une des revendications 1 à 8,
 - la mise en place de la plateforme dans une première position,
 - la détermination de ladite première position par rapport à un référentiel
- 15 tridimensionnel du tunnel,
- la détermination de la position du robot dans ledit référentiel,
 - la mise en place de la tête multifonction du robot en regard d'un premier trou à percer, dont la position est connue dans ledit référentiel,
- le perçage dudit premier trou,
- 20 - la mise en place d'un élément d'ancrage dans ledit premier trou.

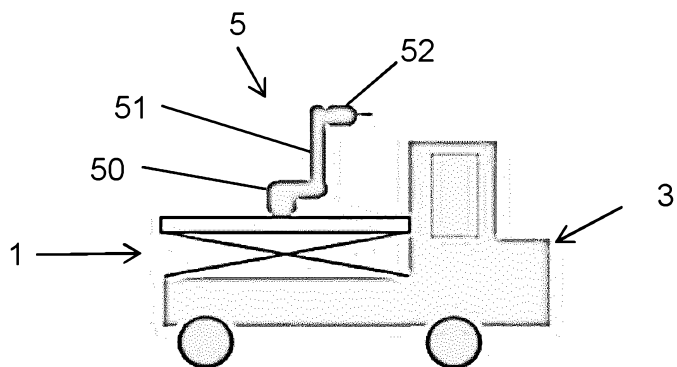


FIGURE 1A

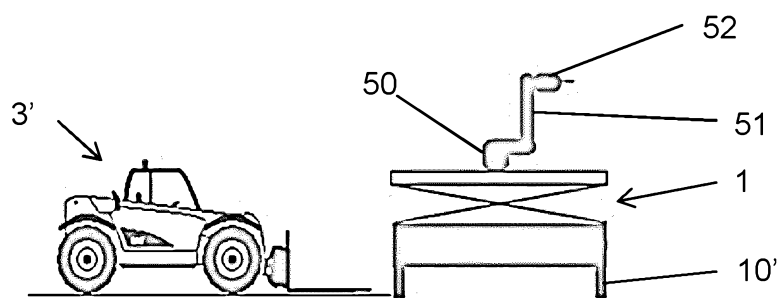


FIGURE 1B

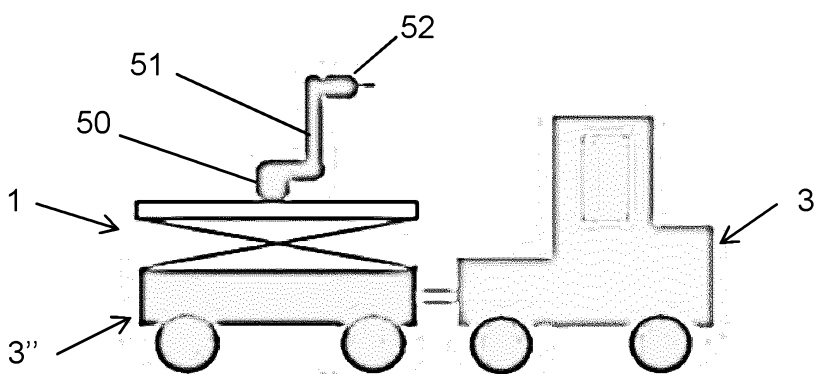


FIGURE 1C

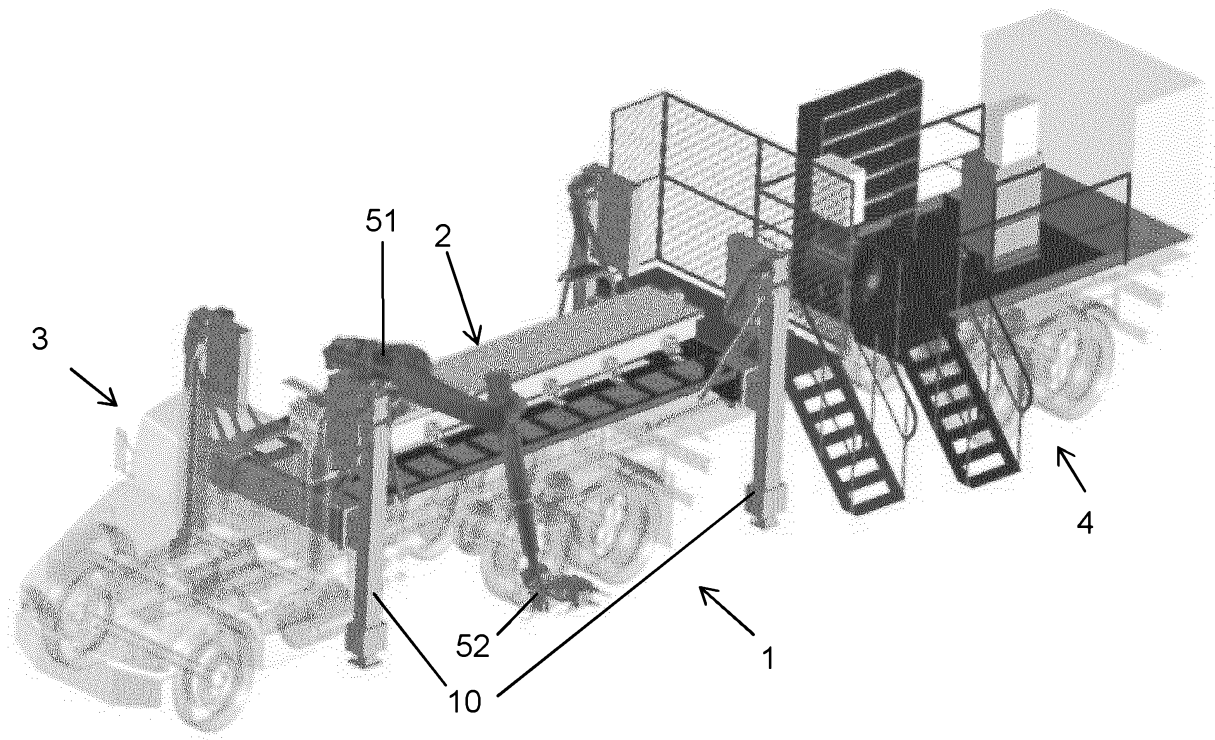


FIGURE 2

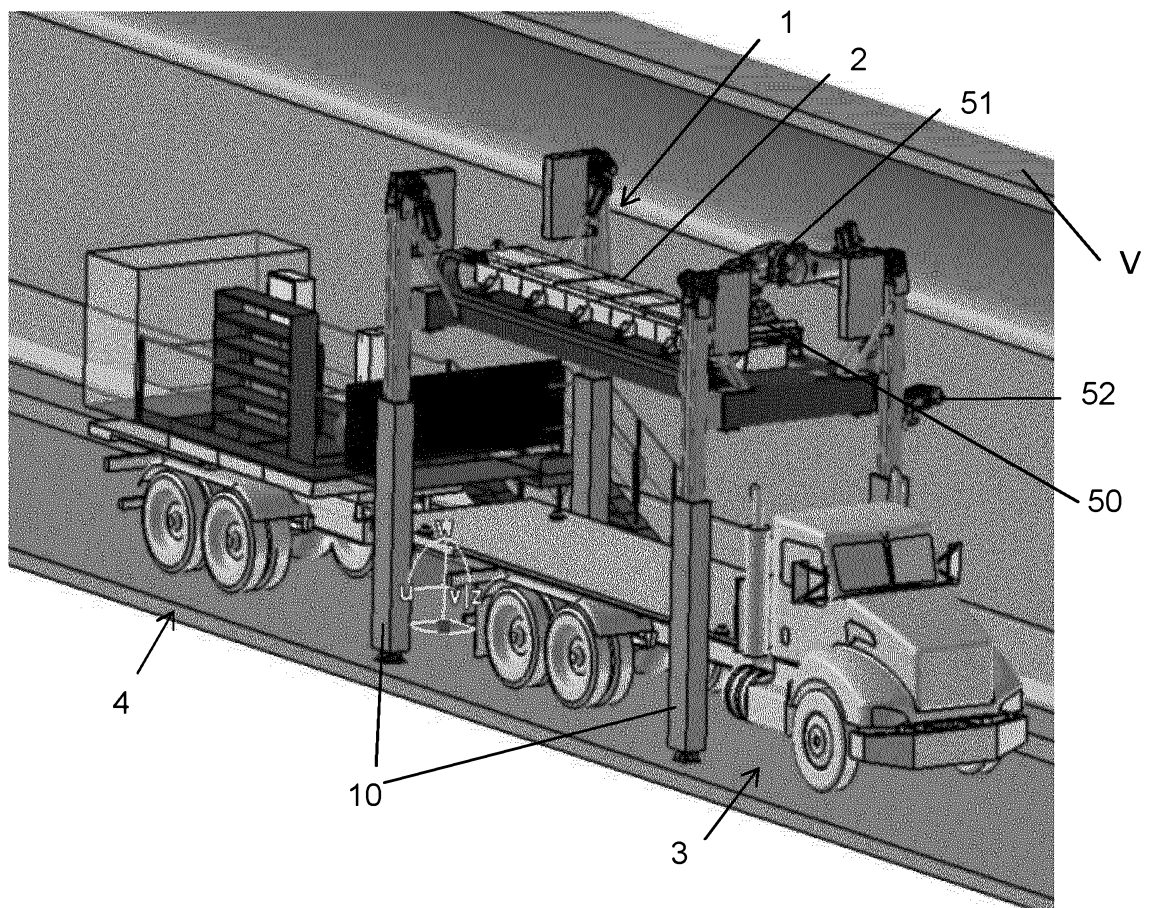


FIGURE 3

3 / 4

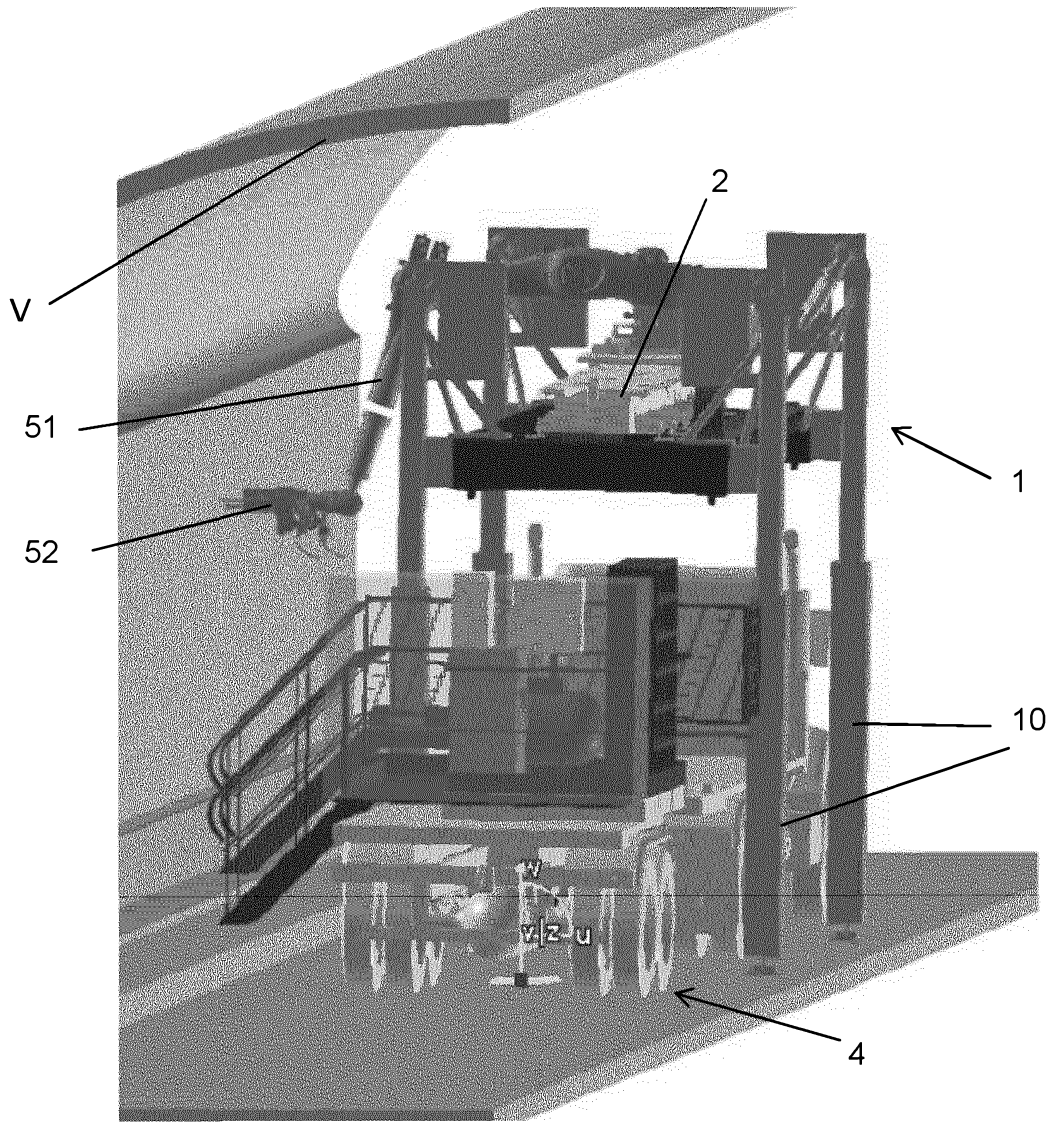


FIGURE 4

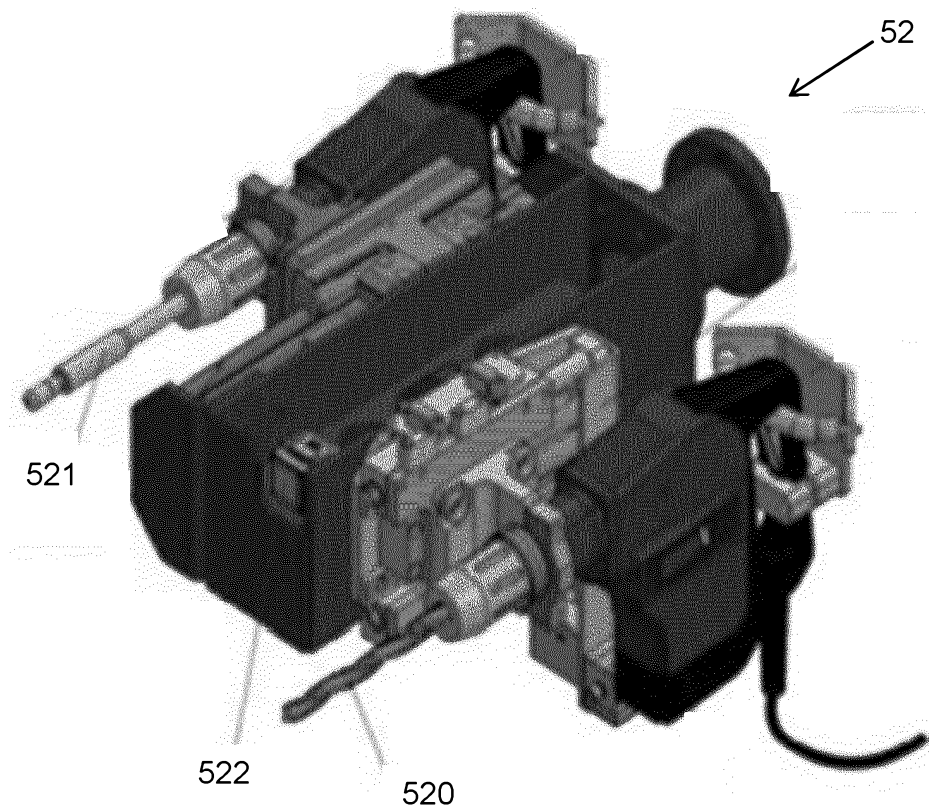


FIGURE 5

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- Le demandeur a maintenu les revendications.
- Le demandeur a modifié les revendications.
- Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

WO 2009/136841 A1 (ATLAS COPCO ROCK DRILLS AB [SE]; NYSTROEM SVEN-OLOV [SE])
12 novembre 2009 (2009-11-12)

DE 33 28 582 A1 (SIEMENS AG [DE])
29 mars 1984 (1984-03-29)

WO 2008/010757 A1 (ATLAS COPCO ROCK DRILLS AB [SE]; GUSTAVSSON HANS [SE])
24 janvier 2008 (2008-01-24)

FR 2 958 573 A1 (RISE BA [FR])
14 octobre 2011 (2011-10-14)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT