

GNG1503

**Manuel d'utilisation et de produit pour le projet de conception**

**Angle de trajectoire**

Soumis par:

FB12

BRYAN AKPALOO, 300193380

SAMI ALAMI, 300212813

RYAN BROAD, 300176293

TYLER STARESINIC, 300190930

14 avril 2021

Université d'Ottawa

# Table des matières

Liste d'acronymes .....	3
1. Introduction.....	4
2. Aperçu .....	5
3. Pour commencer .....	6
4. Utiliser le système.....	8
4.0.1 Outil 1 SV.....	8
4.0.1 Outil 2 SH .....	9
4.1 Fonction/Caractéristique donnée.....	10
4.1.1 Annotation du sous-système vertical .....	10
4.1.1 Annotation du sous-système horizontal .....	10
5. Dépannage & assistance .....	11
5.0.1 Sous système de mesure vertical.....	11
5.0.2 Sous système de mesure horizontale .....	11
5.1 Comportements d'erreur .....	12
5.2 Considérations spéciales .....	12
5.3 Entretien.....	12
5.4 Assistance .....	13
6. Documentation du produit .....	14
6.1 Sous-systèmes du prototype.....	14
6.1.1 LDM (Liste des Matériaux) .....	14
6.1.2 Liste d'équipements .....	14
6.1.3 Instructions.....	14
6.2 Essais & validation .....	15
7. Conclusions et recommandations pour les travaux futurs.....	16
8. Bibliographie.....	17
9. APPENDICE: Fichiers de conception .....	18

## Liste d'acronymes

**Table 1. Acronymes**

Acronyme	Définition
SV	Sous système de mesure verticale
SH	Sous système de mesure horizontale

## 1. Introduction

La méthode de reconstruction des fusillades a très peu évolué lors des dernières cent ans. Une méthode comprise de bâton, rapporteur d'angle, ou de corde. Dans les dernières quelques années, un laser a été introduit mais avec peu d'efficacité puisqu'elle comprend plusieurs contraintes. À la suite de l'entrevue avec le client l'équipe FB12 se sont mis à la tâche de créer un outil qui sera utile pour la reconstruction des fusillades. De plus, la méthode courante nécessite la présence de trois policiers pour accomplir la photo de l'angle, il faut plusieurs rapporteurs pour déterminer l'angle ainsi la précision n'est pas parfaite. Ce manuel d'utilisation et de produit (MUP) fournit les informations nécessaires aux policiers pour utiliser efficacement le produit et pour la documentation du prototype.

## 2. Aperçu

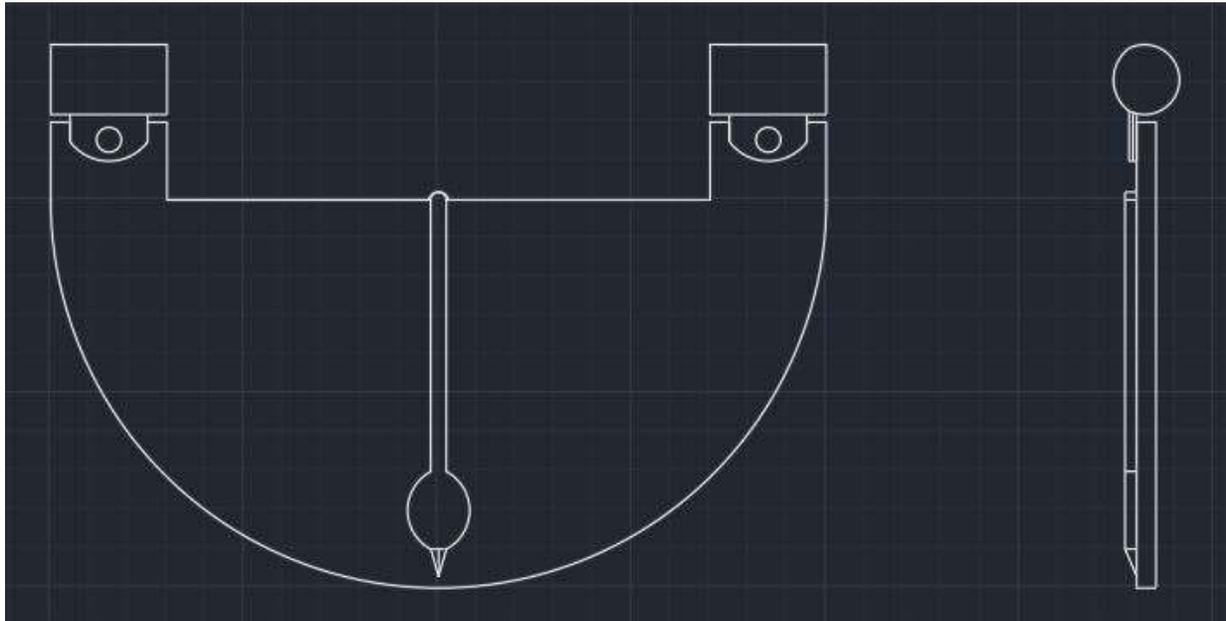
La méthode pour déterminer l'angle de trajectoire d'une balle après une fusillade a vue très peu d'évolution depuis son invention. Daniel Deschamps, policier dans la service de police d'Ottawa, nous a approché afin que nous développions une meilleure méthode de mesure d'angle. Le client a besoin d'une méthode qui est simple d'utilisation, ou le produit peut être utilisé d'une main, d'une précision de  $\pm 5^\circ$ , et adaptable a plusieurs surfaces.

Nous avons réussi à créer un produit qui conforme à tous les besoins du client. Le produit ne requière aucune main à tenir, le produit est simple à utiliser avec une précision de  $\pm 2^\circ$ .

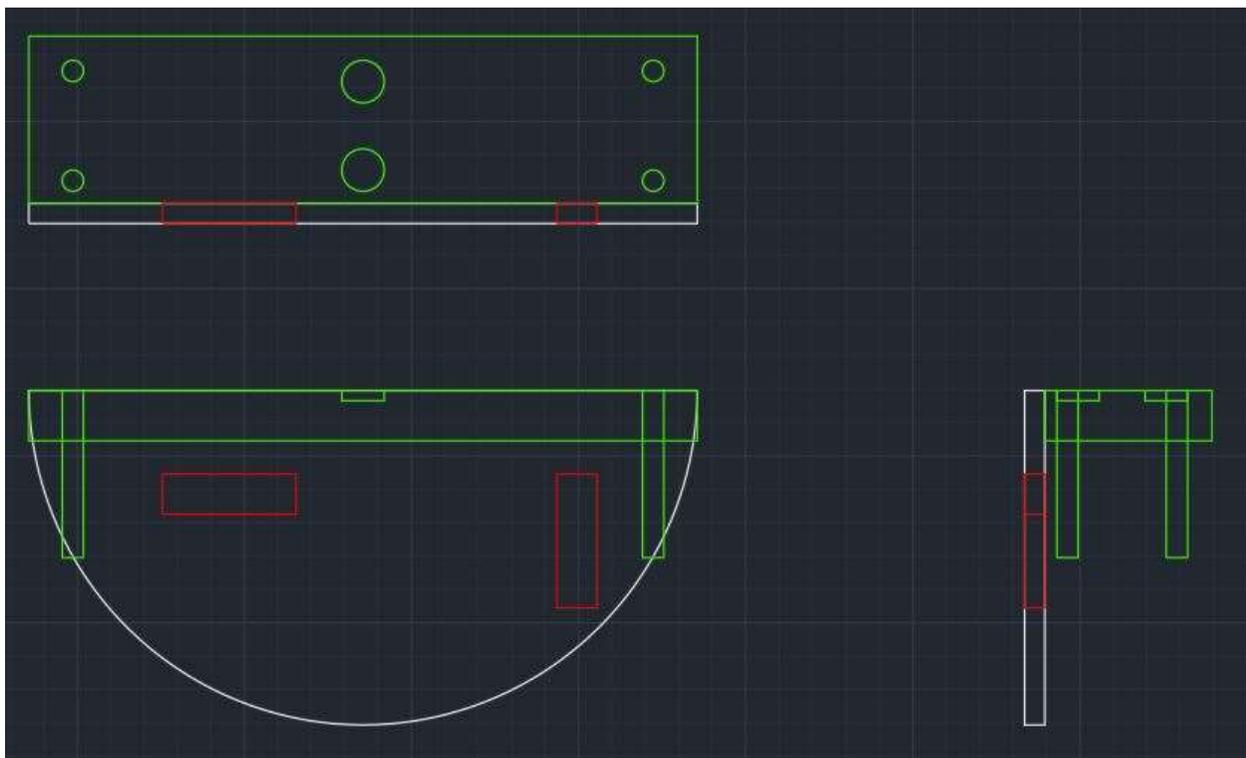


Afin de créer un produit plus simple et plus précis, nous avons décidé de développer un sous-produit pour chaque axe de mesure. Dons, le sous-produit nommé SV pour la mesure verticale et SH pour la mesure horizontale.

### 3. Pour commencer



Le premier outil, ci-dessus, sera attaché à la tige. Les clamps au-dessus du rapporteur d'angle serviront de la manière à laquelle l'outil sera tenu sur la tige. La barre au centre utilisera la gravité afin de déterminer l'angle auquel la tige sort de la surface. Cette méthode permet seulement de calculer l'angle vertical.



Le deuxième outil permet de déterminer l'angle horizontal de la tige. La partie blanche est le rapporteur d'angle et les parties rouges sont des niveaux à bulles qui permettront de s'assurer que l'outil est au niveau. La section verte est le mécanisme qui sera utilisé pour attacher le rapporteur d'angle au mur. Les cercles au centre seront des aimants qui permettent de coller le rapporteur à une surface métallique. Si la surface n'est pas métallique nous allons inclure un ruban magnétique avec un côté adhésif pour coller au mur. Afin de garder la précision dans les mesures il y aura quatre écrous qui permettent de rester parallèle à la surface et d'ajouter un angle vertical au rapporteur d'angle pour être au niveau.

## 4. Utiliser le système

### 4.0.1 Outil 1 SV

- 1) Prendre le rapporteur
- 2) Faire glisser sur la tige
- 3) Vérifier que le niveau pointe vers le sol
- 4) Prendre une photo de l'angle



#### 4.0.1 Outil 2 SH

- 1) Coller la plaque en métal au mur juste au-dessous de la tige
- 2) Prendre la base et enlever les écrous qui ne sont pas le nécessaire
- 3) Mettre la base contre le mur
- 4) Ajuster et serrer les écrous
- 5) Mettre le rapporteur d'angle pour qu'il soit au zéro degré ( $0^{\circ}$  C)
- 6) Placer la corde sur la tige
- 7) Faire glisser la corde jusqu'au contact avec le rapporteur d'angle
- 8) Prendre la photo de l'angle



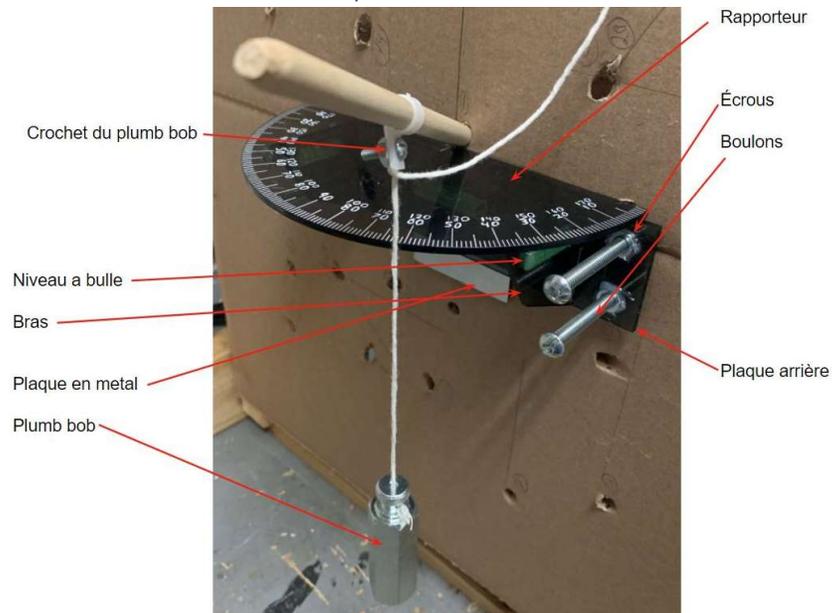
Les sous-sections suivantes fournissent des instructions détaillées, étape par étape, sur la façon d'utiliser les diverses fonctions ou caractéristiques de <Nom du système et/ou acronyme>.

## 4.1 Fonction/Caractéristique donnée

### 4.1.1 Annotation du sous-système vertical



### 4.1.1 Annotation du sous-système horizontal



## 5. Dépannage & assistance

### 5.0.1 Sous système de mesure vertical

Problème	Solution
Lors de la vérification de précision avec des valeurs connues l'outil ne démontre pas le bon angle	Vérifier si la pendule est bien attachée au point de pivot, au besoin serré ou desserré la vis. Vérifier si la pendule n'est pas courbée si oui remplacer la pendule avec une nouvelle. Si seulement le point de la pendule est brisé remplacer la pendule au complet.
Si la pendule n'admet aucun problème il est possible que l'erreur soit avec le crochet pour attacher l'outil à la tige.	Vérifier si la distance entre le haut des crochets et le haut du rapporteur soit égaux. Si possible plier les crochets afin qu'ils soient égaux. Si l'ajustement n'est pas possible, remplacer l'outil.
Les lignes du rapporteur commencent à s'effacer.	Vérifier si la peinture est effacée, si oui ajouter de la peinture blanche sur les lignes et avec une serviette enlever la peinture sur la surface. Une autre option peut être le dommage au ligne tel quel. Si ceci est le cas et la peinture ne répare pas le problème remplacer le rapporteur.
Autre dommage telle que : Les morceaux qui brisent, des dommages qui limite le fonctionnement de l'outil, ou autre.	Remplacer l'outils. Faire le moins de reconstruction possible sur l'outil afin de préserver la précision.

### 5.0.2 Sous système de mesure horizontale

Problème	Solution
Les lignes du rapporteur commencent à s'effacer.	Vérifier si la peinture est effacée, si oui ajouter de la peinture blanche sur les lignes et avec une serviette enlever la peinture sur la surface. Une autre option peut être le dommage au ligne tel quel. Si ceci est le cas et la peinture ne répare pas le problème remplacer le rapporteur.
Un niveau a bulle brise.	Si possible remplacer le niveau a bulle et insérer une nouvelle dans l'espace avec de la colle. Si ceci n'est pas possible utiliser un autre niveau a bulle pour placer l'outil au niveau afin de finir les mesures sur le projet et remplacer la base quand possible.
Le bras de la base brise.	Si le bras tombe des trous utiliser de la colle afin de la remettre en place. Si cela n'est pas possible l'outil est quand même utile, il faut simplement ajuster la base pour que le bras qui est encore en place est en ligne avec la tige pour supporter le rapporteur. Remplacer la base au plutôt que possible afin de préserver la précision.
Un écrou tombe du trou.	Remettre l'écrou en place et utiliser de la colle pour la tenir en place. Si de la colle n'est pas

	présent la base peut quand même être utilisé il faut s'assurer que l'écrou est bien placé dans le trou et le tout sera assez stable pour permettre la précision nécessaire.
Un aimant tombe	L'outil peut se supporter avec deux aimants nous avons inclus 4 sur le verso afin de donner plus de stabilité. Lorsque possible remplacer les aimants pour préserver la précision.
La base en acrylique brise.	N'importe quelle brisure dans l'acrylique de la base rend l'outil imprécis et doit être remplacé.
Le crochet du plomb bob est brisé.	Si possible remplacer le crochet avec un nouveau ou utiliser le plomb bob avec la corde et tenez l'autre bout de la corde pour prendre la mesure.
Autre dommage telle que : Les morceaux qui brisent, des dommages qui limite le fonctionnement de l'outil, ou autre.	Remplacer l'outils. Faites le moins de reconstruction possible sur l'outil afin de préserver la précision.

### 5.1 Comportements d'erreur

- 1) Faire attention de ne pas plier les morceaux en plastique afin de préserver la précision.
- 2) Attention avec la pendule plus qu'elle est mince il est possible qu'elle brise.
- 3) Si la base du **SH** est échappée il est possible que les niveaux à bulle deviennent imprécis et que les aimants diminuent en force.
- 4) Faire attention de ne pas le laisser au plein soleil pendant de longue période de temps qu'il se peut que le plastique commence à plier.

### 5.2 Considérations spéciales

Si le trou est sur le sol ou le plafond, le **SH** n'est pas précis et ne devrait pas être mesuré. Une technique existante devrait être utilisée pour mesurer l'angle horizontale.

Le **SV** peut encore être utilisé pour mesurer des angles sur le plafond ou le sol.

### 5.3 Entretien

- 1) Assurez que la pendule peut pivoter librement sans résistance.
- 2) Assurez qu'aucun morceau est plié pour assurer le fonctionnement et la précision des outils.
- 3) Si un boulon ne tourne pas facilement essayer un différent ou remplacer.
- 4) Assurez que les aimants ont encore une grande force magnétique.
- 5) Nettoyer les outils après chaque utilisation pour prévenir des dommages.
- 6) Si elle rentre en contact avec l'eau, essuyer l'eau.

## 5.4 Assistance

Pour de l'assistance avec le produit visiter les sections : Pour commencer, Dépannages et la Documentation du produit. Si la réponse à votre question n'est pas située dans ces sections vous pouvez nous rejoindre aux courriels suivants :

Ryan Broad - [rbroa098@uottawa.ca](mailto:rbroa098@uottawa.ca)

Bryan Akpaloo – [bakpa085@uottawa.ca](mailto:bakpa085@uottawa.ca)

Tyler Staresinic – [tstar036@uottawa.ca](mailto:tstar036@uottawa.ca)

Sami Alami – [salam020@uottawa.ca](mailto:salam020@uottawa.ca)

## 6. Documentation du produit

### 6.1 Sous-systèmes du prototype

#### 6.1.1 LDM (Liste des Matériaux)

- Acrylique
- 3 niveaux à bulles
- Ficelle
- Plum bob de 4/8 oz.
- Colle chaude
- 4 écrous
- 4 aimants
- Colle faite pour l'acrylique
- 3 Clampes à câbles

#### 6.1.2 Liste d'équipements

- Découpe laser
- Pinceau

#### 6.1.3 Instructions

- 1) Modifie le fichier Inkscape au besoin (Voir fichier Inkscape en appendice);
- 2) Utilise la découpe laser afin de découper toutes les composantes nécessaires du l'acrylique;
- 3) Sous système de mesure d'angle vertical;
  - a. Prendre le rapporteur avec les deux rectangles sortant du haut;
  - b. Utilise la colle pour l'acrylique afin de coller les clamps a câble sur la surface en utilisant les lignes pour l'alignement;
  - c. Prendre le petit cercle et y viser la petite vis;
  - d. Prendre cette composant et le rapporteur. Insérer la composante dans le trou au haut du rapporteur;
  - e. Prendre la pendule et le rapporteur (avec le petit cercle et la vis d'insérer) et visser la pendule à l'outil;
- 4) Sous système de mesure d'angle horizontale;
  - a. Colle les niveaux a bulle dans les trous rectangulaires du bras;
  - b. Colle les bras dans la longue plaque. Il y a des trous rectangulaires qui sont découpé pour simplifier la tâche. Assurez-vous de mettre le haut des bras niveau avec le haut de la plaque;
  - c. Insère et les écrous dans les trous hexagonales de la plaque;
  - d. Colle le dernier niveau a bulle dans la forme rectangulaire de la plaque. Faites attention qu'elle soit bien aligné;
- 5) (Pour les deux rapporteur) Utilisez de la peinture blanche pour remplir les lignes pour chaque angle afin de les rendre plus visible et essuie la peinture supplémentaire de la surface. (Faites ceci en petite section);
- 6) Crochet pour le plomb bob
  - a. Attache le plomb bob a une corde;

- b. Prend un clamp à câble et passe un boulon au travers des trous;
  - c. Passe la corde du plomb bob autour du boulon et passent entre les deux supports de la clamp;
  - d. Utilise un écrou pour tout sécuriser;
- 7) Vérifie que toute pièces qui doivent bouger sont capables de le faire librement;
- 8) Prend la plaque en métal et découpe une section de 2 pouces par 2 pouces.

## 6.2 Essais & validation

Test	Angle Vertical		Angle Horizontal	
	Théorique (+/- 2°)	Expérimentale	Théorique (+/- 2°)	Expérimentale
1	22.6°	22°	24.1°	24.5°
2	40.6°	40°	60°	59°
3	24°	23°	41.2°	42°
4	0.5°	1°	31°	32°
5	31.3°	31.5	91°	93°
6	2°	2.5°	3.2°	3°
7	19.5°	20°	19°	19.5°
8	34.0°	35°	35°	34°
9	33°	33°	6°	5°
10	12.1°	12.5°	56.0°	55°
11	28.4°	29°	10.0°	10°
12	2.6°	3°	19°	20°
13	34.8°	34°	38°	39°
14	51.5°	52.5°	35°	35°
15	35.1°	35.5°	44°	45°
16	40.3°	40°	37.2°	38°
17	7.5°	7°	38.8°	39°
18	26.5°	26°	9.2°	9°
19	69°	69.5°	3.6°	4°
20	27.6°	27°	42.5°	40.5°

Nous avons effectué 20 tests sur chaque sous-produit. Afin de déterminer la marge d'erreur nous avons pris le plus grand écart entre la mesure théorique de l'angler et la mesure expérimentale du produit. L'angle théorique étais prise par un niveau électrique sur un téléphone cellulaire.

Le **SV** avait une marge d'erreur de  $\pm 1^\circ$  et la moyenne de la différence est de  $0.725^\circ$ . Le **SH** a une marge d'erreur de  $\pm 2^\circ$  et une moyenne de  $0.74^\circ$ .

## 7. Conclusions et recommandations pour les travaux futurs

Afin d'améliorer le prototype :

Il serait préférable de trouver une manière plus durable de coller la plaque métallique contre le mur pour le système SH.

Tenter de trouver un moyen simple de prendre les mesures avec le SH pour les angles aigus.

Il est primordial d'être organisé, de communiquer, d'avoir confiance les uns les autres et surtout de connaître les points forts et les faiblesses de chaque membre de l'équipe pour mieux avancer.

Si le temps le nous permettait, nous aurions essayé de simplifier la méthode horizontale des mesures d'angles.

## 8. Bibliographie

Forensic Pieces. "Forensic Pieces." *Shooting Reconstruction - Forensic Pieces*, 2015, [www.forensicpieces.com/lists/5-csi-and-recon-courses/items/451-shooting-reconstruction](http://www.forensicpieces.com/lists/5-csi-and-recon-courses/items/451-shooting-reconstruction).

Forensic Science Consultants. *Forensic Science Consultants*, 2020, [forensicfirearms.com/](http://forensicfirearms.com/).

Nast, Condé. "Forensics Expert Explains How to Determine Bullet Trajectory." *Wired*, Conde Nast, 2 Nov. 2020, [www.wired.com/video/watch/technique-tutorial-bullet-trajectory](http://www.wired.com/video/watch/technique-tutorial-bullet-trajectory).

## 9. APPENDICE: Fichiers de conception

### Documents référencés

Nom du document	Emplacement du document et/ou URL	Date d'émission
Fichier Inkscape	Avoir dans MakerRepo : <a href="https://makerepo.com/rails/active_storage/blobs/eyJfcmFpbHMiOnsibWVzc2FnZSI6IkJBaHBBb1l0IiwicXhwIjpudWxsLCJwdXIiOiJibG9iX2lkIn19--cda7c411615934d3d60bf3178df3fb64333618b9/Prototype_Finale_Inkscape.svg">https://makerepo.com/rails/active_storage/blobs/eyJfcmFpbHMiOnsibWVzc2FnZSI6IkJBaHBBb1l0IiwicXhwIjpudWxsLCJwdXIiOiJibG9iX2lkIn19--cda7c411615934d3d60bf3178df3fb64333618b9/Prototype_Finale_Inkscape.svg</a>	26 mars 2021