

Caveatron Manuel Utilisateur

Version Software : 2.20

Révision : 2021-04-29



Sommaire

Introduction	3
Faire connaissance avec le Caveatron	4
Fonctions et interface graphique	5
Utiliser le Caveatron	7
Menu Principal	13
Mode "Shot" (Visées)	14
Mode "Passage" (Galerie)	17
Mode "Room" (Salle)	21
Mode Manuel	24
Menu Topographie	24
Transfert de fichiers vers un ordinateur	28
Réglages	30
Étalonnage (« Calibration »)	32
Menu des Utilitaires	34
Principes théoriques de fonctionnement	36

Encarts

Définitions	3
Usage du clavier	7
Indications Sonores	8
Utiliser la Carte Réfléchissante)
Systèmes d'exploitation supportés28	8
Types de fichiers	9
Systèmes d'exploitation supportés	8 9

Développeur Caveatron : Joe Mitchell

Site Web : www.caveatron.com

Email : info@caveatron.com

Google Groupe Forum: https://groups.google.com/forum/#!forum/caveatron-discuss Software et Infos Techniques sur Github : https://github.com/Caveatron

Photo de couverture par Bennett Lee, traduction française par SOUTERWEB 2025

Introduction

Le Caveatron est un appareil électronique portable tout-en-un pour la topographie et la cartographie 3D des grottes ou autres environnements souterrains. Il s'agit d'un système autonome et convivial pour les spéléologues, qui permet d'enregistrer toutes les mesures de station à station, de cartographier la grotte par balayage de nuages de points en 3D grâce à son LIDAR intégré, de saisir des informations telles que les noms des stations et d'examiner les données vectorielles et les données de balayage. Le Caveatron est conçu pour être extrêmement léger et compact, avec un boîtier étanche qui contient une batterie rechargeable, une mémoire de données et un port USB standard pour la recharge et le téléchargement des données. Au retour de la séance topographique, les données sont téléchargées sur un ordinateur pour examen et post-traitement avec le logiciel Caveatron Process, qui génère des nuages de points 3D pouvant être transformés en modèles solides maillés pour la visualisation ou l'impression 3D.



DÉFINITIONS

<u>Visée</u> : Mesure vectorielle entre deux stations, composée d'une distance, d'un azimut et d'une pente.

<u>**Traversée</u>** : Balayage LIDAR effectué en déplaçant le Caveatron le long d'une galerie ou à travers une zone en direction d'une station.</u>

<u>Splay (scan de positionnement)</u> : Balayage LIDAR effectué à partir d'une position fixe tout en faisant pivoter le Caveatron.

<u>Station FROM</u> : La station à partir de laquelle vous commencez une visée, où vous tenez le Caveatron.

<u>Station *TO*</u> : La station que vous pointez en mode visées, galerie ou salle. C'est l'endroit où se trouve la carte réfléchissante.

Faire connaissance avec le Caveatron

PRÉSENTATION EXTÉRIEURE

<u>Écran tactile</u> - Toutes les interactions avec le Caveatron se font par l'intermédiaire de l'écran tactile. Celui-ci est encastré et recouvert d'une protection d'écran afin de réduire les risques de dommages. L'écran n'est pas résistant aux chocs importants, il faut donc le traiter avec précaution. L'écran est moins sensible au toucher que la plupart des écrans de type smartphone et nécessite donc une pression plus forte pour être activé. Il est préférable d'utiliser le bout des doigts et/ou les ongles. Il peut être utilisé avec des gants.

Bouton d'alimentation - Il s'agit d'un bouton à pression momentanée, il faut donc appuyer une fois pour allumer le Caveatron et une autre fois pour l'éteindre. Il faut appuyer assez profondément sur le bouton pour l'activer, ce qui évite de l'allumer ou de l'éteindre accidentellement en heurtant l'interrupteur. Lorsque le système est mis en marche, l'écran tactile s'allume. Si l'écran n'est pas allumé, le système est éteint.

<u>LED annulaire</u> - Autour du bouton d'alimentation se trouve un anneau de LED bicolore. Lorsque l'appareil est en charge, la LED est allumée en rouge, que le système soit sous tension ou non. Si le système est entièrement chargé et qu'il est toujours branché sur une source d'alimentation externe, la DEL est verte. Une LED jaune indique un défaut de charge. Si le Caveatron est débranché, le voyant est éteint.

Port USB - Ce port est doté d'un connecteur de type mini-USB (et non de type micro-USB, plus courant, mais il a été choisi car le modèle mini est plus durable que le modèle micro). Ce port sert à la fois au chargement et au transfert de données. Il peut être branché sur n'importe quel adaptateur d'alimentation USB standard ou sur le port USB d'un ordinateur de bureau pour être rechargé. Un courant de charge de 1,2 ampère ou plus est recommandé. Il se chargera avec un adaptateur de courant plus faible, mais à un rythme plus lent. Pour le transfert de données, le port est connecté à un ordinateur Mac, Windows ou Linux. Un capuchon antipoussière à visser protège le port de la saleté et de l'eau et doit toujours être fermé lorsqu'il n'est pas utilisé pour la recharge ou le transfert de données.

<u>Anneaux pour sangle</u> - Ces anneaux permettent d'attacher une sangle de cou. L'utilisation d'un tour de cou est fortement recommandée.

Fenêtre LRF - Le télémètre laser (LRF) fonctionne à travers cette petite fenêtre et son faisceau visible sert également à orienter le Caveatron vers la station. Ne fixez pas des yeux cette fenêtre lorsque le laser fonctionne. Gardez la fenêtre raisonnablement propre pour éviter de bloquer le télémètre. La fenêtre est encastrée pour assurer une certaine protection contre les dommages.



Fenêtres LIDAR - Le LIDAR balaye ces fenêtres en décrivant un cercle complet autour du Caveatron, perpendiculairement à la direction du faiseceau laser rouge. Il est important de garder ces fenêtres aussi propres que possible pour éviter de perdre des données de balayage.

<u>Carte réfléchissante</u> - Cette carte est maintenue sur les stations pendant les mesures ou le balayage pour fournir une cible positive au télémètre laser.

PRINCIPAUX COMPOSANTS INTÉRIEURS

LIDAR - Il prend rapidement des mesures de distance à des angles connus tout en tournant continuellement afin de construire un ensemble de points avec des coordonnées x, y, z, appelé « nuage de points ». Les données LIDAR produisent la topographie 3D de la cavité.

<u>Télémètre laser (LRF)</u> - Il effectue des relevés de longueur précis pour les mesures de distance de station à station. Il utilise un laser rouge qui sert également au pointage du Caveatron.

<u>Unité de mesure inertielle (IMU)</u> - Contient un accéléromètre, un magnétomètre et un gyroscope. Ensemble, ces capteurs fournissent l'orientation du Caveatron et mesurent son mouvement de rotation.

<u>Horloge en temps réel (RTC)</u> - Elle conserve la date et l'heure et est utilisée pour créer les noms des fichiers du relevé et enregistrer l'heure de chaque visée et de chaque balayage. L'horloge en temps réel est alimentée par une pile CR2032 qui devrait durer au moins 5 ans entre deux remplacements. Après le remplacement, il est recommandé de recalibrer le magnétomètre.

<u>Carte micro SD</u> - Toutes les données du relevé et de numérisation sont stockées dans des fichiers sur la carte micro SD insérée dans le module principal du processeur Teensy. La carte contient également des fichiers utilisés pour charger et sauvegarder les données d'étalonnage. Les fichiers de cette carte sont accessibles à partir d'un ordinateur via le port USB. La carte micro SD est formatée au format standard FAT32. Elle peut éventuellement être retirée ou remplacée, mais un recalibrage du magnétomètre est alors recommandé.

<u>Batterie</u> - La batterie principale est une batterie lithium-ion rechargeable ; il faut donc veiller à ne pas l'endommager, sous peine de provoquer un incendie. La batterie est rechargée via le port USB et devrait mettre environ 4 à 5 heures à se recharger complètement.

Fonctions et interface graphique

Menu Principal

Cet écran apparaît lorsque le Caveatron est allumé et permet d'accéder aux modes de fonctionnement, au menu « Survey » (Topographie) et au menu « Utilities » (Options)

Mode « Shot » (Visées)

Ce mode est utilisé pour collecter les mesures classiques de distance, d'azimut et d'inclinaison d'une station à l'autre. Toutes ces mesures sont prises en une seule étape en plaçant le Caveatron sur une station,





Revision 2021-04-29

un assistant topographe tenant la carte réfléchissante sur l'autre station, en pointant le laser du Caveatron sur la carte et en appuyant sur un bouton.



Mode « Passage » (Galerie)

Ce mode est utilisé pour prendre des scans LIDAR 3D tout en déplaçant le Caveatron le long d'un cheminement vers une station. Dans ce mode, le Caveatron prend des coupes transversales détaillées de la galerie plusieurs fois par seconde pendant que vous avancez. Les mesures sont prises avec un assistant topographe qui tient une carte réfléchissante sur une station de relevé pendant que vous essayez de garder le faisceau laser pointé sur la carte autant que possible et que vous vous déplacez vers cette station. Aucun point de départ spécifique n'est requis pour ce mode, tant que vous disposez d'un cheminement clair vers la station que vous prévoyez d'utiliser.



Mode « Room » (Salle)

Ce mode est utilisé pour effectuer des balayages LIDAR 3D autour d'une position unique tout en faisant tourner le Caveatron sur un arc et sans se déplacer. Le point où le balayage est effectué peut être une station ou un autre point visible depuis une station. Dans ce dernier cas, une visée de référence initiale est effectuée vers la station, la carte réfléchissante n'est pas utilisée dans ce mode.

Mode Manuel

Ce mode permet de visualiser rapidement les données d'azimut et d'inclinaison en temps réel ou de relever des mesures de distance. Aucune donnée n'est enregistrée dans ce mode.

<u>Menu Topographie</u>

Dans le menu de relevé topographique, on trouve des fonctions permettant de configurer et de démarrer un nouveau relevé, d'examiner et de supprimer des données de visées, de visualiser les tracés des données de balayage 3D, de visualiser un tracé linéaire de la cavité et d'obtenir des informations sur le relevé.

Menu Configuration

Ce menu contient une variété de commandes permettant de régler les paramètres, de se connecter à un ordinateur via USB pour transférer des données, de calibrer le Caveatron, d'obtenir un affichage en direct de la sortie LIDAR et d'afficher d'autres informations sur l'appareil. La liste des relevés topographiques stockés sur la carte SD peut être consultée et les relevés précédents peuvent être rouverts.

Utilisation du Caveatron

PRÉPARER LE CAVEATRON

Chargez le Caveatron en branchant le port USB sur n'importe quel adaptateur USB. La batterie est pleine lorsque le voyant rouge du bouton d'alimentation devient vert (ou s'éteint suivant configuration). Une recharge complète peut prendre jusqu'à 5 heures.

Allumez le Caveatron en appuyant à fond sur le bouton d'alimentation et en le relâchant. L'écran s'allume et affiche alors le menu principal.

COMMENCER UN NOUVEAU RELEVÉ TOPOGRAPHIQUE

Aller à Survey → Start new Survey.

Saisissez le nom de la cavité puis appuyez sur ENTER.

Appuyez encore sur **ENTER** pour valider ce nom et un message de confirmation apparaîtra. Un écran s'ouvre permettant de saisir des informations sur le relevé telles que les noms des membres de l'équipe topo. Ces informations sont facultatives et peuvent être modifiées ultérieurement. Appuyez sur **ENTER** lorsque vous avez terminé.

PRENDRE UNE VISÉE ENTRE DEUX STATIONS

Choisissez l'emplacement de vos stations dans la cavité. Ces stations sont choisies comme des stations de cheminement topo normales, sauf qu'il est préférable de limiter la longueur de la visée à environ 10-15 mètres pour que la portée du scanner ne soit pas excessive.

Demandez à votre assistant topographe de tenir la carte réfléchissante sur une station, le coin étant placé audessus du point de **cette** station, la face réfléchissante dirigée vers le Caveatron.

USAGE DU CLAVIER

Le clavier est configuré de manière à offrir le plus grand nombre de boutons possible en fonction de la taille limitée d'écran disponible. Le clavier varie en fonction du type de données qui peuvent être saisies, mais en général, les lettres A à M apparaissent sur la première page et les caractères N à Z sur la seconde. Les caractères numériques apparaissent sur les deux pages. La seconde page est accessible par la touche **MORE** (à partir de la deuxième page, une pression sur **MORE** permet de revenir à la première). En haut à droite de l'écran se trouve la

0

2

N

X

6

Ρ

U

Z

3

8

0

V

9

W

MORE

DELET	Ent	Enter Station TO A60		ENTER
A	В	С	D	E
F	G	I		J
К	L	М	I	MORE
1	2	3	4	5
6	7	8	9	0

touche **ENTER**, qui permet de confirmer une entrée et de passer à l'écran suivant. Le bouton supérieur gauche apparaît comme un bouton **CANCEL** lorsqu'aucun caractère n'a été

saisi et permet de quitter le mode en cours. Lorsque des caractères sont saisis, le bouton **CANCEL** se transforme en bouton **DELETE**, qui supprime un caractère à la fois lorsqu'on appuie dessus (en supprimant tous les caractères qui réapparaissent).

Certaines variantes du clavier sont dotées de boutons spécifiques supplémentaires pour la saisie de caractères spéciaux, d'espaces ou de mots courants.



Entrez dans le mode « Visées » en appuyant sur la touche **SHOT**. Pour la première visée saisissez le nom de la station *FROM* et appuyez sur **ENTER**, puis saisissez le nom de la station *TO*. Pour les visées suivantes, choisissez l'une des options de noms de stations automatiques ou entrez votre propre nom de station. Placez le coin arrière inférieur gauche du Caveatron sur le point de station. Si le coin arrière inférieur droit est plus pratique, appuyez sur le bouton à l'écran pour sélectionner ce coin à la place de l'autre. Pointez le faisceau laser de manière à ce qu'il soit juste sur le coin de la carte couvrant la station.

En tenant le Caveatron aussi fermement que possible, appuyez sur le bouton **TAKE SHOT** et continuez à le maintenir fermement sur le coin de la carte pendant les 3 secondes suivantes. Vous entendrez le signal sonore de démarrage suivie de trois bips courts à environ 1 seconde d'intervalle. Si la visée a été réussie, vous entendrez ensuite le signal sonore de réussite. Si la visée a échoué, vous entendrez le signal sonore d'échec. Les résultats s'affichent à l'écran. Appuyez sur **DONE** pour accepter la visée et retourner au menu principal ou sur **REDO** si vous souhaitez recommencer la visée.

Option : On peut effectuer une visée *inverse* de la station *TO* vers la station *FROM* afin d'améliorer la précision du relevé. Répétez le processus ci-dessus, mais choisissez l'un des boutons bruns de l'écran de désignation automatique des stations lorsque vous entrez pour la première fois dans le mode « Visées ». Ne prenez une visée *inverse* que pour une paire de stations pour laquelle vous avez déjà (ou obtiendrez ensuite) une visée avant, car elles sont traitées différemment. Les visées inverse améliorent la précision, mais ne sont pas indispensables.

INDICATIONS SONORES

Le Caveatron utilise des signaux sonores pour indiquer l'état des visées et des balayages.

<u>Bip LRF (tonalité aiguë très courte)</u> - Indique que le LRF a obtenu une mesure.

Son de démarrage (0,5 seconde, tonalité aiguë) -Indique le début d'une visée ou d'un balayage.

<u>Son de réussite (1 seconde, tonalité aiguë)</u> -Indique qu'une visée ou un balayage s'est terminé avec succès.

<u>Son d'avertissement (continu, tonalité médium)</u> -Peut se produire au cours d'un balayage en mode galerie lorsque trop de temps s'est écoulé depuis la dernière lecture LRF de la valeur. Indique que l'opérateur doit ramener le laser rouge sur la cible de la carte réfléchissante.

<u>Son d'échec (1,5 seconde, tonalité grave)</u> -Indique qu'une visée ou un balayage ont échoué.

CHOISIR UN MODE DE SCAN

Le balayage en mode « Galerie » consiste à se déplacer avec le Caveatron le long d'un cheminement vers une station et à effectuer le balayage au fur et à mesure. Le balayage en mode « Salle » consiste à tenir le Caveatron à un endroit fixe et à le faire pivoter pour balayer un arc de cercle autour de cet endroit. La plupart des balayages sont effectués en mode « Galerie » pour couvrir les zones entre les stations.

UTILISER LA CARTE RÉFLÉCHISSANTE

La carte réfléchissante doit être maintenue en place pendant les visées et le balayage. Elle doit être courbée de manière à ce que la surface réfléchissante soit dirigée à peu près dans la direction du Caveatron. Si l'angle est trop grand, *le signal de retour* risque d'être insuffisant. On peut aussi l'essuyer de temps en temps pour éliminer la boue et la saleté.

Ces photos illustrent la façon de tenir la carte pendant les différents modes d'utilisation de la station, comme le montre la photo de droite.



En mode galerie, tenez-la aussi centrée que possible sur la station afin de calculer la moyenne de la position autour de la station, car le spot se déplacera sur la carte pendant le balayage. La carte peut être courbée, si nécessaire, pour s'adapter à certaines zones (comme illustré). Parfois la station devra se trouver près d'un bord de la carte. Dans ce cas il faudra essayer de viser davantage ce bord en se déplaçant. Si vous devez tenir la carte sans qu'elle touche la station, ne vous éloignez pas de plus de quelques cm. Il vaut mieux avoir à décaler la carte sur le côté pour qu'elle ne soit pas centrée plutôt que de la placer devant ou



Pour le mode visée, tenez la carte réfléchissante de manière à ce qu'elle touche la station avec un coin qui la recouvre. Cela permet d'obtenir une efficacité maximale puisqu'il y a un point précis vers lequel diriger le faisceau laser rouge. Cette configuration est également utilisée pour la visée de positionnement au début du mode « Salle », lorsque l'on se réfère à la position de balayage d'une autre station.

derrière la station. Si vous devez courber la carte, assurez-vous simplement qu'une partie de la carte recouvre bien la station.



Le mode « Salle » est utilisé pour couvrir les angles lorsque la trajectoire du relevé change de direction, pour balayer les petites salles, les extrémités des galeries, ou pour obtenir une numérisation des zones sombres ou des alcôves latérales.

SCAN EN MODE "PASSAGE" (GALERIE)

Choisissez un emplacement pour démarrer le scan. Il s'agit généralement d'un endroit proche de l'emplacement de la station **FROM** de la visée précédente, et généralement au centre de la galerie. Cependant, vous pouvez commencer un balayage n'importe où, tant que vous pouvez voir la station vers laquelle vous effectuez le balayage. Reculez d'un mètre ou plus, si possible, pour obtenir un léger chevauchement avec le balayage précédent. Observez également votre trajectoire avant de commencer le balayage afin d'éviter les obstacles et d'obtenir la meilleure couverture possible, puis positionnez votre point de départ en conséquence.

Entrez dans le mode Galerie en appuyant sur le bouton **PASSAGE**.

Acceptez le nom de la station fourni automatiquement ou saisissez le vôtre et appuyez sur **ENTER**.

Acceptez le numéro de galerie fourni automatiquement ou saisissez le vôtre et appuyez sur ENTER.

Demandez à votre assistant de tenir la carte rétroréfléchissante de façon à ce qu'elle soit centrée sur la station le mieux possible (courbez la carte ou centrez-la sur un côté si nécessaire) mais assurez-vous qu'elle ne se trouve pas à plus d'un ou deux centimètres devant ou derrière la station). Veillez à ce que le côté rétro-réfléchissant soit orienté vers le Caveatron.

Pointez le laser rouge sur la carte en un point aussi proche que possible de la station.

Appuyez sur **START SCAN** tout en restant immobile et en maintenant le point laser aussi immobile que possible. Vous entendrez un premier bip LRF suivi *du signal sonore de démarrage* environ une seconde plus tard.

Commencez à avancer vers la carte. Gardez le pointage laser sur la carte autant que possible, bien qu'il ne soit pas nécessaire de le maintenir continuellement. Déplacez-vous progressivement et évitez de secouer

Revision 2021-04-29

brusquement le Caveatron dans n'importe quelle direction, car le balayage échouera s'il détecte un mouvement trop important. Une vitesse d'environ 0,25 mètre par seconde est optimale, mais des vitesses plus lentes permettent un balayage plus détaillé. Chaque fois que le Caveatron détecte la carte et obtient une lecture de la distance, le *bip LRF* se fait entendre. Si trop de temps s'est écoulé depuis que le laser a été pointé sur la carte, le *signal sonore d'avertissement* se fait entendre. Dans ce cas, arrêtez-vous et repointez le Caveatron sur la carte. Lorsque le *signal sonore d'avertissement* s'arrête, continuez à avancer. Si un total de 12 secondes s'est écoulé depuis la dernière détection de la carte, le balayage échouera.

Lorsque vous vous approchez de la station pendant le balayage, vous pouvez mettre fin au balayage de deux façons. Approchez-vous à moins de 0,15 m et après deux secondes (deux relevés de distance), le balayage s'arrêtera automatiquement. Vous pouvez également appuyer sur le bouton **END SCAN**. Il est important de maintenir l'appareil stable et pointé vers la carte et la station pendant la fin du balayage et de ne pas être tenté de le redresser pour appuyer sur le bouton. Sinon, les dernières secondes de données seront erronées ou le balayage échouera. L'audition *du signal sonore de réussite* indique que la recherche est terminée.

L'écran affiche les résultats de la recherche. Appuyez sur **DONE** pour accepter le balayage ou sur **REDO** pour recommencer le balayage. Si vous souhaitez effectuer une autre «traversée» jusqu'à la même station, mais en suivant un chemin différent, choisissez **ANOTHER TRAVERSE** pour revenir à l'écran du numéro de la «traversée».

Si un balayage échoue au cours d'une «traversée», par exemple à cause d'une bosse ou d'un mouvement soudain dû à un faux-pas, il n'est pas nécessaire de refaire tout le balayage (bien que vous puissiez le faire si vous le souhaitez). Il suffit de choisir **ANOTHER TRAVERSE**, de reculer de quelques pas pour obtenir un chevauchement et de poursuivre le balayage en tant que «traversée» suivante.

SCAN EN MODE "ROOM" (SALLE)

Choisissez un endroit pour effectuer le balayage. Parfois, l'endroit le plus facile à utiliser est directement sur la station, mais n'importe quel endroit peut être choisi tant qu'une station est visible.



Si possible, utilisez le sommet d'un rocher pour obtenir un point stable sur lequel faire pivoter le Caveatron, mais vous pouvez également scanner à main levée si vous êtes suffisamment stable.

Entrez dans le mode salle en appuyant sur la touche **ROOM**.

Acceptez le nom de la station fourni automatiquement ou saisissez votre propre nom et appuyez sur **ENTER**. Acceptez le numéro d'affichage fourni automatiquement ou saisissez le vôtre et appuyez sur **ENTER**.

Si vous numérisez directement sur la station, appuyez sur le bouton bleu **USE STATION** dans le coin inférieur gauche.

Si vous scannez loin d'une station, demandez à votre assistant topographe de tenir la carte sur la station de façon à ce qu'un coin soit droit sur l'emplacement de la station et que le côté rétroréfléchissant soit orienté vers le Caveatron. Placez le centre avant de la partie inférieure du Caveatron sur l'endroit où le balayage sera effectué. Maintenez le Caveatron immobile et appuyez sur le bouton **TAKE SHOT**. Pendant que vous maintenez le Caveatron immobile, deux bips LRF se font entendre au cours des deux secondes suivantes, lorsque la position est obtenue.

Observez la zone que vous allez balayer et choisissez les directions de départ et d'arrivée du balayage et l'endroit où vous vous positionnerez. Le Caveatron ne balaye que la gauche à 180 degrés (vue de l'arrière) lorsqu'il est en mode salle, vous pouvez donc vous placer en toute sécurité sur le côté droit. Il est toujours préférable de faire chevaucher une partie du balayage avec une autre zone balayée. Réorientez le Caveatron vers le début de l'arc de balayage, avec le centre de la partie inférieure avant sur le point où vous avez pris la mesure de référence (ou sur la station).

Appuyez sur **START SCAN**. Après le bip, commencez à faire tourner lentement le Caveatron autour d'une ligne verticale passant par le module LIDAR. Essayez de maintenir une rotation aussi stable et régulière que possible, sans à-coups. Plus la rotation est lente, plus les données seront détaillées.

Lorsque vous atteignez l'extrémité de l'arc que vous souhaitez balayer, appuyez sur le bouton **END SCAN** (Fin du balayage). Il est important de continuer à maintenir le Caveatron stable et de ne pas être tenté de le redresser pour appuyer sur le bouton, sinon les dernières secondes de données seront erronées. L'audition *du signal sonore de réussite* indique que le balayage est terminé.

TÉLÉCHARGER ET TRAITER LES DONNÉES

Connectez le Caveatron à un ordinateur par le port USB.

Allumez le Caveatron et allez dans **UTILITIES → SD CARD →USB CONNECT**

Le Caveatron apparaîtra comme un lecteur appelé « Caveatron » avec un dossier SD Card à l'intérieur (Windows ou Linux) ou ouvrez l'application Android File Transfer (Mac). Chaque étude est stockée dans son propre dossier avec le nom de la grotte et la date de début de la séance topographique. Copiez le dossier complet de cette topo sur votre ordinateur pour télécharger les données.

Eteignez le Caveatron pour le déconnecter de l'ordinateur.

Traitez les données à l'aide du logiciel Caveatron Process et, en option, du logiciel Walls Cave Mapping ou du logiciel Compass Cave Survey (pour Compass, le fichier d'étude est converti avec Caveatron Process). Des instructions sont fournies dans les manuels qui accompagnent ces programmes.

MISE À JOUR DE L'ÉTALONNAGE DU CAVEATRON

<u>ATTENTION</u> : Après avoir effectué un étalonnage, vous devez commencer un nouveau relevé topo avant d'effectuer de nouveaux balayages, sinon les balayages ne seront pas traités correctement.

Le Caveatron doit périodiquement faire l'objet d'un recalibrage de sa boussole. Il est probablement préférable de le refaire avant chaque séance de topographie.

Rendez-vous dans un endroit éloigné de tout bâtiment, ligne électrique, moteur ou objet en fer. Allumez le Caveatron et allez dans **Utilities → Calibration → Compass Calibration.**

Appuyez sur **Start Calibration** (Démarrer l'étalonnage)

Faites tourner rapidement le Caveatron dans toutes les directions possibles, dans une sphère autour de l'appareil, autant que faire se peut. La meilleure façon d'y parvenir est de le faire tourner de haut en bas tout en tournant sur vous-même. La barre de progression affichée à l'écran descend vers zéro, mais peut remonter à mesure que vous parcourez de nouveaux angles. Lorsqu'elle atteint zéro, le Caveatron émet un signal sonore et est prêt pour l'étape suivante. Vous n'avez pas besoin de continuer à tourner plus de 30 secondes et vous pouvez simplement laisser la barre descendre à zéro si ce n'est pas déjà fait.

Appuyez sur **Continue Calibration** et, à une vitesse plus moyenne mais de la même manière que précédemment, continuez à faire tourner le Caveatron dans toutes les directions possibles dans une sphère autant que faire se peut. Une barre de progression à l'écran augmentera lentement vers 100 %. Continuez à faire tourner le Caveatron aussi longtemps qu'il le faut pour que la barre de progression atteigne 100 %, ce qui signifie que l'étalonnage est terminé. Les derniers pourcents peuvent prendre plus de temps - essayez de vous assurer que vous avez touché des angles que vous avez peut-être manqués auparavant pour atteindre 100 %.

Les nouvelles valeurs d'étalonnage s'affichent à l'écran. Appuyez sur **SAVE** pour enregistrer les nouvelles valeurs d'étalonnage ou sur **CANCEL** pour conserver les valeurs précédentes. Après avoir sauvegardé, il est préférable d'éteindre et de rallumer le Caveatron avant de prendre de nouvelles données.

Menu Principal

Cet écran s'affiche lorsque le Caveatron est allumé. Il comporte des boutons permettant d'accéder aux principaux modes de fonctionnement du Caveatron : visée, balavage de galerie, balavage de salle et manuel. Dans la partie inférieure de l'écran se trouvent des boutons permettant d'accéder aux menus Relevés et Réglages. La barre d'état, située en haut de l'écran, affiche l'heure actuelle (format 24 heures) en haut à gauche, le menu ou le mode actuellement actif (dans la plupart des écrans) au centre, et l'indicateur de niveau de batterie en haut à droite. Le niveau de remplissage de l'indicateur de batterie diminue au fur et à mesure que la batterie se décharge, passant du vert au rouge lorsque la charge restante est inférieure à 15 %. Si la batterie atteint 2 % de charge restante, le contour de la batterie passe du blanc au rouge. En bas de l'écran se trouve la barre d'information, qui affiche des informations ou des invites relatives à l'écran en cours. La barre d'état et la barre d'information sont présentes sur la plupart des écrans.



Mode « Shot » (Visées)

Le mode « Visées » est utilisé pour acquérir et enregistrer les mesures du relevé topographique des cavités traditionnellement prises avec un décamètre ruban, un compas et un inclinomètre. Le Caveatron utilise le LRF pour acquérir et calculer la moyenne de 3 mesures de distance et l'IMU pour acquérir et calculer la moyenne de 75 mesures d'azimut et d'inclinaison. Le processus de mesure dure environ 3 secondes. Les données sont enregistrées sur la carte mémoire interne avec les noms des stations et la date et l'heure de la visée.

L'un ou l'autre des coins inférieurs arrière du boîtier du Caveatron est placé à la station de départ ou à la position de la visée. Le faisceau laser rouge est alors utilisé pour aligner le Caveatron sur la station ou la position vers laquelle la visée doit être effectué et la carte réfléchissante est placée sur le point cible.

Ce mode recueille à la fois les visées avant et arrière pour tout vecteur donné entre deux stations. Les visées avant sont obligatoires et constituent la base du relevé, tandis que les visées inverses sont facultatives. L'objectif de la visée inverse est d'améliorer la précision du relevé et d'éviter les erreurs potentielles.

ATTENTION : Ne vous méprenez pas sur les termes « frontsight/backsight » qui ne font pas référence à une direction spécifique des visées effectuées dans la cavité. Dans la terminologie du Caveatron, une visée frontale (frontsight) est une visée qui constitue la première (et généralement la seule) mesure entre deux stations, quelle que soit la direction réelle de visée par rapport au reste du relevé. La visée inverse (backsight) est une mesure secondaire prise en sens opposé entre deux stations pour lesquelles une visée frontale existe (ou existera) et dont la moyenne est calculée en même temps que celle-ci. S'il existe une visée inverse sans visée frontale, ce vecteur ne sera pas pris en compte lors du traitement des données et il y aura une lacune dans le relevé (bien qu'il existe des moyens de contourner ce problème lors du post-traitement).

Voici un exemple de fonctionnement correct :

- A1-A2 visée frontale (frontsight)
- A2-A1 visée inverse (backsight)
- A3-A2 visée frontale (frontsight)
- A2-A3 visée inverse (backsight)
- A3-A4 visée frontale (frontsight)

NB : remarquez que A3-A2 a été prise "à l'envers" par rapport cheminement A1-A2-A3-A4, mais qu'il s'agit d'une visée frontale parce que c'est la première visée effectuée entre ces deux stations. La direction réelle par rapport aux autres stations n'a rien à voir avec les termes « frontsight/backsight » : simplement la visée « backsight » est dans la direction opposée à la visée « frontsight » pour un vecteur donné. Pour cette même raison la visée A2-A3 est considérée comme une visée inverse (backsight) par rapport à la précédente bien qu'elle soit dirigée dans le sens du cheminement.

Voici un exemple de ce qu'il ne faut PAS faire :

- A1-A2 visée frontale (frontsight)
- A3-A2 visée inverse (backsight)
- A3-A4 visée frontale (frontsight)

A3-A2 aurait dû être utilisée comme visée frontale mais comme il n'existe pas de visée frontale pour cette mesure, il y a une lacune de relevé dans les affichages du Caveatron dans le menu Survey et il y en aura une aussi dans le logiciel Caveatron Processing pour le post-traitement. (Il peut cependant être utilisé comme visée frontale lors du traitement des données de balayage si le fichier de relevé est d'abord traité dans le logiciel Walls).

Lorsque l'utilisateur démarre le mode visée, une série d'écrans lui est présentée pour saisir les noms de la station *FROM* et de la station *TO*. Les écrans de saisie des noms de stations fournissent un clavier alphanumérique pour saisir les noms de stations et une boîte dans laquelle le nom de la station apparaît tel qu'il a été tapé (l'utilisation du clavier est décrite dans l'encadré de la page 7).

Le nom d'une station peut comporter jusqu'à 7 caractères.

Lors de la première visée d'un relevé, les écrans de saisie des stations FROM et TO sont présentés successivement pour la saisie des noms des stations. La deuxième visée et les suivantes font apparaître un écran initial différent lors de l'entrée en mode visée - un écran de raccourci pour le nom de la station. Le Caveatron demande de nommer à l'avance les stations pour la visée suivante et plusieurs options sont présentées. Si la visée doit être une visée "frontale", l'un des trois boutons verts situés en haut de l'écran est sélectionné. S'il s'agit d'une visée "inverse", l'un des trois boutons bruns situés en bas est sélectionné. Chacun de ces trois boutons offre différentes options de dénomination. La première option est automatisée et sa sélection permet de sauter les deux écrans de saisie du nom de la cavité et d'accéder directement à l'écran de visée. La deuxième option ne fournit que l'un des noms de station (celui que vous devrez saisir est indiqué par des tirets) et vous amène à l'écran permettant de saisir uniquement ce nom et d'ignorer l'autre. Enfin, la troisième option, avec des tirets pour les deux noms, vous permet de saisir à la fois les noms des stations de départ et d'arrivée.

Après avoir saisi le nom de la station, l'écran des visées s'affiche. Le laser rouge s'allume automatiquement et le Caveatron et la carte réfléchissante sont placés sur leurs points de station. Le Caveatron est placé sur la station FROM de manière à ce que le coin inférieur arrière gauche ou le coin inférieur arrière droit touche la station. Le coin inférieur arrière gauche est utilisé par défaut et est indiqué par une flèche dans le coin inférieur gauche de l'écran pointant dans cette direction. Si vous utilisez le coin inférieur arrière droit, touchez le bouton Use Right pour passer à ce coin et la flèche change d'emplacement (vous pouvez ensuite toucher le bouton **Use Left** pour revenir au coin d'origine). Le Caveatron peut viser avec n'importe quelle inclinaison jusqu'à +/- 90 degrés sans aucun problème. Cependant, assurez-vous que l'angle de roulis du Caveatron (son angle d'inclinaison de gauche à droite) est relativement plat. Si cet angle dépasse 30 degrés dans l'une ou l'autre direction, la visée échouera. Le Caveatron peut être tenu sans problème à l'envers pour prendre une vise (car il est parfois plus pratique d'utiliser le plafond). Là encore, il suffit de s'assurer que l'angle de roulis est relativement plat, proche de 180 degrés (entre 150 et 210 degrés), comme quand il est place à l'endroit.



Pour la carte réfléchissante, il est préférable de placer l'un des coins de manière à ce qu'il touche et couvre juste la station (voir l'encadré Utilisation de la carte réfléchissante à la page 9). Cela permet à l'opérateur du Caveatron de viser un point précis pour obtenir la lecture la plus exacte possible. Notez que si l'angle de la carte est trop prononcé ou si l'endroit de la carte touché par le laser est trop sale, la visée peut également échouer. Lorsque vous êtes prêt, appuyez sur le gros bouton vert "**Take Shot** " pour effectuer les relevés. Cela prend environ 3 secondes et le Caveatron doit être maintenu fermement sur la carte pour obtenir un résultat précis. Veillez à ne pas appuyer trop fort sur le bouton pour ne pas le désaligner. Il est préférable de soutenir le Caveatron contre la station d'une main et d'appuyer sur le bouton de l'autre pour le maintenir stable. Ne perdez pas de vue la position du laser pendant la visée pour éviter qu'il ne s'éloigne de la carte.

Pendant la visée, vous entendrez d'abord diverses indications audio décrites dans l'encadré de la page 8. Après avoir appuyé sur la touche **Take Shot**, vous entendrez *le signal sonore de début*, suivie de trois *bips LRF*, chacun indiquant une lecture de distance réussie. Si la visée est réussie, *le signal sonore de réussite* suivra à la fin. Si la visée échoue, *le signal sonore d'échec* est émis et un message d'erreur s'affiche à l'écran. L'erreur la plus courante est que le laser s'est déplacé de la carte réfléchissante et que l'une des mesures de distance n'a pas été renvoyée. Cela peut également se produire si la carte est trop sale ou trop inclinée. D'autres erreurs peuvent se produire si le Caveatron a été soudainement déplacé pendant la lecture, provoquant un grand changement d'angle, ou si le champ magnétique autour du Caveatron a changé, par exemple à cause d'une lampe frontale soudainement rapprochée du Caveatron.

Lorsque la visée est réussie, les relevés de distance, d'azimut et d'inclinaison s'affichent à l'écran, ainsi que les noms des stations. Le bouton **DONE** situé en bas de l'écran enregistre les données dans le fichier Survey (.SRV) sur la carte mémoire. Si vous n'êtes pas satisfait du résultat et que vous souhaitez recommencer la visée, appuyez sur **REDO**. Cela vous ramène directement au bouton **Take Shot** (Prendre une visée) et conserve les noms des stations ainsi que le repère utilisé.

En cas d'erreur, le type d'erreur (pas de retour LRF, décalage azimutal, etc.) s'affiche. Vous pouvez appuyer sur **DONE** pour quitter et aucune donnée n'est sauvegardée ou appuyer sur **REDO** pour retourner directement au bouton Take Shot et réessayer la mesure.

Revision 2021-04-29



Mode « Passage » (Galerie)

Le mode « Passage » (Galerie) est le mode principal de balayage avec le LIDAR. En mode galerie, le balayage est effectué en avançant avec le Caveatron vers une station. Comme l'opérateur est en mouvement pendant le balayage, les scans dans ce mode seront appelés ici « traversées ». Les balayages LIDAR sont perpendiculaires à la direction vers laquelle le Caveatron pointe et se déplace, sur un cercle de 360 degrés dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, comme le montre la figure de droite. De fait il balaie continuellement des sections transverses très rapprochées de la caverne pendant qu'il avance. Il renvoie des mesures ponctuelles de la portée et de l'angle de chaque point. La vitesse de rotation et le débit de données du LIDAR peuvent être réglés dans les paramètres du Caveatron.



L'exécution du balayage implique la sélection d'une station vers laquelle vous vous dirigerez pendant le balayage. Il s'agit généralement de la station suivante du relevé qui vient d'être mesurée en mode visée. Cependant, il peut s'agir de n'importe quelle station pratique, ce qui vous permet de balayage is zone comme vous le souhaitez. La carte réfléchissante est maintenue sur la station pendant le balayage et sert de cible de pointage pour le spot laser rouge. Pendant la «traversée», le Caveatron tente continuellement d'effectuer des relevés LRF sur la carte et, lorsqu'il obtient un retour, il le considère comme un point fixe positif sur sa distance et son orientation. Ces points fixes fournissent un cadre qui permet un calcul fiable des positions du Caveatron tout au long de son balayage. Il est donc préférable d'essayer d'obtenir autant de points fixes que possible au cours d'un balayage. Cependant, les considérations pratiques liées au déplacement dans une grotte rendent cette tâche difficile, c'est pourquoi le Caveatron laisse passer des intervalles de temps limités sans obtenir de point fixe. Plus le temps entre les points fixes est long, plus l'erreur de position potentielle est importante. L'intervalle maximum sans point fixe a donc été fixé à 12 secondes, après quoi le balayage échoue. Le Caveatron émet un signal d'avertissement après 6 secondes pour donner à l'opérateur le temps de s'arrêter et d'acquérir à nouveau la carte.

Au cours d'un balayage, il n'est pas nécessaire de suivre une ligne parfaitement droite, vous pouvez donc effectuer des mouvements progressifs pour contourner les obstacles si nécessaire. Il est important que les mouvements soient fluides, car les mouvements brusques entraînent de grosses erreurs et peuvent faire échouer le balayage.

En même temps qu'il recueille les données LIDAR et LRF, le Caveatron effectue des relevés fréquents de l'UMI pour déterminer son orientation et estimer sa position entre des points fixes. Toutes ces données sont écrites dans le fichier .CVL sur la carte mémoire.

En entrant en mode balayage sur le Caveatron, un écran s'affiche d'abord, dans lequel le nom de la station *TO* est saisi. Il s'agit de la station vers laquelle la «traversée» sera effectuée et sur laquelle la carte réfléchissante sera placée. Le Caveatron suppose qu'il s'agit de la station vers laquelle la dernière visée a été effectuée et remplit la rubrique d'entrée de la station avec cette information.



Un clavier alphanumérique est présenté et peut être utilisé pour entrer une station différente (voir l'encadré Utilisation du clavier à la page 7). Appuyez sur **ENTER** pour accepter le nom de la station et passer à l'écran suivant ou appuyez sur **CANCEL** (qui apparaît après avoir effacé les caractères) pour quitter le mode passage et revenir au menu principal.

L'écran suivant permet de saisir le numéro de la "traversée". Étant donné que plusieurs «traversées» peuvent être effectuées vers une même station, un numéro de «traversée» est utilisé pour les distinguer. Il est possible d'effectuer jusqu'à 9 «traversées» pour une même station. Le nombre suggéré est entré automatiquement en fonction du nombre de «traversées" précédentes que le Caveatron pense avoir été effectuées à la même station. Le numéro de la «traversée» peut être modifié à l'aide de la touche **DELETE** et des touches numériques prévues à cet effet. En appuyant sur **ENTER**, vous acceptez le numéro de «traversée» et vous passez à l'écran **Start Scan** (Démarrer le balayage).

La carte réfléchissante est centrée sur la station, la surface réfléchissante étant dirigée vers le Caveatron (voir l'encadré Utilisation de la carte réfléchissante à la page 9). Avant de commencer le balayage, il est important d'évaluer le cheminement que vous allez emprunter pour effectuer le balayage. Vous devez choisir un parcours qui ne présente pas trop de dangers qui le rendraient difficile à traverser. Pensez à l'endroit où vous devrez poser vos pieds ou à ce que vous devrez enjamber. S'il y a une transition, comme une montée ou un grand ressaut, il est préférable de placer la station suivante juste après ce point et de terminer le balayage en dépassant la transition. Commencez ensuite le balavage suivant après avoir franchi l'obstacle. Il est également préférable de balayer une pente ascendante plutôt qu'une pente descendante. La pente descendante est généralement plus dangereuse et peut entraîner le scan de ses propres jambes. Il faut également tenir compte de ce qui sera couvert par le balayage et de ce qui pourrait être masqué. Par exemple, si vous pouvez balayer le sommet d'une crête, il est préférable de le faire le long d'un côté, car l'autre côté serait caché. De même, lorsque vous vous mettez en position de départ pour un balayage, essayez d'obtenir un mètre ou plus de chevauchement avec le balayage précédent, ce qui facilitera l'alignement.

Une fois le numéro de «traversée» saisi sur le Caveatron, le faisceau laser s'allume afin d'être aligné sur la carte réfléchissante. Une fois le Caveatron en position, le laser pointé sur la carte et aussi près que possible de la station, vous êtes prêt à commencer le balayage. Maintenez le Caveatron stable sans bouger et appuyez sur le gros bouton vert START TRAVERSE pour commencer le balayage. Lorsqu'un balayage est lancé, le Caveatron effectue une visée initiale avec deux mesures de distance par rapport à la station pour obtenir sa position de départ et vous entendrez deux bips LRF pour chaque mesure de distance. Pendant ce temps, vous verrez un écran vous avertissant d'attendre le signal sonore de départ pour commencer la «traversée»». Le bouton END TRAVERSE vous permet d'annuler. Continuez à maintenir le Caveatron sur la station et attendez quelques secondes pendant que le LIDAR démarre et s'initialise. Dès qu'il est prêt, vous entendez le signal sonore de démarrage et vous pouvez commencer à avancer.



Pendant la «traversée», essayez de maintenir un rythme lent, graduel et uniforme tout en essayant de garder le laser_pointé sur la carte réfléchissante. Essayez d'éviter de déplacer rapidement le Caveatron d'un côté à

l'autre et continuez à vous déplacer vers la station. Il est possible de déplacer progressivement le Caveatron sur le côté pour éviter un obstacle, mais essayez de continuer à avancer si vous le pouvez. Souvent, vous devrez ralentir ou faire une pause pendant le balayage pour franchir un obstacle. Essayez de garder le laser le plus possible sur la station pendant la transition. Si le Caveatron détecte un changement de direction trop soudain, que ce soit en azimut ou en inclinaison, le balayage échouera afin d'éviter un balayage de mauvaise qualité. Un balayage échouera également s'il détecte une bosse importante ou un mouvement saccadé, comme un faux pas.

Pendant un balayage, vous entendrez le LRF émettre des bips environ une fois par seconde (un bip à chaque fois que le LRF obtient une mesure valide pour établir un point fixe). En écoutant les bips, vous pouvez vous assurer que vous êtes toujours pointé sur la carte. Il est pratiquement impossible de garder le laser sur la carte pendant toute la durée du balayage, ce qui est normal mais le Caveatron est concu pour gérer cela en calculant des positions intermédiaires avec les données de l'IMU. Cependant, plus l'absence de point fixe est longue, plus l'erreur augmente. Après 6 secondes sans retour LRF, le Caveatron commencera à émettre un signal sonore d'avertissement qui continuera jusqu'à ce que la carte soit acquise à nouveau et qu'une nouvelle lecture LRF soit obtenue. Lorsque vous entendez le signal sonore, il est préférable de ralentir ou d'arrêter d'avancer et de vous concentrer sur le retour faisceau laser sur la carte. Une fois le signal éteint, vous pouvez poursuivre le balayage. Toutefois, si vous ne parvenez pas à obtenir une nouvelle lecture LRF après 6 secondes supplémentaires (12 secondes au total depuis la dernière lecture), le balayage échouera et le signal sonore d'échec se fera entendre.

Pendant que le balayage est en cours, l'écran affiche la station et le numéro de traversée, les réglages du balayage LIDAR et le bouton **END TRAVERSE** qui peut être pressé à tout moment pour terminer le balayage.



Lorsque vous approchez de la fin du balayage, il est important de continuer à pointer vers la station aussi précisément que possible. Lorsque vous terminez le balayage, résistez à la tentation de relever le Caveatron pour le regarder ou de le diriger dans une autre direction avant d'entendre *le signal sonore de réussite* indiquant que le balayage est terminé. Sinon vous risquez de vous retrouver avec une déviation soudaine et erronée de la direction du balayage à la fin du scan. Il y a deux façons de terminer un balayage. Tout d'abord, vous pouvez permettre au Caveatron de terminer le balayage automatiquement. Si vous placez le Caveatron à moins de 0,15 m de la station et qu'il obtient deux lectures LRF successives à l'intérieur de cette plage, il terminera le balayage lui-même. Il peut être nécessaire de maintenir le Caveatron immobile juste devant la carte réfléchissante pendant quelques secondes pour que les deux relevés LRF s'enregistrent. L'autre option consiste à terminer le balayage manuellement, ce qui peut être fait à n'importe quelle distance de la station et à n'importe quel moment du scan. Il suffit d'appuyer sur le bouton **END TRAVERSE** à l'écran, en veillant à ce que le Caveatron ne change pas d'angle lorsque vous appuyez dessus. Lorsque le balayage se termine avec succès, vous entendrez *le signal sonore de réussite* indiquant que le balayage est terminé.

Si le balayage s'est terminé avec succès, l'écran affiche des informations sur le scan afin que vous puissiez en évaluer la qualité. LRF Data % indique le pourcentage de points LIDAR obtenus par rapport au nombre maximum possible en fonction du débit de données du LIDAR et de la longueur du balayage. Valid LRF % indique le nombre de points fixes que vous avez obtenus dans votre balayage par rapport au nombre que vous auriez pu obtenir en fonction de la longueur de votre balayage et de la fréquence à laquelle le LRF effectue une lecture. Si cette valeur est trop faible, le balayage sera moins précis car il faudra davantage d'interpolation de position. Les deux chiffres s'affichent en vert, jaune ou rouge pour permettre une évaluation rapide de la qualité des paramètres : excellente (vert), correcte (jaune) ou peut-être médiocre (rouge). Si l'un des deux chiffres est rouge, cela ne signifie pas nécessairement que la numérisation est incorrecte, car les paramètres de qualité de la numérisation dépendent de la zone numérisée ou de la difficulté à obtenir la numérisation. Par exemple, un balayage dans une grande salle dont les parois ou le plafond sont hors de portée du Caveatron entraînera une diminution du nombre de points LIDAR



obtenus. De même, une «traversée» difficile avec beaucoup de ramping ou d'escalade sur des rochers pourrait vous empêcher d'obtenir des relevés LRF aussi fréquents. Toutefois, si aucune de ces conditions n'est à l'origine des valeurs de numérisation de mauvaise qualité, vous pouvez envisager de refaire la numérisation. Enfin, la valeur **Total Scans** indique le nombre de rotations complètes du LIDAR effectuées au cours de la «traversée».

Si la numérisation a échoué, l'écran affiche un message indiquant la cause de l'échec. Notez que toutes les données de numérisation sont toujours enregistrées dans le fichier .CVL, même en cas d'échec, de sorte que les données sont toujours disponibles pour le post-traitement si vous choisissez de les utiliser tout de même (mais elles sont marquées comme une numérisation échouée dans le logiciel de post-traitement).

Au bas de l'écran, le bouton **REDO** offre une option pour recommencer la numérisation et vous ramène directement à l'écran **Start Scan** avec le même numéro de «traversée». Si vous choisissez cette option, le balayage qui vient d'être obtenu est marqué comme un balayage **REDO** pour indiquer qu'il ne s'agit peut-être pas du balayage que vous souhaitez utiliser lors du post-traitement des données. Le bouton **ANOTHER TRAVERSE** permet d'effectuer un nouveau balayage depuis la même station et vous amène directement à l'écran **Traverse number** (numéro de traversée) avec le numéro suivant pré-saisi. Enfin, le bouton **DONE** permet de quitter le mode « Passage » (Galerie) et de revenir au menu principal.

En cas d'échec de la numérisation, vous pouvez choisir de la refaire à partir de son point de départ, mais ce n'est pas obligatoire. Vous pouvez également choisir de reprendre le balayage à partir de l'endroit où l'échec s'est produit. Dans ce cas, vous devez sélectionner **ANOTHER TRAVERSE** avec un nouveau numéro de «traversée». Reculez ensuite suffisamment pour vous assurer que vous commencez avant le point de défaillance et que vous avez au moins un mètre de chevauchement avec la partie correcte du balayage précédent. Si vous rencontrez une difficulté dans le relevé ou si, pour une autre raison, vous devez « mettre en pause » le balayage, vous pouvez terminer manuellement le balayage, puis utiliser ce même processus pour commencer une nouvelle «traversée» lorsque vous êtes prêt à continuer.

Mode « Room » (Salle)

Le mode « Salle » offre une deuxième façon de numériser, plus proche d'un scan LIDAR traditionnel. Contrairement au mode « Galerie », il permet de scanner à partir d'un point fixe tout en faisant tourner le Caveatron. Souvent, les points de balayage ne sont pas des stations, mais se trouvent sur le côté du cheminement, et sont donc désignés sous le nom d'«écrans». En mode salle, le LIDAR ne balaye que les 180 degrés à gauche de son arc dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (comme illustré dans la figure ci-contre). Cela permet à l'opérateur de se déplacer autour du côté droit du Caveatron tout en le faisant pivoter sans entrer dans le balayage. La géométrie du Caveatron impose que la rotation se fasse autour d'un axe passant par l'avant de sa base, directement sous le LIDAR. En général vous le tiendrez à peu près à niveau et le ferez tourner en azimut pour obtenir une série de demisections transversales rapprochées à des angles d'azimut variables.



Room Mode Scan

Le but de ce mode est de balayer des zones qui ne seraient pas facilement couvertes par le mode « Galerie », comme les zones obstruées à l'extrémité d'une galerie, l'angle extérieur d'un grand virage, une alcôve latérale ou une autre zone occultée, ou d'obtenir une couverture dans une zone qui pourrait être trop difficile à traverser. Un exemple de ce dernier cas est celui des puits et cheminées nécessitant un équipement, qu'il serait dangereux de scanner en grimpant ou en descendant en mode « Galerie ». Une meilleure approche consiste à effectuer un balayage de la zone à une extrémité du puits, à monter ou descendre sur une certaine distance (5 à 10 mètres par exemple), à effectuer un autre balayage de la zone tout en restant sur corde, puis à répéter l'opération pour toute la profondeur du puits.

Le balayage d'une salle nécessite de référencer l'emplacement de l'appareil par rapport à un point particulier. Il peut s'agir de la station topo elle-même ou d'un endroit situé en vue d'une station. Dans ce dernier cas, une visée de référence doit être effectuée pour établir l'emplacement de la position de numérisation Il est préférable de choisir un point qui permette une rotation libre du Caveatron avec une vue dégagée, comme le sommet d'un gros rocher. Toutefois, de tels emplacements n'existent pas toujours, de sorte que les visées à main levée sont possibles si vous êtes en mesure de maintenir une position stable pendant et après la visée de référence, puis de faire pivoter le Caveatron autour de ce point sans le décaler dans quelque direction que ce soit. Pour la prise de référence, la carte réfléchissante est maintenue sur la station pendant le balayage, comme en mode visée, afin d'obtenir une position précise. Une fois la position de référence obtenue, la carte peut être retirée et n'est plus nécessaire pendant le balayage proprement dit.

Un balayage depuis un point fixe couvre n'importe quelle longueur d'arc. Au cours de ce balayage, il convient d'essayer de maintenir un mouvement de rotation lent et régulier et de ne pas modifier l'angle trop rapidement. Vous ne devez tourner que dans une seule direction et ne pas inverser la direction pendant le balayage. Le Caveatron doit être à peu près de niveau pendant le balayage et ne doit pas être incliné de plus de 20 degrés dans n'importe quelle direction. Vous pouvez effectuer un balayage de la salle avec le Caveatron à l'envers si le plafond constitue un point d'appui plus pratique. Là encore, veillez à ce qu'il soit à peu près de niveau. En même temps qu'il recueille les données LIDAR et LRF, le Caveatron effectue des relevés fréquents de l'IMU pour déterminer son orientation. Toutes ces données sont écrites dans le fichier .CVL sur la carte mémoire.

En entrant en mode balayage sur le Caveatron, un écran s'affiche d'abord, dans lequel le nom de la station est saisi. Il s'agit de la station qui sera utilisée comme station de référence. Le Caveatron suppose qu'il s'agit de la station vers laquelle la dernière visée a été effectuée et remplit la case de saisie de la station avec cette information. Un clavier alphanumérique est présenté et peut être utilisé pour entrer une autre station (voir l'encadré Utilisation du clavier à la page 7). Appuyez sur **ENTER** pour accepter le nom de la station et passer à l'écran suivant ou appuyez sur **CANCEL** (qui apparaît après avoir effacé les caractères) pour quitter le mode « Salle » et revenir au menu principal.

L'écran suivant permet de saisir le numéro de la visée de positionnement. Étant donné qu'il est possible d'effectuer plusieurs visées vers une même station, un numéro de visée est utilisé pour les distinguer les unes des autres. Il est possible de faire référence à un maximum de 9 visées de positionnement pour une même station. Le nombre suggéré est entré automatiquement en fonction du nombre de visées précédentes qui, selon le Caveatron, ont été référencées à la station. Le numéro de « traversée » peut être modifié à l'aide de la touche **DELETE** et des touches numériques prévues à cet effet. En appuyant sur **ENTER**, vous acceptez le numéro de «traversée» et vous passez à l'écran suivant.

À ce stade, deux choix s'offrent à vous. Si la station de référence doit être utilisée comme point de balavage de la salle, appuvez sur le bouton bleu USE STATION, ce qui permet d'accéder à l'écran Démarrer le balayage. Si le point où le balayage doit être effectué n'est pas la station de référence, vous devez prendre une visée de référence. Placez le coin de la carte réfléchissante sur la station de référence. comme en mode « Visées » (voir l'encadré Utilisation de la carte réfléchissante à la p. 9). Placez le milieu de l'avant du Caveatron sur le point que vous prévoyez d'utiliser pour faire pivoter le Caveatron. Pointez le laser rouge sur le coin de la carte qui recouvre la station. Tout en maintenant le Caveatron stable, appuyez sur le bouton **TAKE** SPLAY SHOT. Le Caveatron effectue 2 relevés de distance et 50 relevés d'azimut et d'inclinaison pour établir sa position et vous entendrez des bips LRF si ces relevés sont corrects. Dans le cas contraire, par exemple si le point rouge s'est déplacé hors de la carte pendant la mesure, l'affichage échoue et le signal sonore d'échec est émis. Un écran affichera la raison de l'échec et fournira un bouton **REDO** pour reprendre la visée.

Si la visée est réussie, l'écran START SCAN apparaît. Il est très important de ne pas éloigner le Caveatron du point de balavage une fois que la visée de positionnement est terminée, sinon vous perdrez la position établie et devrez la reprendre. Observez l'arc que vous souhaitez balayer et planifiez votre position pour être hors du balayage. Rappelez-vous que dans ce mode, le balayage ne se fait que vers la gauche (vu depuis l'arrière), vous pouvez donc vous positionner sur le côté droit pour être hors du balayage. Veillez à tenir le Caveatron de manière à ne pas avoir à passer la main à travers le champ du LIDAR et ne vous penchez pas sur le Caveatron pendant le balayage, car des parties de votre corps pourraient être numérisées. Déterminez où vous voulez commencer et terminer le balayage et dans quel sens vous voulez tourner. Il est toujours bon qu'une partie du balayage chevauche une autre zone déjà balayée. Cela facilite la jonction des scans lors du post-traitement. Mettez-vous en position et faites pivoter le Caveatron jusqu'au point de départ du balayage, en le maintenant sur le point qui vient d'être choisi pour le balayage.



Le LIDAR démarre et s'initialise dès que l'écran **START SCAN** s'affiche. Saisissez fermement le Caveatron et appuyez sur le gros bouton vert de l'écran pour démarrer le balayage. Après avoir entendu *le signal sonore de démarrage*, vous pouvez commencer à faire tourner le Caveatron. Veillez à tourner lentement et sans à-coups, sans provoquer de mouvements brusques. Vous pouvez varier la vitesse de rotation au fur et à mesure, en fonction de ce que le LIDAR est en train de scanner. Si vous scannez un mur très proche, vous pouvez tourner plus vite car les points collectés sont très proches les uns des autres, mais si vous scannez quelque chose de très éloigné ou dans une galerie, vous devez tourner beaucoup plus lentement pour être sûr de capturer suffisamment de points car ils seront beaucoup plus espacés. N'oubliez pas d'éviter de placer une partie de votre corps dans la zone de balayage à 180 degrés.

Lorsque vous arrivez à la fin de l'arc de balayage, veillez à ne pas relever le Caveatron pour le regarder ou le diriger dans une autre direction avant d'entendre le signal sonore indiquant que le scan est terminé. Sinon, vous obtiendrez des données erronées dans le balayage. Pour terminer appuyez sur le bouton **END SCAN** à l'écran, en veillant à ce que le Caveatron ne change pas d'angle lorsque vous appuyez dessus. Lorsque le balayage se termine avec succès, vous entendez *le signal sonore de réussite*.

Si le balayage s'est terminé avec succès, l'écran affiche le pourcentage de données LIDAR, c'est-à-dire le nombre de points LIDAR acquis par rapport au nombre maximal possible compte tenu du débit de données du LIDAR et de la durée du balayage. Le nombre peut s'afficher en vert, en jaune ou en rouge, ce qui permet d'évaluer rapidement si les paramètres étaient excellents (vert), corrects (jaune) ou médiocre (rouge). Si le chiffre est rouge, cela ne signifie pas toujours que la numérisation est mauvaise, car les paramètres de qualité de la numérisation. Par exemple, un balayage dans une grande salle où les parois ou le plafond sont hors de portée du Caveatron entraînera une diminution du nombre de points LIDAR obtenus. Toutefois, si ce n'est pas le cas, vous pouvez envisager de refaire le balayage. La valeur Total Scans indique le nombre de rotations complètes du LIDAR effectuées au cours de la «traversée».

Si la numérisation a échoué, l'écran affiche un message indiquant la cause

A60 / #1 Scans to left side END SCAN RECORDING ... **8K Scan Mode** LIDAR Speed: FAST Rotate box over splay point 12:55 **ROOM MODE** Splay: A60/#1 COMPLETE LIDAR Data %: 52 Total Scans: 57 Another Redo Splay DONE

de l'échec. Notez que toutes les données de la numérisation sont toujours enregistrées dans le fichier .CVL, même si elle a échoué, de sorte que les données sont toujours disponibles pour le post-traitement si vous décidez de les utiliser malgré tout (mais elles sont signalées comme une numérisation ayant échoué).

En bas de l'écran, le bouton **REDO** vous permet de reprendre la numérisation et vous ramène directement à l'écran **Splay Shot** avec le même numéro de numérisation. Dans ce cas, la numérisation est marquée comme un scan à refaire afin de l'identifier lors du post-traitement. Le bouton **ANOTHER SPLAY** permet d'effectuer un nouveau balayage en utilisant la même station comme référence et vous ramène directement à l'écran **Splay number** (numéro de balayage) avec le numéro suivant pré-saisi. Enfin, le bouton **DONE** permet de quitter le mode salle et de revenir au menu principal.

Mode Manuel

Le mode manuel permet de mesurer rapidement les angles et les distances sans avoir à saisir les noms des stations. Ce mode permet uniquement de visualiser les mesures et n'enregistre aucune donnée.

Après avoir lancé le mode manuel, un écran s'affiche pour indiquer les valeurs d'azimut, d'inclinaison et d'angle de roulis en temps réel, et le faisceau laser s'allume. Vous pouvez immédiatement visualiser l'angle de pointage réel du laser à partir des chiffres affichés à l'écran (par rapport à un point marqué à l'arrière du Caveatron). Au bas de l'écran se trouve l'interrupteur **RANGE** qui permet d'activer ou de désactiver la mesure de la distance (la valeur par défaut est **OFF**).

En appuyant n'importe où dans la partie centrale de l'écran, une visée est prise de la même manière qu'en mode « Visées » (une moyenne de 75 lectures d'angle et de 3 lectures de distance). Si l'interrupteur de lecture de distance est sur **OFF**, seuls les angles sont relevés. Si l'interrupteur de lecture de distance est sur **ON**, le Caveatron tente également d'acquérir les mesures de distance. Comme pour le mode visées, le laser doit pointer vers la carte réfléchissante pour que les mesures de distance soient prises, sinon la visée échouera. Une fois la mesure terminée, le résultat s'affiche. Pour revenir à l'angle de vue en direct, appuyez sur la partie centrale de l'écran. Pour quitter le mode manuel et revenir au menu principal, appuyez sur le bouton **DONE**.



Mode « Survey » (Relevé Topographique)

Le mode "Survey" offre des fonctions permettant de visualiser les données du relevé et des numérisations, d'effectuer certaines modifications mineures et de créer de nouveaux relevés.

CRÉATION D'UN NOUVEAU RELEVÉ

Avant de commencer un relevé, les fichiers de données doivent être créés et initialisés. Pour ce faire, il suffit de sélectionner le bouton **NEW SURVEY SETUP**, qui fait apparaître un clavier permettant de saisir le nom de la cavité. Des raccourcis sont fournis pour les mots « Cave » (Grotte) et « Pit » (Gouffre, Aven, Puits). Le nom saisi ici est également utilisé pour le nom du dossier dans lequel les fichiers du relevé sont stockés. Si vous souhaitez annuler la création d'un nouveau relevé, appuyez plusieurs fois sur la touche d'effacement pour supprimer tout le texte, qui redeviendra ensuite le bouton **CANCEL**.

Après avoir saisi le nom de la cavité, appuyez sur **ENTER** et l'écran suivant s'affiche, indiquant le nom de base généré automatiquement pour tous les fichiers. Il doit comporter 8 caractères et utilise les 4 premiers caractères du nom de la cavité, les 2 chiffres du mois et les 2 chiffres de la date. Appuyez sur **ENTER** pour accepter le nom par défaut ou modifiez-le en choisissant n'importe quelle combinaison de chiffres et de caractères. Une fois le nom du fichier de base saisi,



les fichiers sont créés pour le relevé sur la carte micro SD interne et initialisés avec des en-têtes et des valeurs de départ. Un message apparaît brièvement pour vous informer que les fichiers ont été créés avec succès.

L'écran suivant permet de saisir des informations sur le relevé, telles que les noms des membres de l'équipe, les conditions du relevé ou d'autres informations sur la cavité. Ces informations sont facultatives. L'écran affiche un clavier de type QWERTY et une zone de saisie de texte. Cette zone est limitée à 84 caractères. Les chiffres et les caractères spéciaux peuvent être trouvés en appuyant sur le bouton **MORE**. Une deuxième pression sur le bouton **MORE** fait réapparaître les lettres. Appuyez sur **ENTER** pour enregistrer les informations qui apparaîtront en haut du fichier du relevé *.SRV* lorsqu'il sera visualisé dans le logiciel « Walls Cave Mapping ». Les informations peuvent être visualisées et modifiées ultérieurement à partir de la page des statistiques du relevé ou ajoutées à partir de cette page si vous ne souhaitez pas le faire pour l'instant.

VOIR LA LIGNE DE CHEMINEMENT

Le tracé linéaire montre les vecteurs des visées du relevé en cours. Il est utile pour se faire une idée de la direction et de l'interconnexion des galeries, ainsi que des endroits où des relevés supplémentaires pourraient être nécessaires. Les stations sont représentées par des carrés jaunes et les vecteurs de visée entre les stations par des lignes bleues. Les stations sont étiquetées avec leur nom, bien que certaines étiquettes ne soient pas affichées si les stations sont trop proches les unes des autres. Le tracé du cheminement montre également la station la plus récente sous la forme d'un grand triangle vert et toutes les stations en double (telles que les fermetures de boucles) sont représentées par des carrés rouges. Notez que les boucles ne sont pas fermées activement dans ce tracé, ce qui vous permet de voir la qualité du bouclage en fonction de la proximité des points

> de fermeture les uns par rapport aux autres. Le tracé peut être visualisé à partir de trois directions possibles qui sont sélectionnées en appuyant sur le bouton indiqué :

Vue en **PLAN** depuis le haut, Vue en

PROFILE (coupe) depuis le sud et Vue en **PROFILE (coupe)** depuis l'est. Le tracé se met automatiquement à l'échelle pour englober l'ensemble du relevé et une barre d'échelle indique l'échelle actuelle. Il existe également une option **TOGGLE LABELS** permettant d'activer ou de désactiver les étiquettes. S'il y a plus d'un groupe de visées non connectées, un bouton **TOGGLE GROUP** permet de passer de l'un à l'autre.

La visionneuse de cheminement dispose également des modes zoom et panoramique permettant d'obtenir une vue plus détaillée d'une partie du relevé. Appuyez sur l'écran d'affichage de la ligne de cheminement pour passer du mode panoramique au zoom. Les boutons en bas de l'écran changent pour faire apparaître les boutons **ZOOM IN** et **ZOOM OUT.**

25









Lorsque vous faites un zoom avant, vous pouvez effectuer une vue panoramique en appuyant près du bord de l'écran de cheminement dans la direction souhaitée. Le bouton **RESET VIEW** rétablit la vue entièrement zoomée et **EXIT ZOOM/PAN** permet de revenir à l'écran initial du tracé de cheminement.

VISUALISATION ET ÉDITION DES DONNÉES DU RELEVÉ

Cette fonction dresse la liste des visées effectuées pendant le relevé en cours et propose des options permettant de les modifier et d'ajouter des notes. Cette liste indique les noms des stations *FROM* et *TO*, les trois mesures vectorielles et s'il s'agit d'une visée *inverse*. Cette liste est triée dans le temps de manière à ce que la visée la plus récente apparaisse en premier. Huit visées sont affichées par page et on passe d'une page à l'autre en appuyant sur le bouton **NEXT** au bas de la page ou sur le bouton **PREV** pour passer à la page précédente. Le numéro de la page en cours et le nombre total de pages sont également affichés.

En tapant sur l'une des visées, un menu contextuel s'affiche avec plusieurs options permettant de la modifier. **ADD NOTE** affiche un écran avec un clavier de type QWERTY et une zone de texte pour saisir une note pour cette visée avec des informations telles qu'une description de la zone, la présence ou non de formations, si la station correspond à une station d'un relevé précédent, etc. Vous pouvez saisir jusqu'à 81 caractères et la note est stockée dans le fichier du relevé et affichée dans le logiciel Walls Cave Mapping. Appuyez sur **ENTER** pour l'enregistrer et quitter. Si vous sélectionnez **ADD NOTE** à une visée pour laquelle une note a déjà été saisie, la note est affichée dans la zone de texte et peut être modifiée. Pour laisser la note inchangée, appuyez sur **ENTER** ou sur **DELETE** jusqu'à ce que le bouton **CANCEL** apparaisse.

L'option de menu **EDIT NAME** vous permet de modifier les noms des stations *FROM* ou *TO* au cas où ils auraient été saisis de manière incorrecte ou devraient être modifiés. Un écran apparaît pour sélectionner la station *FROM* ou *TO*, puis l'écran de saisie du code de la station s'affiche avec le nom actuel de la station saisi dans la boîte de texte. Après l'avoir modifié, appuyez sur **ENTER** pour accepter le nouveau nom. Pour le laisser inchangé, appuyez sur **ENTER** ou **DELETE** à plusieurs reprises jusqu'à ce qu'il se transforme en bouton **CANCEL**.

L'option de menu **BACK<->FRONT** permet de « front-sight » à « backsight » ou vice versa.

L'option de menu **DELETE** supprime complètement la visée du fichier de relevé *.SRV* ainsi que toute note saisie à son sujet. Une boîte de dialogue s'affiche pour vous demander de confirmer que vous souhaitez réellement supprimer le plan avant de le faire.

VISUALISATION DES DONNÉES DE BALAYAGE

Les différents scans LIDAR de l'étude en cours peuvent être visualisés de manière basique pour confirmer que le Caveatron enregistre les données souhaitées et pour obtenir une visualisation simple du plan et du profil des passages. Cela peut également être utile si vous créez un croquis traditionnel à la main avec les scans. La liste des numérisations indique le nom de la station de référence utilisée pour la numérisation, le type de numérisation (Traversée (T) ou Splay (S)) et le numéro de la numérisation, ainsi que le nombre de points numérisés. La colonne la plus à droite,

13:22	Rev	vlew/Edit	: Shots	
From	То	Dist	Azi	Inc
11	10	6.29	73.62	2.15
10	11	6.30	242.4	9 0.53
10	9	9.53	86.46	5 1.28
9	8	9.95	93.52	-1.21
9	10	9.54	253.6	0 1.49
8	9	9.95	265.4	9 2.96
8	17	7.78	89.23	-0.77
7	8	7.80	260.6	2 3.78
PRE	EV	NEXT		DONE
Pa	ge 3/5	Select t	o Edit/I	Delete



intitulée « Ok », indique l'état de la numérisation. Une entrée vide signifie que la numérisation a été effectuée avec succès, "FR" signifie que la numérisation a échoué et a été refaite, ou « FC » signifie que la numérisation a échoué et a été annulée. Huit numérisations sont affichées par page et les pages sont parcourues en appuyant sur les touches fléchées au bas de la page, la touche fléchée droite permettant de passer à la page précédente. Le numéro de la page en cours et le nombre total de pages sont également affichés.

Le fait d'appuyer sur un balayage charge ce dernier et l'affiche sous forme de graphique dans une fenêtre. Le graphique montre les stations sous forme de gros points rouges et les points de mur sous forme de points verts. S'il s'agit d'un balayage transversal, la trajectoire estimée du Caveatron pendant le balayage est également représentée par de petits



points jaunes. S'il s'agit d'un balayage « Salle » le point où le balayage a été effectué par rapport à la station est indiqué (si le balayage n'a pas été effectué directement sur la station). Notez que les données affichées dans

183091 C1 T3 C2 T3 251354 C5 T1 353192 C6 **S1** 207760 E23 S1 145410 E23 T1 214703 FC СЗ 208814 C4 T1 114248 DONE PREV NEXT Page 2/6

cette fenêtre ne sont en aucun cas traitées, et qu'elles présentent donc des erreurs dues aux mouvements du corps, au fait de secouer ou d'incliner l'appareil, ainsi que des points aberrants bruités, qui sont tous traités ou supprimés lors du post-traitement. Si vous avez chargé un scan « Traversée » (Galerie), deux options d'affichage sont proposées : la vue en **Plan** qui montre les points de la paroi directement à gauche et à droite du Caveatron et la vue en **coupe (Profile)** qui montre les points de la paroi directement au-dessus et au-dessous du Caveatron. Pour les scans de type « Salle », seule la vue en **coupe** est disponible. Le tracé se met automatiquement à l'échelle pour englober l'ensemble du scan et une barre d'échelle indique l'échelle actuelle. Les fonctions **Zoom** + et **Zoom** permettent d'effectuer des zooms avant et arrière.

CONSULTATION DES STATISTIQUES DU RELEVÉ

Cette fonction permet d'obtenir des statistiques sur le relevé en cours, notamment le nom de la cavité, le nom du fichier, la distance parcourue, la profondeur topographiée, le nombre de stations, le nombre de visées frontales et inverses, le nombre de balayages de type « Galerie » (Traversées) et de balayages de type « Salle » (Splays), ainsi que la date et l'heure auxquelles le relevé a été commencé.

En bas de la page, le bouton **EDIT SURVEY INFO** vous permet d'afficher ou d'éditer les informations sur le relevé qui ont été saisies lors de la configuration du relevé ou d'ajouter des informations si elles n'ont pas été saisies à ce moment-là. Après avoir modifié ou saisi de nouvelles informations, appuyez sur **ENTER** pour les accepter. Pour laisser les informations inchangées, appuyez sur **ENTER** ou sur **DELETE** jusqu'à ce que le bouton **CANCEL** apparaisse.

13:16 SURVEY	STAT	STICS	
Cave Name: CARACOL C	REEK	COONCAVE	
Base File Name	a:	CARA0104	
Distance Surv	eyed:	123.95	
Depth of Survey:		9.97	
Number of Sta	21		
# Front/Back	20/16		
# Traverses/Splays:		18/9	
Start Date / T	<mark>ime:</mark> 2020-0	01-04 / 15:30	
Edit Survey Info	RETURN TO MAIN MENU		

Review LIDAR Scans

Ok

Station Scan #Points

11:28

Transfert de fichiers vers un ordinateur

Le Caveatron utilise le protocole de transfert de médias (MTP) pour permettre aux ordinateurs de se connecter, d'afficher, de transférer et de supprimer des fichiers. Le protocole MTP est principalement utilisé par les appareils à système Android, de sorte que son niveau de compatibilité varie selon le système d'exploitation de l'ordinateur (voir l'encadré cidessous). La connexion n'est normalement pas active et est initiée par la sélection d'un élément de menu dans l'interface graphique du Caveatron, après quoi la connexion est établie automatiquement.

Pour connecter le Caveatron à un ordinateur, procédez comme suit :

- Branchez un câble USB à USB-mini dans le Caveatron et l'ordinateur.
- Assurez-vous que l'ordinateur est allumé.
- · Allumez le Caveatron.
- Allez dans **UTILITIES** \rightarrow **SD CARD** et appuyez sur le bouton **USB CONNECT**.

Selon le système d'exploitation, différentes actions se produiront :

<u>Windows</u> : Le Caveatron apparaît comme un périphérique connecté appelé « Caveatron ». En l'ouvrant, vous découvrirez un dossier de carte SD contenant les fichiers du Caveatron. Vous pouvez parcourir, copier et supprimer des fichiers et des dossiers comme sur une clé USB normale.

<u>Mac</u> : Ouvrez l'application Android File Transfer et elle se connectera au Caveatron en tant que « Caveatron » (l'application peut également s'ouvrir automatiquement en fonction de sa configuration). Elle fournit une fenêtre pour parcourir, copier et supprimer des fichiers et des dossiers.

<u>Linux</u> : Le Caveatron apparaîtra comme un lecteur monté appelé « Caveatron MTP Disk » ou similaire. En l'ouvrant, vous découvrirez un répertoire de carte SD contenant les fichiers du Caveatron. Vous pouvez parcourir, copier et supprimer des fichiers et des dossiers comme sur une clé USB normale.

Une fois le transfert de fichiers terminé, vous devrez éteindre le Caveatron avant de l'utiliser pour toute autre fonction.

SYSTÈMES D'EXPLOITATION SUPPORTÉS

<u>Windows</u> : MTP est pris en charge de manière native par le système d'exploitation. Rien d'autre n'est requis.

<u>Mac OS</u> : Le protocole MTP n'est pas pris en charge par le système d'exploitation et il n'existe pas de pilote gratuit pour l'ensemble du système. Le seul logiciel gratuit actuellement connu pour fonctionner est une application appelée Android File Transfer, qui contient ses propres pilotes MTP. Android File Transfer peut être téléchargé à partir d'ici : https://www.android.com/filetransfer/

<u>Linux</u> : Certaines distributions récentes intègrent la prise en charge du MTP. Pour les autres, libmtp peut être installé pour fournir un support. Des informations sont disponibles à l'adresse suivante : http://libmtp.sourceforge.net/



STOCKAGE ET TYPES DE FICHIERS

Les fichiers utilisés par le Caveatron sont au format texte et peuvent être visualisés dans n'importe quel programme d'édition de texte. Plusieurs fichiers différents sont générés pour chaque relevé. Tous les fichiers d'un relevé particulier sont stockés dans un seul dossier intitulé avec le nom de la grotte suivi de la date au format AAAA-MM-JJ. Les espaces sont convertis en caractères de soulignement. Les fichiers contenus dans le dossier ont des noms de 8 caractères et ont tous le même nom de base avec les 4 lettres saisies lors de la configuration de l'étude et 4 chiffres formant la date au format MMDD. Chaque fichier a une extension différente selon le type décrit ci-dessous. Voici un exemple :

Dossier : LIMESTONE_ROCK_CAVE_20-12-06

Fichiers :	
LIME1206.SRV	LIME1206.CVL
LIME1206.IMU	LIME1206.LOG
LIME1206.DAT	

Il est possible d'avoir plus d'un ensemble de fichiers de relevé dans un même dossier, à condition qu'ils aient tous des noms de fichiers de base différents. C'est possible si le même nom de cavité est utilisé pour créer un nouveau relevé à la même date. Ou si aucun nom de cavité n'est saisi lors de la création d'un nouveau relevé, le nom de la cavité et le dossier actuels sont utilisés. Dans ce cas, les quatre premières lettres du nom du fichier de base doivent être différentes. Le Caveatron ne vous permettra pas d'écraser les fichiers existants. Une liste d'autres relevés sur la **SD CARD** peut être visualisée dans l'utilitaire **SD CARD** et rouverte en tant que relevé actuel, à condition qu'un fichier .DAT valide soit présent pour ce relevé.

Les différents types de fichiers sont les suivants :

<u>Survey file (.SRV)</u> – contient les données vectorielles des visées de cheminement d'une station à l'autre (en mode visées). Ce fichier est au format Walls et peut être ouvert dans Walls ou par le logiciel Caveatron Process. Le format de ce fichier est indiqué dans le manuel du logiciel Walls.

LIDAR file (.CVL) – contient les données de balayage LIDAR des modes Galerie et Salle. Ce fichier est dans un format personnalisé qui est ouvert par le logiciel Caveatron Process.

<u>IMU calibration file (.IMU)</u> – contient des données d'étalonnage. Elles sont utilisées par le logiciel Caveatron Process pour améliorer la précision des données de balayage du LIDAR. Le format de ce fichier est décrit en détail dans le document « Caveatron Setup & Calibration Instructions ». Des versions spéciales des fichiers d'étalonnage .IMU sont utilisées pour charger de nouveaux paramètres d'étalonnage et sont téléchargées d'un ordinateur vers le Caveatron.

Log file (.LOG) – contient des informations internes enregistrées sur l'état du Caveatron, utiles pour le débogage, ainsi que les données brutes des capteurs de visées, qui peuvent être utiles en cas d'erreur d'étalonnage. Ce fichier n'a normalement pas besoin d'être utilisé.

<u>Settings file (.DAT)</u> – contient des informations sur le relevé topographique utilisées par le Caveatron pour maintenir une liste interne de topos, de scans et d'autres informations sur le relevé. Ce fichier n'est pas utilisé en dehors du Caveatron et ne doit pas être modifié.

Réglages

Le Caveatron dispose de plusieurs réglages qui peuvent être ajustés pour sélectionner vos paramètres de fonctionnement préférés. Les réglages spécifiques affichés diffèrent selon le matériel de votre Caveatron. Ces paramètres sont conservés après avoir éteint et rallumé l'appareil. Après avoir modifié les paramètres, il est préférable de redémarrer le Caveatron pour s'assurer qu'ils sont appliqués.

Lorsque vous ouvrez un paramètre, une liste de paramètres s'affiche avec des boutons radio à droite. Le bouton radio situé à côté du paramètre actuellement actif est rempli d'un point vert. Touchez n'importe quel autre bouton radio pour sélectionner un nouveau paramètre. Les nouveaux réglages ne sont pas appliqués tant que le bouton **SAVE** n'est pas sélectionné. Pour revenir au menu précédent sans effectuer de modifications, appuyez sur **CANCEL**.

VITESSE ET DÉBIT DU LIDAR

Vitesse de rotation du LIDAR

Cette vitesse peut être modifiée entre SLOW (lente), MEDIUM (moyenne) et FAST (rapide). Elle ne modifie que la vitesse de rotation du LIDAR, et non la quantité des données collectées. Une vitesse de rotation plus lente signifie que l'espacement entre les points d'une rotation sera plus faible, mais à moins que vous ne vous déplaciez également beaucoup plus lentement, l'espacement entre chaque rotation sera plus important. Les vitesses plus élevées, en revanche, permettent un plus grand nombre de rotations, de sorte que les balayages sont plus fréquents au fur et à mesure que vous vous déplacez. L'espacement entre les rotations est donc plus réduit, ce qui permet de se déplacer plus rapidement.

Débit de données LIDAR.

Ce paramètre peut être modifié entre 3 réglages pour les débits de données possibles du RP LIDAR. Normalement, vous devriez utiliser le réglage 8000 pt/sec pour obtenir le plus grand nombre de données. Les autres réglages présentent quelques avantages. À 2000 pts/sec, les données sont de la plus haute qualité (moins bruitées) et le LIDAR fournit un numéro de facteur de qualité avec chaque point de données qui est utilisé par le Caveatron pour réduire les points aberrants. La différence entre 4000 et 8000 pts/sec est mineure, mais 4000 pts/sec semble



produire des données légèrement moins bruitées que 8000 pts/sec. Cependant, l'avantage d'avoir plus de points l'emporte sur la légère réduction de la précision.

Pour le RP LIDAR A1M8, le réglage FAST combiné au taux de données de 8000 pts/sec fournit un bon équilibre entre l'espacement des points et la distance entre chaque rotation de balayage pour des galeries de taille courante, en se déplaçant à environ 0,25 - 0,5 m/s. Le réglage SLOW combiné au taux de données de 8000 pts/sec est approprié pour une zone où les parois sont proches et où l'on veut obtenir le maximum de détails. Si vous souhaitez obtenir une précision maximale, un réglage SLOW et 2000 pts/sec donnera les meilleurs résultats, mais cela n'a d'intérêt que si le Caveatron est monté sur un trépied et se déplace très lentement (0,1 m/sec ou moins), car les mouvements du corps l'emportent sur les avantages de cette combinaison.

TAUX DE LRF

Actuellement, un seul réglage est disponible : 1 point/sec. Cependant, certains modules LRF pris en charge fournissent également un taux de mesure rapide et la prise en charge de ces taux pourrait être ajoutée à l'avenir.

EXTINCTION AUTOMATIQUE (AUTO POWER OFF)

Éteint automatiquement l'appareil pour économiser la batterie lorsqu'il se trouve dans l'écran du menu principal ou dans l'écran du menu des utilitaires. Ce paramètre ajuste le temps avant qu'il ne s'éteigne à partir de la dernière pression sur l'écran tactile et peut être réglé sur 1, 2 ou 5 minutes. Il peut également être réglé sur NEVER (jamais) pour empêcher la mise hors tension automatique de s'activer.

DIMINUTION DE LA LUMINOSITÉ DE L'ÉCRAN LCD

Certaines configurations matérielles du Caveatron permettent de régler la luminosité de l'écran. La réduction de la luminosité de l'écran augmente considérablement l'autonomie de la batterie.

Luminosité de l'écran LCD

La luminosité de l'écran peut être modifiée entre 100 %, 50 %, 25 % et 12 %.

Atténuation de l'écran LCD

La luminosité L'écran peut être réglée pour s'atténuer automatiquement après 1 minute d'inactivité. Une fois que l'écran s'est assombri, le fait d'appuyer n'importe où sur l'écran rétablit le niveau de luminosité défini. Le niveau d'atténuation automatique équivaut à une luminosité de 6 %. Il est également possible de désactiver la fonction d'assombrissement automatique.

RÉGLAGE DE LA DATE ET DE L'HEURE

L'horloge interne peut être réglée en allant dans **UTILITIES →SETTINGS → SET DATE & TIME**. Un écran s'affiche et indique la date et l'heure actuelles. L'heure est affichée au format 24 h. Sélectionnez l'un des boutons ci-dessous pour régler l'année, le mois, la date, l'heure ou la minute. En appuyant sur l'un de ces boutons, un clavier numérique apparaît pour saisir une nouvelle valeur. Après avoir saisi une nouvelle valeur, appuyez sur **ENTER** pour définir la nouvelle valeur ou appuyez sur **CANCEL** pour ne modifier aucune valeur. (Voir l'encadré sur l'utilisation du clavier à la page 7) Après avoir saisi la nouvelle valeur, l'écran principal de réglage de la date et de l'heure réapparaît et affiche la nouvelle valeur. D'autres réglages peuvent maintenant être effectués sur d'autres valeurs si nécessaire. Lorsque vous avez terminé, appuyez sur le bouton **SET** pour régler l'horloge sur la nouvelle heure. **CANCEL** permet de quitter l'écran sans enregistrer la nouvelle heure.

Notez qu'actuellement, l'heure d'été n'est pas réglée automatiquement, l'heure devra donc être réglée manuellement au printemps et à l'automne.



Étalonnage (« Calibration »)

Des instructions détaillées pour la configuration et l'étalonnage du Caveatron sont fournies dans le document « Caveatron Setup & Calibration Instructions » (Instructions de configuration et d'étalonnage du Caveatron), ainsi que des instructions sur la manière d'utiliser les fonctions d'étalonnage. La plupart des étalonnages ne doivent être effectués qu'une seule fois, lors du montage initial du Caveatron. Le seul étalonnage qui doit être effectué régulièrement est celui Du compas de l'utilisateur, dont les instructions sont répétées dans cette section.

ÉTALONNAGE DU COMPAS

Le capteur magnétométrique utilisé pour le compas dérive au cours du temps et doit donc être recalibré régulièrement. L'idéal est de le faire avant chaque sortie dans une cavité pour obtenir des résultats optimaux Cet étalonnage est simple à réaliser et les étapes sont décrites ci-dessous. Commencez par trouver une zone éloignée de tout bâtiment ou de toute ligne électrique importante. Veillez tout particulièrement à rester loin de tout moteur, tel que les compresseurs utilisés dans les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation. N'oubliez pas que les routes et les trottoirs ne sont pas de bons choix car ils contiennent souvent des barres d'armature.

Dans le menu **CALIBRATION**, sélectionnez la fonction **COMPASS CALIBRATION**. Il y a deux étapes - d'abord la détermination du centre de rotation approximatif de la sphère d'étalonnage et ensuite le calcul des coefficients. Les deux étapes se déroulent à peu près de la même manière. Tenez le Caveatron devant vous et lorsque vous êtes prêt, appuyez sur **START CALIBRATION** pour l'étape #1 ou **CONTINUE CALIBRATION** pour l'étape #2. Tournez continuellement l'appareil dans tous les sens de façon à ce que chaque côté soit orienté dans toutes les directions à un moment donné. Une façon de procéder consiste à faire tourner l'appareil plusieurs fois sur un axe pendant que vous tournez vous-même progressivement sur 360°, puis à passer à chacun des deux autres axes de rotation pendant que vous continuez à tourner. Il arrive souvent que les directions les plus orientées vers le haut et vers le bas ne soient pas prises en compte ; il peut donc être nécessaire de faire tourner l'appareil plusieurs fois dans ces directions pour achever l'étalonnage. Une barre de progression s'affiche à l'écran pour indiquer le nombre de points acquis. L'appareil acquiert les points de manière intelligente afin de garantir une distribution relativement uniforme des points autour d'une sphère. Si vous tenez uniquement l'appareil dans une seule ou quelques directions, l'étalonnage ne sera jamais terminé car la répartition des points sera insuffisante.



À l'étape 1, l'objectif est de maintenir la barre de progression aussi longtemps que possible tout en recueillant suffisamment de points pour obtenir une position centrale précise pour la sphère magnétique. Si vous ne bougez pas, la barre de progression baisse rapidement, mais lorsque vous faites tourner le Caveatron sous différents angles, elle remonte au maximum. Plus vous la gardez remplie longtemps, plus le résultat est précis. Finalement, vous aurez recueilli des points dans toutes les directions et la barre de progression atteindra zéro, ce qui marquera la fin de l'étape 1.

À l'étape 2, l'objectif est de remplir la barre de progression. Au fur et à mesure que vous faites tourner le Caveatron sous différents angles et que de nouveaux points de données sont collectés, la barre de progression se remplit progressivement. Faites tourner le Caveatron comme précédemment. Les derniers pourcents peuvent être un peu plus difficiles à obtenir car vous devez trouver les angles et les orientations de l'unité que vous n'avez pas encore couverts.

Une fois l'étalonnage terminé, les coefficients sont immédiatement calculés et affichés à l'écran. Si vous êtes satisfait, appuyez sur **SAVE & EXIT** et ils seront stockés dans l'EPROM en tant que nouveaux paramètres d'étalonnage de type fer dur (aimants, fils électriques) / fer doux (métaux ferreux) pour cette configuration LIDAR. Ils peuvent être mis à jour à tout moment en répétant l'étalonnage de la boussole. Notez que si vous n'appuyez pas sur **SAVE & EXIT**, les nouveaux coefficients ne sont pas enregistrés et les coefficients existants restent en mémoire.

Step 2: Get Calibration Pts Continuously rotate box in al possible orientations to fil blue progress ber	Step 2: Get Calibration Pts Continuously rotate box in all possible orientations to fill blue progress ber		Hard Iron Celibration X= 765.3206 Y= -136.3573 Z= 74.5205		
CONTINUE	CALIBRATI	CALIBRATING		-0.09943 0.89360 0.00521	tion 0.05000 0.00521 0.94239
CALERATION	Points Collected	67 %	Points Collected 100 %		
CANCEL			CANC	EL S	AVE EXIT

SAUVEGARDER LES PARAMÈTRES D'ÉTALONNAGE

Cette fonction enregistre les paramètres d'étalonnage actuels dans un fichier nommé "Cal_save.imu", à la racine de la carte SD (pas dans un dossier). Ce fichier peut être téléchargé sur un ordinateur par le processus normal de transfert de fichiers via USB. Ce fichier peut également être rechargé si vous effectuez un nouvel étalonnage qui n'est pas satisfaisant.

CHARGER LES PARAMÈTRES D'UN ÉTALONNAGE PRÉCÉDENT

Cette fonction permet de charger un fichier d'étalonnage précédemment enregistré (sous le nom "Cal_save.imu"). Tous les paramètres d'étalonnage actuels sont remplacés par les valeurs de ce fichier et un écran d'avertissement vous donne la possibilité de poursuivre ou d'annuler. Si vous choisissez de continuer, attendez quelques secondes jusqu'à ce qu'un message apparaisse indiquant que le chargement est terminé. Le Caveatron doit être redémarré après avoir exécuté cette fonction pour s'assurer que les nouveaux paramètres sont appliqués.

CHARGER DE NOUVEAUX PARAMÈTRES D'ÉTALONNAGE

Cette fonction charge un sous-ensemble de paramètres d'étalonnage à partir d'un fichier nommé « Cal_new.imu » qu'un utilisateur télécharge sur la carte SD du Caveatron par le processus de transfert de fichiers via USB. Ce fichier doit être placé à la racine de la carte SD (pas dans un dossier). Il s'agit d'une version spéciale d'un fichier IMU qui peut contenir un sous-ensemble de paramètres d'étalonnage. Si un seul type de paramètre d'étalonnage doit être modifié (par exemple, les décalages du magnétomètre), vous ne placerez que ces paramètres dans ce fichier et, lors du chargement, seules ces valeurs seront modifiées. Une description détaillée du format d'un fichier « Cal_new.imu » se trouve dans le document « Caveatron Setup & Calibration Instructions » (Instructions de configuration et d'étalonnage du Caveatron).

Lors de l'exécution de cette fonction, un message apparaît indiquant les types de paramètres d'étalonnage trouvés dans le fichier qui seront écrasés et la date dans le fichier .IMU pour confirmer qu'il s'agit des paramètres corrects à charger. Après le chargement, attendez plusieurs secondes jusqu'à ce qu'un message apparaisse indiquant que le chargement est terminé. Le Caveatron doit être redémarré après avoir exécuté cette fonction pour s'assurer que les nouveaux paramètres sont appliqués.



Menu des Utilitaires

VISUALISATION EN DIRECT DE LA SORTIE DU LIDAR

UTILITIES \rightarrow **LIDAR** fournit une vue en temps réel de la sortie LIDAR.

Cela permet de vérifier ce que le LIDAR voit réellement dans la cavité et de s'assurer que les parois, le plafond et les autres caractéristiques souhaitées sont bien visibles. Elle peut également être utilisée pour le dépannage. La vue du LIDAR en direct sert uniquement à la visualisation et aucune donnée n'est enregistrée. Elle fonctionne également à un taux de données réduit de 2000 pts/sec puisque la résolution de l'écran est limitée. Au démarrage de cet utilitaire, le LIDAR s'initialise immédiatement. Dans la visualisation du LIDAR en direct, la grande fenêtre montre la sortie du LIDAR. Les points jaunes représentent les points LIDAR tandis que le point central vert représente la position du Caveatron. L'écran accumule les données des trois rotations précédentes du LIDAR avant d'être actualisé. Au dessous se trouvent l'échelle et le type de module LIDAR utilisé ainsi que des boutons de commande pour zoomer et dézoomer. Appuyez sur **DONE** pour retourner au menu principal



RÉOUVERTURE D'UN RELEVÉ PRÉCÉDENT

UTILITIES \rightarrow SD CARD \rightarrow OPEN OTHER SURVEY. Un relevé

topographique précédemment créé peut être rouvert pour continuer à y ajouter des visées et des numérisations. Une liste des relevés enregistrés sur la carte SD est affichée (jusqu'à un maximum de 32). Huit relevés sont affichés par page (illsutration ci-contre) avec le nom de la cavité, la date de début du relevé et les 4 lettres utilisées dans le nom du fichier de base. Passez d'une page à l'autre en appuyant sur **NEXT** ou **PREV** ou appuyez sur **CANCEL** pour quitter. Appuyez sur l'entrée du relevé topographique pour l'ouvrir et en faire le relevé en cours. Une boîte de dialogue apparaît brièvement pour confirmer que le relevé a été ouvert.

SD CARD INFO

UTILITIES \rightarrow **SD CARD** \rightarrow **SD CARD INFO**. Elle affiche des informations sur la carte SD, notamment son format, sa taille, l'espace disponible et le nombre de fichiers.

À PROPOS DE L'ÉCRAN

UTILITIES \rightarrow **ABOUT** Cet écran indique la version actuelle du logiciel installé et le numéro de série du Caveatron (le cas échéant).



Principes théoriques de fonctionnement

La capacité du Caveatron à scanner une cavité repose sur quatre composants clés : un LIDAR, un télémètre laser (LRF), un magnétomètre et un accéléromètre. Dans les versions récentes, un gyroscope a été ajouté pour améliorer la précision de la position. Le principe de fonctionnement général est le suivant : lorsque le Caveatron se déplace dans l'espace, il utilise le LIDAR pour scanner des sections transversales de la grotte suffisamment souvent pour générer un nuage de points dense. Chaque rotation du LIDAR doit être localisée dans l'espace, tant en termes de position que d'orientation. L'orientation provient du magnétomètre et de l'accéléromètre, qui permettent de calculer le tangage, le roulis et le mouvement de l'appareil. La position est beaucoup plus complexe car elle nécessite une base de référence. Pour développer le Caveatron, j'ai choisi d'utiliser le système classique de positionnées et les mesures de visée sont effectuées de la même manière que dans la pratique habituelle en topographie spéléo depuis de nombreuses années. Dans les relevés classiques, ces stations servent ensuite de base au dessin du croquis. Dans le cas du Caveatron, le principe est le suivant : les visées entre les stations sont prises par l'appareil lui-même, et le « croquis » correspond aux données de numérisation LIDAR, référencées aux stations.

Obtenir une mesure continue de la position par rapport à une station nécessite un marqueur permettant de la distinguer des autres. Pour le Caveatron, la fine carte plastique rétroréfléchissante constitue ce marqueur. Le LRF a été modifié pour ajouter une fibre optique sur son récepteur, ce qui réduit considérablement sa sensibilité. De ce fait, il ne permet généralement pas d'obtenir une mesure à partir des parois de cavités normales (il est possible d'obtenir une mesure LRF à partir de surfaces de couleur très claire, comme un mur peint en blanc, à de courtes distances d'environ un mètre). La carte réfléchissante utilise un matériau rétroréfléchissant qui crée une réflexion très forte et concentrée uniquement dans la direction de la source lumineuse. Normalement, un LRF serait saturé par une telle réflexion, mais avec le filtre, c'est le seul signal qu'il peut détecter. La réflexion de la carte est suffisamment forte pour que le LRF filtré puisse effectuer des mesures jusqu'à une distance de 40 mètres.

Lors d'une numérisation avec le Caveatron, on ne peut pas supposer qu'il sera toujours pointé précisément vers la station de référence, mais en raison des mouvements de l'opérateur, l'orientation du Caveatron varie légèrement. Lorsqu'un retour est obtenu de la carte par le LRF, nous savons exactement où il est pointé, ce qui permet d'établir l'orientation et la position du Caveatron à cet instant comme un point fixe par rapport à la station. Entre ces points fixes, la position exacte du Caveatron ne peut être connue, mais peut être estimée à partir des données de l'accéléromètre, du magnétomètre et du gyroscope, ce qui est réalisé en post-traitement. En général, les estimations de position de ce type de capteurs sont sujettes à des dérives, l'erreur augmentant rapidement. Cependant, comme le Caveatron effectue généralement une mesure LRF environ une fois par seconde et que l'intervalle entre les mesures LRF est limité à 12 secondes maximum, la durée est suffisamment courte entre les points fixes pour minimiser l'erreur de dérive de position des capteurs.

Le LIDAR actuellement utilisé avec le Caveatron (RPLIDAR) utilise la triangulation pour déterminer sa portée. Cela signifie qu'un laser et un détecteur sont décalés l'un par rapport à l'autre, et que le détecteur utilise un capteur d'image linéaire pour observer l'emplacement du point laser. Si le point laser est situé à une extrémité du capteur, la distance est plus proche, et si le point laser est situé à l'autre extrémité, la distance est plus grande. Le nombre de pixels et la taille du détecteur limitent la résolution et la portée. D'autres LIDAR utilisent le principe du temps de vol et peuvent obtenir une portée plus importante, mais ils sont actuellement beaucoup plus chers. L'inconvénient d'un LIDAR basé sur la triangulation est la nécessité de faire passer la lumière à travers une fenêtre plane, car une fenêtre incurvée induirait une distorsion de la mesure de distance. Le LIDAR tourne en continu et génère un flux de mesures, chacune contenant un angle et une distance. L'angle correspond à la direction dans laquelle le LIDAR est pointé lors de la mesure de la distance. Le RPLIDAR permet d'ajuster le débit de données de sortie de 2 000 à 8 000 mesures par seconde. La vitesse de rotation peut également être ajustée, permettant ainsi d'obtenir un ensemble de points plus dense à chaque rotation, mais avec un espacement plus important entre les rotations (vitesse plus lente), ou un espacement plus serré et moins de points par rotation (vitesse plus rapide).

Le LRF utilise un laser rouge qui produit une série d'impulsions courtes pour mesurer le temps nécessaire à l'impulsion pour revenir de sa cible et calculer la distance. Dans le Caveatron, le laser rouge fait office de pointeur et tous les capteurs sont calibrés en fonction de la direction du point laser rouge. Les LRF disponibles pour le Caveatron ont tous un point de taille réduite, ce qui permet un pointage précis lors des mesures. Pour atteindre cette précision, le LRF doit moyenner un grand nombre de points en interne, ce qui limite la fréquence d'acquisition des mesures.

Le magnétomètre mesure l'angle de déplacement du Caveatron par rapport au nord magnétique en mesurant le champ magnétique terrestre. Ainsi, toutes les mesures du Caveatron ne sont pas relatives au nord géographique ; elles peuvent toutefois être converties dans le logiciel de post-traitement en saisissant la déclinaison magnétique de votre position. Malheureusement, les magnétomètres peuvent être affectés par bien d'autres facteurs que le champ magnétique terrestre, ce qui peut fausser les mesures. Il peut s'agir notamment de matériaux ferromagnétiques, comme le fer et certains aciers, et des courants électromagnétiques provenant de l'électricité et des moteurs. Dans les bâtiments, il est difficile d'obtenir des relevés magnétométriques fiables en raison de la présence de nombreuses sources de champs magnétiques, telles que les réfrigérateurs, les systèmes de chauffage/climatisation, les câbles électriques dans les murs ou le ferraillage du béton armé. Heureusement, les cavités souterraines naturelles ne contiennent généralement rien qui puisse affecter le magnétomètre, à quelques exceptions près, comme les portes de grottes et la lampe de votre casque. Par conséquent, le Caveatron doit être tenu à l'écart des portes autant que possible et vous ne devez pas placer votre lampe frontale ou votre batterie directement à côté du Caveatron. Certains types de cavités, comme les tunnels de lave, peuvent être situés dans des roches contenant des matériaux ferromagnétiques, mais l'effet de ce phénomène n'a pas été testé. Les magnétomètres sont sujets à une dérive interne et doivent donc être recalibrés régulièrement.

L'accéléromètre fournit l'angle d'inclinaison et de roulis du Caveatron par rapport à la gravité terrestre. Ainsi, la direction vers le bas est toujours connue. Les accéléromètres sont également affectés par les mouvements et peuvent donc être utilisés pour estimer la distance et la direction d'un mouvement. Cependant, l'effet de la gravité et celui du mouvement ne peuvent être facilement séparés sans l'utilisation d'un gyroscope. Les accéléromètres sont relativement stables et ne nécessitent donc pas de recalibrage régulier. Un gyroscope mesure le mouvement angulaire. Si un objet est immobile ou se déplace uniquement d'un côté à l'autre, un gyroscope ne fournit aucune mesure. Le gyroscope permet de séparer la composante d'accélération gravitationnelle et la composante d'accélération linéaire dans les données de l'accéléromètre. La version originale du Caveatron ne disposait pas de gyroscope et utilisait donc une méthode de filtrage et d'estimation linéaire pour déterminer sa position entre des points fixes. Grâce au gyroscope, l'orientation peut être calculée avec précision et la vitesse linéaire peut être estimée à tout moment pour fournir un calcul de position plus précis.