



# ESSAIS DE TIRS

## DE CARTOUCHES DE CHEVROTINES EN SITUATION CONTRÔLÉE



*Juin & Septembre 2014*

Commandant **Michel BOYER**

Expert en balistique près les Tribunaux (non inscrit)

Ministère de l'Écologie du développement durable et de l'énergie

Membre de la Commission Nationale de l'examen du permis de chasser

*Avec la participation du banc officiel d'épreuve de Saint Etienne*



**Banc Officiel d'Epreuve**  
Saint-Etienne

# SOMMAIRE

<b>I) OBJECTIFS</b> _____	p 3
<b>II) METHODOLOGIE</b> _____	p 3
<b>III) PLANS D'EXPERIENCE</b> _____	p 8
<b>IV) COMPOSITION DE CHAQUE TYPE DE CARTOUCHE</b> _____	p 9
<b>IV.1. Cartouche de marque TUNET</b>	
<b>IV.1. Cartouche de marque PMC</b>	
<b>IV.1. Cartouche de marque MARY</b>	
<b>V) ESSAIS</b> _____	p 11
<b>V.1. Mesures de vitesses (exprimées en mètres par seconde) :</b>	
<b>V.2. Calculs de l'énergie cinétique des munitions (<i>exprimée en joules</i>) :</b>	
<b>V.3. Dimensions des gerbes (exprimées en centimètres):</b>	
<b>V.4. Effets de ricochets sur un bloc de béton :</b>	
<b>V.5. Pénétration dans un tronc de chêne</b>	
<b>V.6. Pénétration dans un tronc de pin</b>	
<b>V.7. Tirs tangentiels réalisés sur des troncs de chêne et de pin.</b>	
<b>V.8. Déviation de trajectoire occasionnée par des obstacles multiples de 6mm de diamètre (baguettes de bambou)</b>	
<b>V.9. Pénétration des grains dans la plastiline à 15 mètres :</b>	
<b>VI) DISCUSSION</b> _____	p 45
<b>VII) CONCLUSION</b> _____	p 52

## I) OBJECTIFS

L'efficacité d'une cartouche associée à son ou ses projectiles réside dans sa performance à réaliser ce pour quoi elle a été conçue, c'est-à-dire l'abandon durant son trajet dans l'animal atteint, dans un laps de temps plus ou moins long, du maximum de l'énergie transportée, ce qui définit son caractère létal.

En ce qui concerne les cartouches pour arme à canon(s) lisse(s), chargées de grenailles ou de chevrotines, de nombreux essais ont pu être réalisés, plus ou moins empiriques, avec des matériels et munitions disparates, des moyens techniques et scientifiques plus ou moins performants voire inexistant, ce qui donne des résultats peu fiables.

Par ailleurs, le corollaire de ces essais passés a pu être entaché de subjectivité souvent liée à une culture, des légendes, des passions.

Le but de cette analyse est donc de s'appuyer sur des données scientifiques, techniques obtenues grâce à des professionnels formés à dessein, utilisant du matériel moderne et performant validé selon les critères de qualité des normes ISO 9001 et 17025, dans un environnement, lui aussi normalisé.

Ainsi, le Banc National d'Épreuve de Saint ETIENNE, service public indépendant, membre de la C.I.P. (Commission Internationale Permanente pour l'épreuve des armes à feu), qui a pour mission régaliennne d'éprouver les armes à feu portatives et les munitions, apporte toute garantie quant à la réalisation de ces essais. En effet, ses activités d'essais de résistance balistique des matériaux et de balistique interne des munitions de petit calibre sont accréditées par la Section Laboratoires du COFRAC (Comité Français d'Accréditation) depuis 2010.

Réalisée à la demande de la Fédération des Chasseurs des LANDES, cette étude a pour but de connaître de façon plus rationnelle le comportement des munitions pour armes lisses chargées avec des grains de chevrotines, dans le but de réaliser des tirs efficaces à très courte distance sur des gibiers définis (chevreuil, sanglier) et dans des zones de chasse très particulières.

Selon le protocole que nous avons établi pour réaliser les essais présentés ci-après, les principes de **répétabilité** sont observés, les résultats indépendants entre eux sont obtenus avec la même méthode, sur un même support, des réglages de canon, de matériel et des munitions identiques, sur une durée courte, avec le même opérateur, dans le même lieu.

Les conditions dans lesquelles sont obtenues ces données, sont consignées et enregistrées, permettant ainsi la **reproductibilité** de ces essais, éventuellement applicables à d'autres munitions.

**N.B. :** si le personnel effectuant ces essais et les matériels utilisés sont accrédités COFRAC, les munitions et les essais ne sont quant à eux pas visés par ces accréditations.

## II) METHODOLOGIE

### Matériel utilisé :

Afin de réaliser ces essais, sont utilisés les matériels suivants :

- **un canon lourd sur affût fixe**, de calibre 12/70, à âme lisse rectifiée d'un diamètre de 18.21mm, d'une longueur de 70cm, de marque Prototypa (n°3209), il assure la totalité des tirs, en conservant toujours ses réglages initiaux (angle de tir, pointage). L'âme lisse du canon a été choisie pour permettre de déterminer des valeurs les plus absolues possibles, sachant que souvent le premier coup tiré avec un fusil correspond au canon lisse ou très peu choké (ces valeurs de chokes suivant les fusils pouvant varier très sensiblement), affectant ainsi une amplitude très variable suivant la qualité, l'état et la fabrication des canons impropre à la répétabilité des essais.



Photographie du canon sur affût

- **un radar Doppler**, de marque Infinition, type JB6000e (10GHz), située à la sortie de la bouche du canon, permet à chaque tir de mesurer la vitesse de la gerbe aux distances de 5, 10, 15, 20, 25 et 28 mètres.



- **une caméra à haute vitesse** de marque Photron modèle SA5, permet, à différentes distances, de photographier et de visualiser les gerbes de chevrotines, dans le sens longitudinal de la trajectoire.



Photographie de cette caméra doublée de son système d'éclairage

- **Un stand de tir** d'une longueur totale de 30 mètres permettant d'installer les différentes cibles, ce, aux distances voulues, soit : 5,10, 15, 20, 25 et 28 mètres. La température de ce stand est constante, soit environ 20°C. Le sol de ce stand est en béton, lisse, propre et balayé, ce qui permet de pouvoir, le cas échéant récupérer des éléments de tir –bourres, grains de chevrotines, projectiles.
- **Des blocs de plastiline** de marque SUEUR, type 40R20 de 42x30cm, d'une épaisseur de 15cm, conservée à une température de 20°C, utilisés pour les essais de munitions militaires ou pour la police ou la gendarmerie permettant d'apprécier la pénétration des grains de chevrotines, toujours selon les distances préétablies et de déterminer le rapport existant entre cette pénétration et la puissance des grains. Par ailleurs, ce média ou matériau cohérent et homogène, permet de matérialiser objectivement le comportement d'un ou de plusieurs projectiles dans un milieu référent.



Photographie d'un bloc vierge et du stand de tir

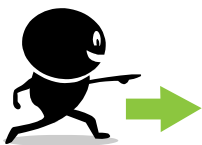
- **un écran de papier** de qualité KRAFT d'une hauteur de 1,50 m servant de cible, sur lequel est matérialisé au rayon laser à partir de l'axe de l'âme du canon la trajectoire de tir, ce qui permet de mesurer la dispersion de la gerbe de grains de chevrotines selon les méthodes habituelles des tireurs (H+L).
- **un écran de papier** de qualité KRAFT d'une hauteur de 1,50 m disposé tout autour de la zone de tir, destiné à apprécier et situer angulairement les ricochets éventuels.
- **un tronçon de tronc de bois de pin** d'un diamètre de 30 cm environ, situé à une distance de 15 mètres.
- **un tronçon de tronc de bois de chêne** d'un diamètre de 30 cm environ, situé lui aussi à une distance de 15 mètres.

Ces deux tronçons de bois représentent des essences tendres et dures rencontrées (donc la résistance peut apparaître comme opposée) en métropole. Derrière ces troncs posés verticalement un écran en papier de qualité KRAFT est disposé pour matérialiser l'impact de des ricochets, des modifications sensibles de trajectoires, notamment lors de tirs tangentiels

En ce qui concerne la distance de 15 mètres, celle-ci a été définie selon la distance maximale d'emploi préconisée par le commanditaire de cette étude.

- **des baguettes de bois en bambou**, d'un diamètre de 6 mm environ, d'une hauteur de 1 m, fichées solidement sur un support au sol, disposées verticalement tous les 5cm, sur 50 cm de large et 1 mètre de profondeur, soit 210 baguettes, à l'arrière duquel se trouve un écran en papier de qualité KRAFT permettant d'évaluer la déviation voire la dispersion de la gerbe par rapport à l'axe de tir ; cet obstacle symbolise une haie de broussailles, branchages divers, arbrisseaux plus ou moins souples, soit un environnement fréquemment rencontré en action de chasse; il est lui aussi placé à une distance de 15 mètres . Par ailleurs la souplesse et l'élasticité du bambou permet éventuellement d'observer un effet de fouet sur le projectile le traversant.
  
- **un bloc de béton** de 60 cm au carré d'une épaisseur de 13 cm, dont la surface est légèrement rugueuse, incliné à 30° par rapport à l'axe de la trajectoire, situé à 15 mètres de la bouche du canon et un écran en papier de qualité KRAFT, situé perpendiculairement et dans l'axe de tir, permettant de matérialiser les impacts des grains ayant ricoché et définir leur valeur angulaire.

Le bloc de béton constitue un matériau qui, s'il n'est pas le plus fréquemment rencontré dans une zone de chasse, constitue néanmoins un socle permettant d'étudier le phénomène de ricochet, la notion de cailloux, terre, sable étant trop aléatoire suivant leur nature.



**Afin de définir les caractéristiques constantes et variations des munitions employées, 10 essais sont réalisés par type de munitions, aux distances de 5, 10, 15, 20, 25 et 28 mètres.**

#### **Modus operandi :**

- Le canon sur affût est vérifié par l'opérateur,
- la cible (écran en papier KRAFT) est placée perpendiculairement à la trajectoire de tir, à la distance désirée de la bouche du canon,
- à l'aide d'une lunette de bouche, l'axe de la trajectoire est matérialisé sur la cible par une petite croix manuscrite, le groupement et le positionnement de la gerbe pourront ainsi être ,
- juste avant cette cible, est disposée perpendiculairement à la trajectoire de tir, la caméra de prise de vue et son système d'éclairage,
- le radar Doppler est positionné à la bouche du canon afin de mesurer les vitesses aux distances respectives de 5, 10,15, 20 et 25 mètres,
- les préparateurs se retirent dans une zone sécurisée à l'arrière du canon,
- le tireur, après être allé chercher une boîte de cartouche dans les armoires de stockage, introduit une cartouche dans la chambre du canon, verrouille la culasse: le système est prêt pour l'essai,
- le tireur se retire dans la zone sécurisée, referme la porte blindée coulissante du sas,

- le second opérateur vérifie sur écran le bon ordre de fonctionnement du matériel d'enregistrement des vitesses,
- après décompte avant tir et la sécurité manuelle de tir enlevée, il déclenche le tir.
- le tireur déverrouille ensuite la culasse du canon, extrait la douille tirée et, accompagné des préparateurs, se dirige vers la cible.
- les résultats de dimensions et de positionnements sont relevés et consignés pour l'étude ultérieure. Un autre essai peut alors avoir lieu.

### **III) PLANS D'EXPERIENCE**

- 60 tirs réalisés à raison de 10 tirs aux distances de 5, 10, 15, 20, 25 et 28 mètres, permettant de déterminer la vitesse et l'énergie cinétique moyenne de l'ensemble de la gerbe, donc de chaque grain; la matérialisation de la gerbe se faisant dans le sens de la trajectoire grâce aux photographies à haute vitesse et sur le support en papier KRAFT
- tirs sur un bloc de béton incliné à 30° par rapport à l'axe de la trajectoire, afin de déterminer les zones habituelles de ricochets, le coefficient angulaire de chaque grain par rapport à la zone atteinte.
- tirs sur des troncs d'arbres afin de déterminer la puissance et la capacité de pénétration des grains dans ces obstacles naturels, éventuellement des valeurs angulaires de ricochets.
- tirs tangentiels dont le centre de la gerbe se trouve à 7 cm du bord droit du tronc (déterminé avec la lunette de bouche par rapport à l'axe du canon) sur ces deux types d'éléments afin de déterminer la valeur angulaire des ricochets.
- tirs sur un obstacle constitué de brindilles de 6 mm de diamètre (en moyenne), afin d'étudier la déviation éventuelle de la gerbe.
- tirs sur la plastiline afin d'évaluer la pénétration des grains dans cette matière, éventuellement leur déviation.



## IV) COMPOSITION DE CHAQUE TYPE DE CARTOUCHE

### IV.1. Cartouche de marque TUNET :



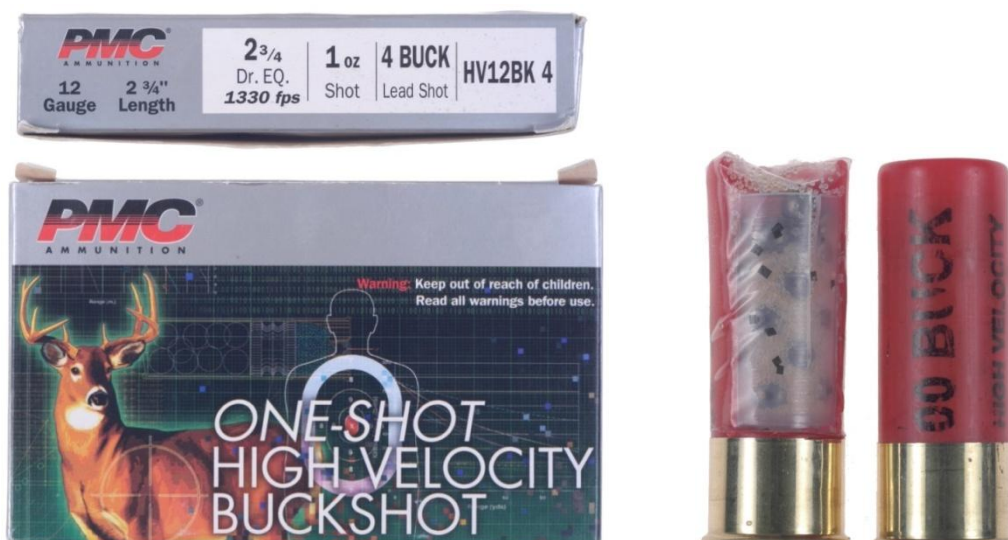
Chaque cartouche est constituée par un culot en acier laitonné d'une hauteur de 16 mm, ceinturant et renforçant la base du bobineau en matière plastique translucide striée en long; une rondelle intercalaire en matière plastique translucide sépare la charge propulsive de la bourre de type grasse.

La charge vulnérante est constituée par 21 grains de chevrotines disposées sur 3 lits de 7 grains de plomb ; chaque grain de chevrotine mesure en moyenne 6,30 mm de diamètre, pour une masse moyenne de 1,44 gramme, l'ensemble de la charge est obturée par une rondelle en matière plastique transparente maintenue par le bord roulé de la partie supérieure du bobineau, qui en assure le sertissage.

marquages du culot : 12 NOBEL 12 SPORT

marquages du bobineau : TUNET Chevrotones 21 grains 6,20mm 67 mm

### IV.2. Cartouches de marque PMC :



Ces cartouches sont fabriquées en France par la société Mary- armes à BERGERAC (24) exclusivement pour la société Precision Made Cartridges Poongsan Corporation à SEOUL (COREE du sud).

Chaque cartouche est constituée par un culot en acier laitonné de 16mm de haut , ceinturant et renforçant la base du bobineau en matière plastique de couleur rouge, à l'aspect lisse; la bourre à jupe et à godet à 4 pétales avec amortisseur, contient entièrement la charge vulnérante de 28 grains de chevrotines, réparties sur environ 6 lits de 5, 4, 4, 5, 5, 5 grains de plomb ; ceux-ci mesurant en moyenne 6,30 mm de diamètre, pour une masse individuelle de 1,45 grammes, ils sont noyés dans des grains de poudre polymère, comblant l'espace existant entre chaque. Le bord supérieur du bobineau est replié en étoile pour sertir l'ensemble.

Marquage du culot PMC 12 GA

marquages du bobineau : PMC

ONE SHOT

12 GAU 2 3/4

00 BUCK

HIGH VELOCITY

#### IV.3. Cartouche de marque MARY :



Chaque cartouche est constituée par un culot en acier laitonné ceinturant et renforçant la base du bobineau, mesurant 16 mm de haut ; une bourre à godet à 2 pétales, à jupe avec amortisseur contenant entièrement 21 grains de chevrotines, répartis sur environ 5 lits de grains de plomb noyés dans des grains de poudre polymère ; chaque grain mesure en moyenne 6,20 mm de diamètre, pour une masse moyenne de 1,42 grammes. Le bord supérieur du bobineau est replié en étoile pour sertir l'ensemble.

Marquage du culot : 12 ☆ 12 ☆ 12 ☆ 12 ☆

marquage du bobineau : CHEVROTINES

CH4 21 Grains

Long 70 mm

## V) ESSAIS :

### V.1. Mesures de vitesses (exprimées en mètres par seconde) :

N.B. : ces moyennes sont déterminées à partir de l'ensemble des tirs (tirs de groupement de gerbe, les essais vidéo et les tirs sur les multiples obstacles).

#### V.1.1. Cartouches de marque TUNET

N° de tir	Distance de tir en mètres					
	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	28 m
<b>1</b>	395.8	375.9	354.9	332.5	308.5	293.2
<b>2</b>	391.8	372.4	352.0	330.3	307.0	292.9
<b>3</b>	395.7	376.3	355.8	334.1	310.9	296.1
<b>4</b>	390.7	372.0	352.3	331.4	309.2	295.0
<b>5</b>	390.9	370.9	349.8	327.2	303.0	287.6
<b>6</b>	393.0	373.7	353.4	331.8	308.7	293.9
<b>7</b>	395.8	375.5	354.1	331.3	306.8	291.2
<b>8</b>	390.1	371.1	351.1	329.9	307.2	292.8
<b>9</b>	389.7	370.9	351.1	330.1	307.7	293.5
<b>10</b>	395.9	375.9	355.4	333.6	310.2	295.4
<b>11</b>	395.2	374.8	353.2	330.2	305.6	289.7
<b>12</b>	390.8	371.6	351.5	330.1	307.2	292.6
<b>Moyenne</b>	<b>393,2</b>	<b>373,2</b>	<b>352,1</b>	<b>331,0</b>	<b>307,8</b>	<b>293,0</b>
<b>Amplitude de l'écart</b>	11,0	6,6	13,9	6,9	8,0	8,7

V.1.2 Cartouches de marque PMC :

Tir N°	Distance de tir en mètres					
	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	28 m
<b>1</b>	349.9	323.3	317.1	301.1	284.2	273.6
<b>2</b>	348.1	333.5	318.2	302.1	285.1	274.4
<b>3</b>	341.4	327.7	313.4	298.5	282.7	272.8
<b>4</b>	341.3	327.0	312.0	296.2	279.6	269.1
<b>5</b>	346.9	332.9	318.2	302.9	286.7	276.5
<b>6</b>	349.4	334.3	318.5	301.8	284.2	273.1
<b>7</b>	348.6	333.8	318.4	302.2	285.0	274.2
<b>8</b>	347.8	334.0	319.7	304.7	288.9	279.0
<b>9</b>	347.6	333.2	318.1	302.2	285.4	274.9
<b>10</b>	345.1	331.0	316.3	300.9	284.7	274.5
<b>11</b>	338.4	325.1	311.2	296.6	281.3	271.7
<b>12</b>	344.2	330.3	315.8	300.5	284.5	274.5
<b>Moyenne</b>	<b>346,9</b>	<b>332,1</b>	<b>316,9</b>	<b>301,0</b>	<b>284,6</b>	<b>274,3</b>
<b>Amplitude de l'écart</b>	16,0	14,1	12,0	9,0	9,3	9,9

### V.1.3 Cartouches de marque MARY

Tir N°	Distance de tir en mètres					
	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	28 m
<b>1</b>	406 ,9	373,5	355,2	341,7	316,3	305,8
<b>2</b>	395,5	374,8	357,8	333,9	316,6	297,1
<b>3</b>	401,6	378,6	348,4	335,7	320,1	296,9
<b>4</b>	400,2	373,8	349,2	330,3	311,8	290,9
<b>5</b>	401,6	376,4	355,0	332,8	318,2	293,3
<b>6</b>	398,8	377,9	351,7	333,2	313,1	297,7
<b>7</b>	403,3	379,8	352,2	334,1	316,9	292,5
<b>8</b>	402,9	380,2	354,2	331,1	318,1	300,6
<b>Moyenne</b>	<b>401,9</b>	<b>357,7</b>	<b>352,2</b>	<b>334,1</b>	<b>316,4</b>	<b>296,2</b>
<b>Amplitude de l'écart</b>	11,4	9,1	14,8	11,4	8,3	14,9

### V.2. Calculs de l'énergie cinétique des munitions (*exprimée en joules*) :

#### V.2.1. Cartouches TUNET

Distances	5 mètres	10 mètres	15 mètres	20 mètres	25 mètres	28 mètres
Vitesse moyenne/ grain	393,2	373,2	352,1	331	307,1	293
Energie / grain	111	100	89	79	68	62

### V.2.2. Cartouches PMC

Distances	5 mètres	10mètres	15 mètres	20 mètres	25 mètres	28 mètres
Vitesse moyenne / grain	346,9	332,1	316,9	301	284,6	274,3
Energie / grain	87	80	73	66	59	55

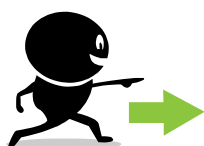
### V.2.3. Cartouches MARY

Distances	5 mètres	10 mètres	15 mètres	20 mètres	25 mètres	28 mètres
Vitesse moyenne / grain	401,9	357,7	352,2	334,1	316,4	296,2
Energie /grain	115	100	88	79	71	62

## V.3. Dimensions des gerbes (exprimées en centimètres):

### V.3.1. Cartouches TUNET :

DISTANCES	HAUTEUR (cm)	LARGEUR (cm)
5 m	12,3	11,5
10 m	29,4	26
15 m	45,1	40,8
20 m	67,6	58,4
25 m	101,5	83



**Abandon de la distance de 28 mètres pour la trop grande dispersion de la gerbe et sa vitesse jugée trop faible.**

**Photographies des gerbes dans l'espace et dans la zone atteinte :**

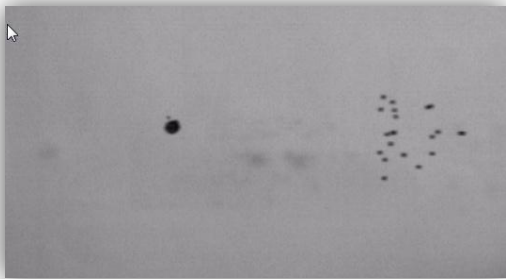
*Sens du tir*



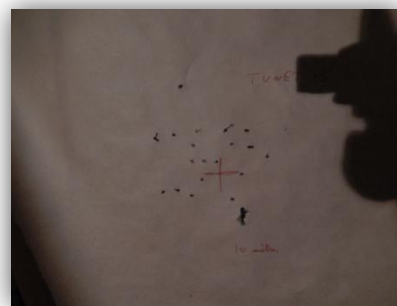
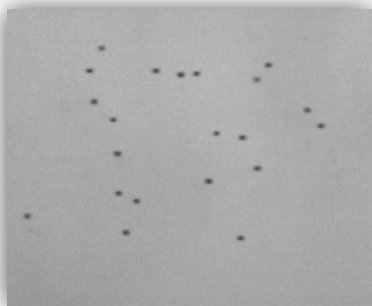
**Balistique spatiale (groupement)**

**Balistique terminale**

**5 mètres**



**10 mètres**



**15 mètres**



20 mètres



Il est à noter que les gerbes sont alignées verticalement par rapport à l'axe de tir (déterminé préalablement à l'aide d'une lunette de bouche, puis matérialisé par une croix rouge) mais que les deux tiers en moyenne de la répartition de la gerbe se situent au-dessus de cette croix.

Evaluation des gerbes, aspects :

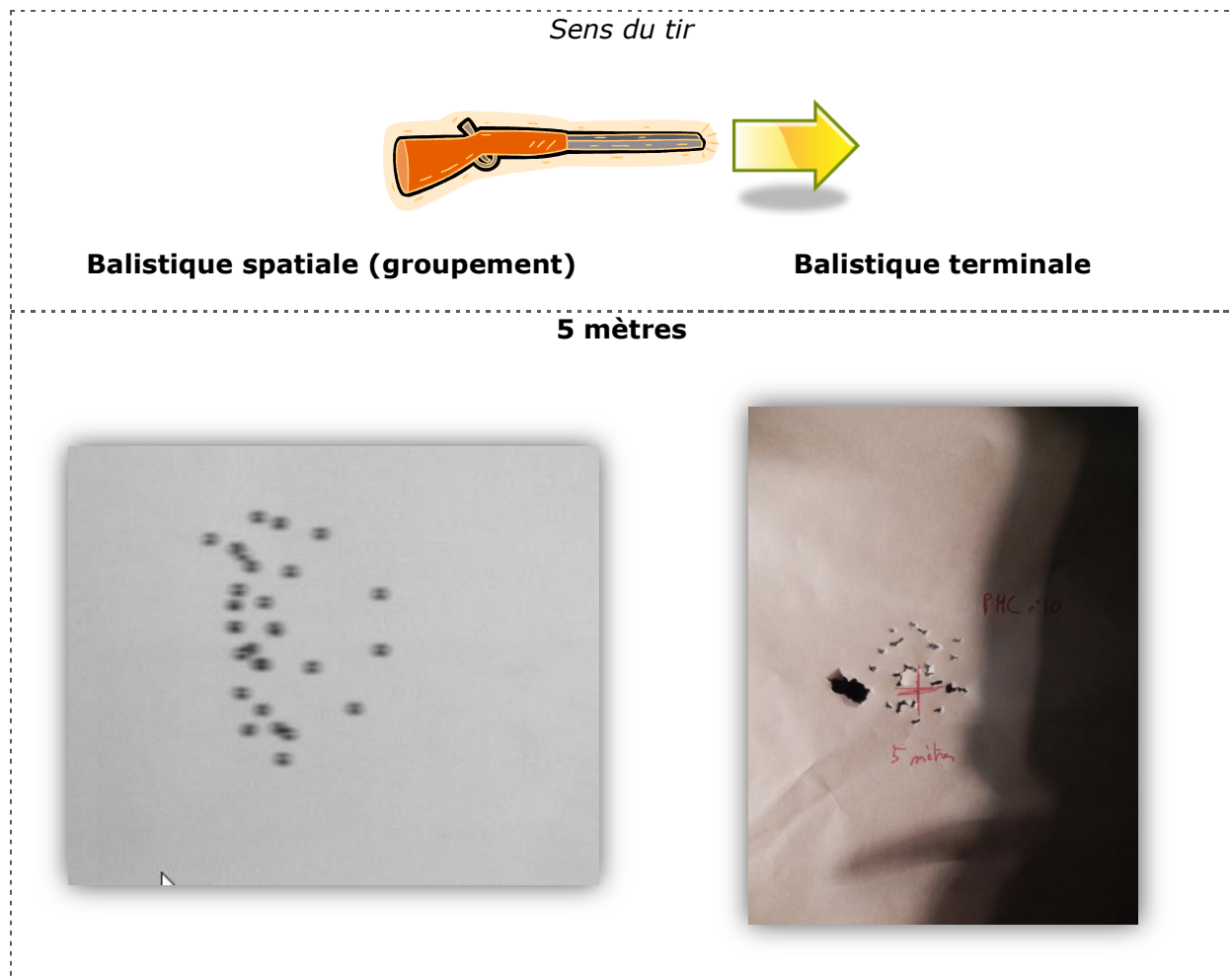
Distances	Balistique dans l'espace (forme)	Balistique de but		Observations
		Groupement	Forme-Aspect	
5 mètres	Hétérogène, commencement d'allongement (perte de vitesse des grains périphériques)	Peu régulier, une zone non atteinte	Proche du circulaire	
10 mètres	Hétérogène, dispersion, et allongement	Irrégulier, grain excentré, zones non atteintes	Aspect peu régulier	Les grains périphériques commencent à perdre de l'énergie
15 mètres	Hétérogène, allongement, et dispersion	Grande irrégularité des zones atteintes, nombreux grains excentrés	Eparpillement anarchique	Cette perte d'énergie et de vitesse s'accroît
20 mètres	Très grande dispersion et hétérogénéité	Zone d'atteinte trop parsemée	Eparpillement anarchique	



V.3.2. Cartouches PMC :

DISTANCES	HAUTEUR (cm)	LARGEUR (cm)
5 m	10,5	11,5
10 m	28,3	26,2
15 m	46,0	43,6
20 m	63,7	60,8
25 m	100,5	76

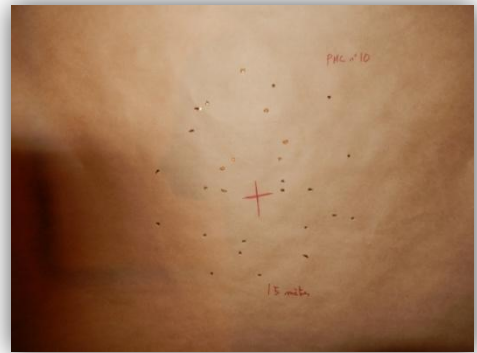
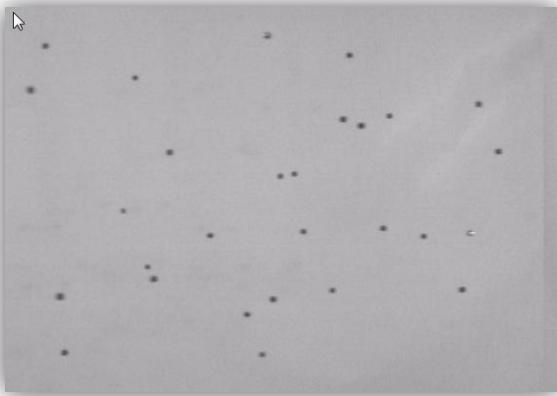
**Photographies des gerbes dans l'espace et dans la zone atteinte :**



**10 mètres**



**15 mètres**



**20 mètres**



Evaluation des gerbes, aspects :

Distances	Balistique dans l'espace (forme)	Balistique de but		Observations
		Groupement	Forme-Aspect	
5 mètres	Gerbe homogène peu allongée, grains groupés	Bonne concentration, régulière	Circulaire, Bonne cohérence	
10 mètres	La gerbe homogène commence à s'allonger (perte de vitesse des grains périphériques), néanmoins bon groupement de l'ensemble	Bonne dispersion couvrant l'ensemble de la zone atteinte	Forme circulaire régulière	Les grains périphériques commencent à perdre de l'énergie et de la vitesse
15 mètres	Allongement de la gerbe, conservant néanmoins une certaine homogénéité	Bonne dispersion des grains mais apparition de zones non atteintes	Forme circulaire encore régulière	Le phénomène précédent s'accroît
20 mètres	Allongement Gerbe hétérogène	Zones non atteintes plus importantes	Forme circulaire conservée	

Les gerbes sont alignées verticalement par rapport à l'axe de tir (croix rouge), si les deux tiers en moyenne de la répartition des grains se situent au dessus de cette croix à 5mètres ; à partir de 10 mètres cette répartition est plus centrée.

### V.3.3. Cartouches MARY :

DISTANCES	HAUTEUR (cm)	LARGEUR (cm)
5 m	9	5
10 m	22,5	20
15 m	32	36
20 m	51	39
25 m	59	66

**Photographies des gerbes dans l'espace et dans la zone atteinte :**

*Sens du tir*



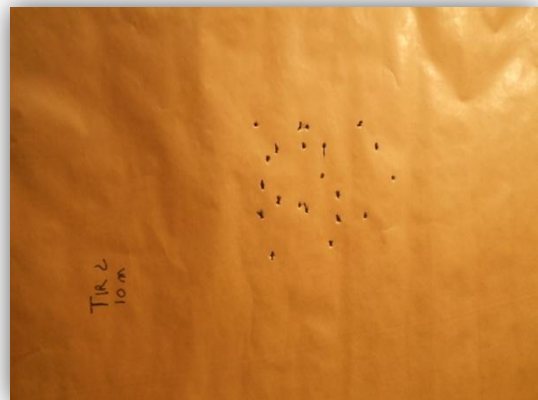
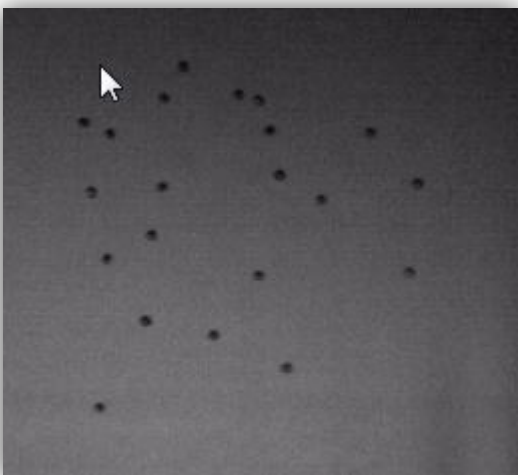
**Balistique spatiale (groupement)**

**Balistique terminale**

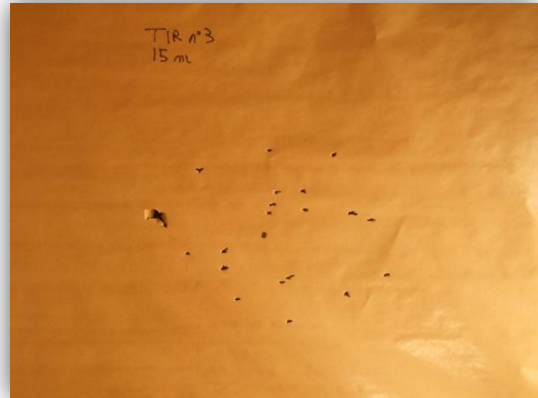
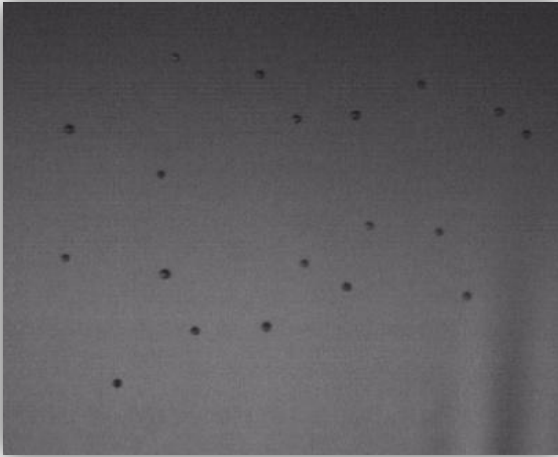
**5 mètres**



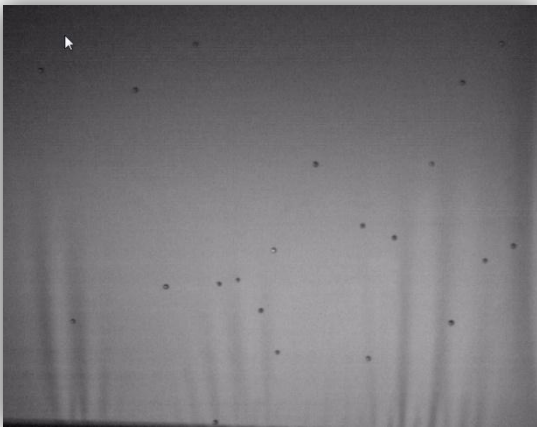
**10 mètres**



**15 mètres**



**20 mètres**



Evaluation des gerbes, aspects :

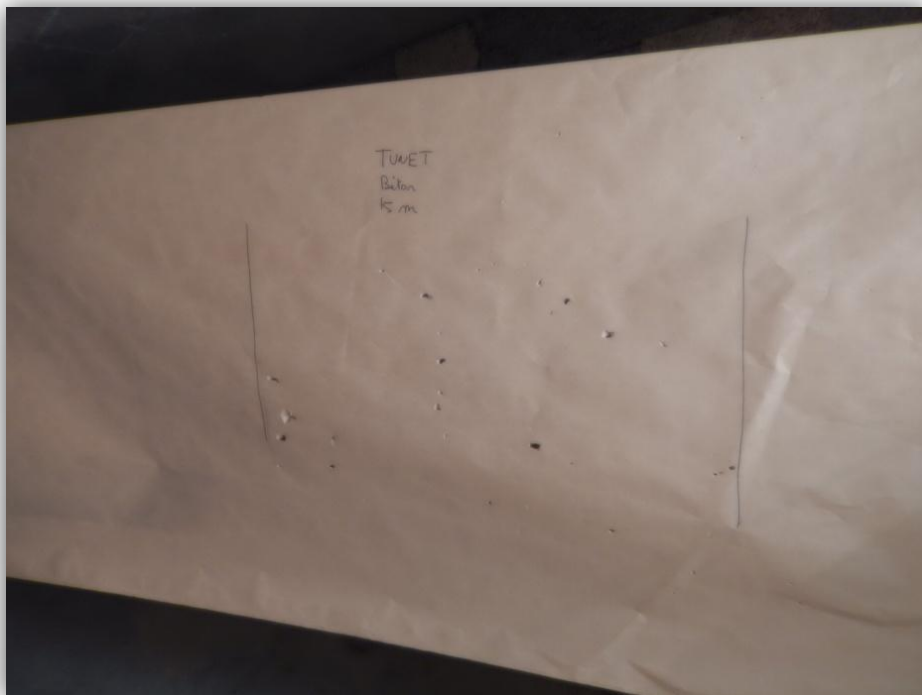
Distances	Balistique dans l'espace (forme)	Balistique de but		Observations
		Groupement	Forme-Aspect	
5 mètres	Gerbe homogène et compacte, bien groupée	Bien groupée,	Assez rectangulaire	
10 mètres	Allongement et écartement de la gerbe, toutefois homogène	Groupement homogène, deux grains légèrement excentrés	Forme assez proche d'un cercle	
15 mètres	Ecartement de la gerbe avec une bonne répartition des grains	Deux zones non atteintes sont visibles, bonne répartition des grains	Forme proche d'un cercle	
20 mètres	Gerbe hétérogène s'éparpillant et s'allongeant	Groupement devenant hétérogène, zones non atteintes	Forme allongée	

#### **V.4. Effets de ricochets sur un bloc de béton :**

Le bloc de béton est incliné selon une incidence de 30 ° par rapport à l'axe de tir, un panneau de papier KRAFT est placé face à cet obstacle, perpendiculairement à l'axe de tir.

##### V.4.1. Cartouches TUNET :

Groupement des éclats divers et des grains ayant ricoché sur la plaque de béton

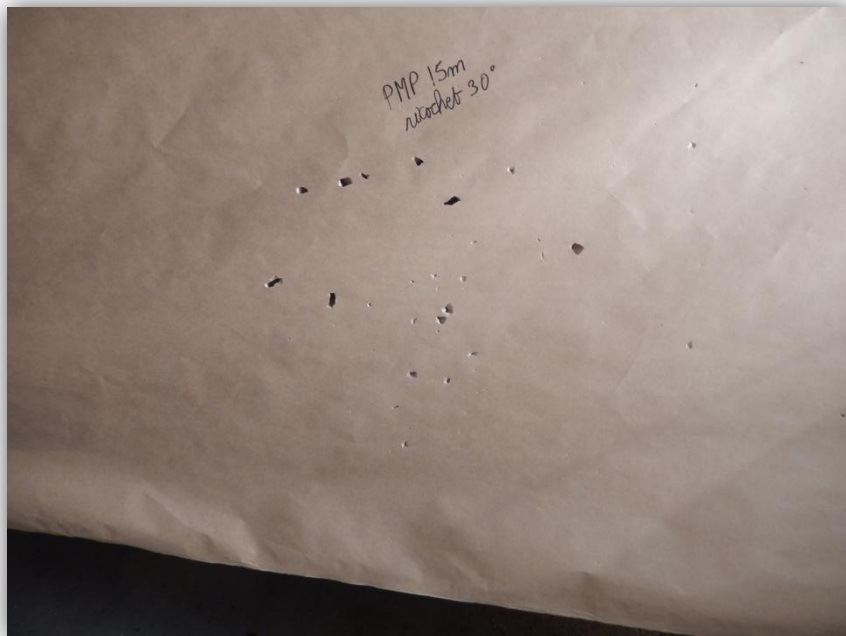


#### V.4.2. Cartouches PMC:

Gerbe atteignant la plaque de béton



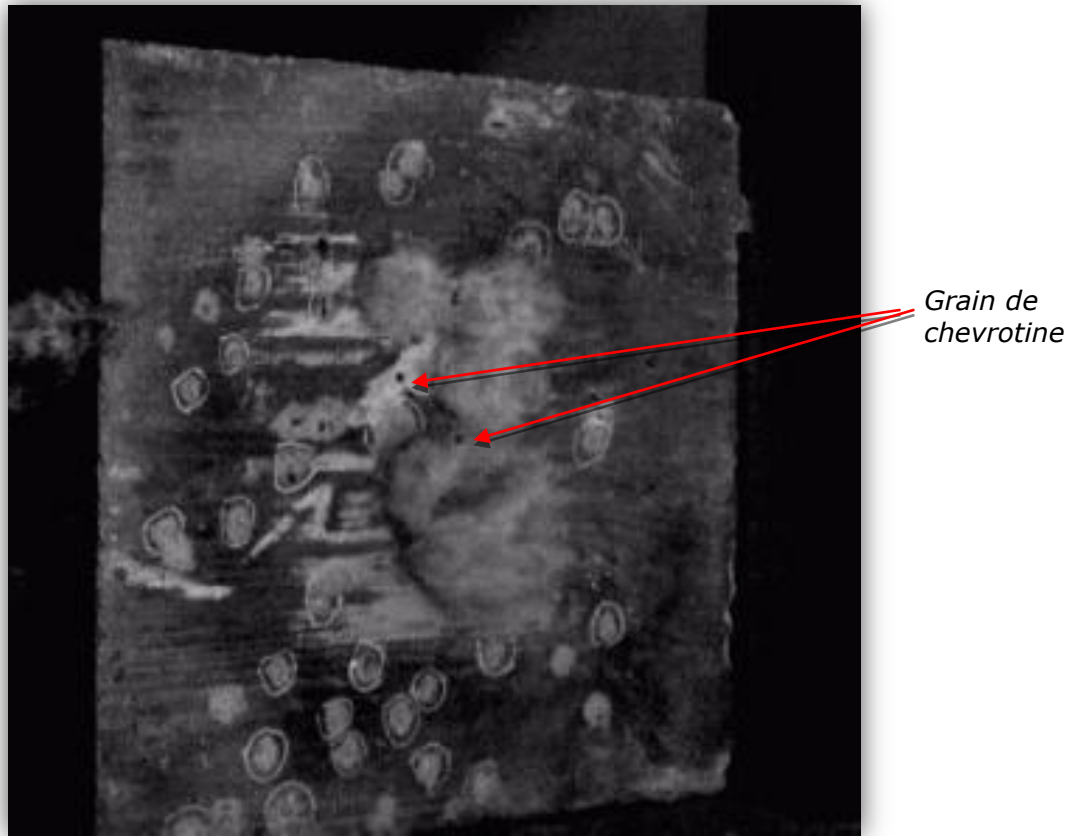
Groupement des éclats divers et des grains ayant ricoché sur la plaque de béton





V.4.3. Cartouches MARY :

Gerbe atteignant la plaque de béton



Groupement des éclats divers et des grains ayant ricoché sur la plaque de béton



A titre indicatif, est présentée ci-dessous la photographie de grains de chevrotines de la cartouche de marque MARY récupérés au sol suite au tir sur béton



Leurs déformation et perte de matière sont significatives. Elles caractérisent en outre des grains animés d'une certaine vitesse.

Concernant les grains ayant ricoché sur la plaque de béton, leurs déformation et perte de matière influent de façon conséquente sur leur trajectoire qui devient erratique et leur portée qui se trouve fortement amoindrie.

Lors de ces essais, par rapport à l'axe de tir, l'incidence angulaire des ricochets est comprise entre :

Cartouches TUNET : 31,9° et 58,3°

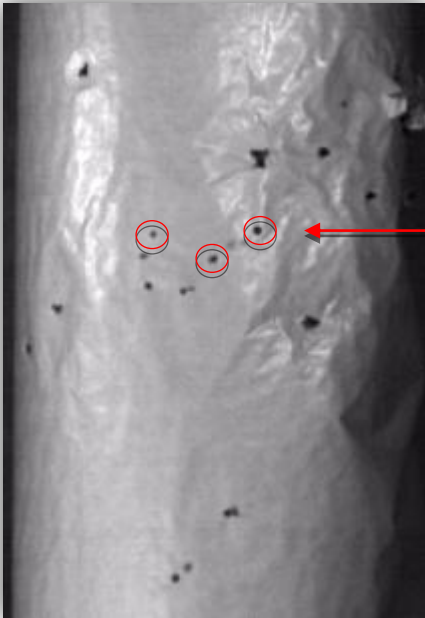
Cartouches PMC : 35,4° et 62°,7

Cartouches MARY : 40,3° et 69,8°

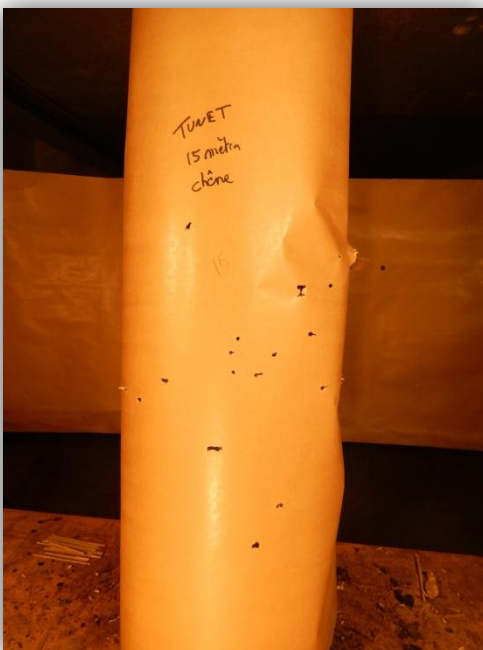
## V.5. Pénétration dans un tronc de chêne

### V.5.1 Cartouche TUNET

Gerbe atteignant le tronc emmaillotté de papier KRAFT, afin de repérer les impacts :



*Grains de chevrotine*



*Vue des impacts sur le tronc*



Photographie illustrant l'arrivée des grains sur le tronc



La profondeur de la pénétration des grains est de 41 mm.

Il faut souligner qu'à l'occasion d'un tir en visant le centre du tronc de chêne, un grain a réalisé un ricochet sur la gauche selon une incidence de  $112,13^\circ$  horizontale par rapport à l'axe de tir.

N.B. : l'origine de la détermination de l'angle est le canon



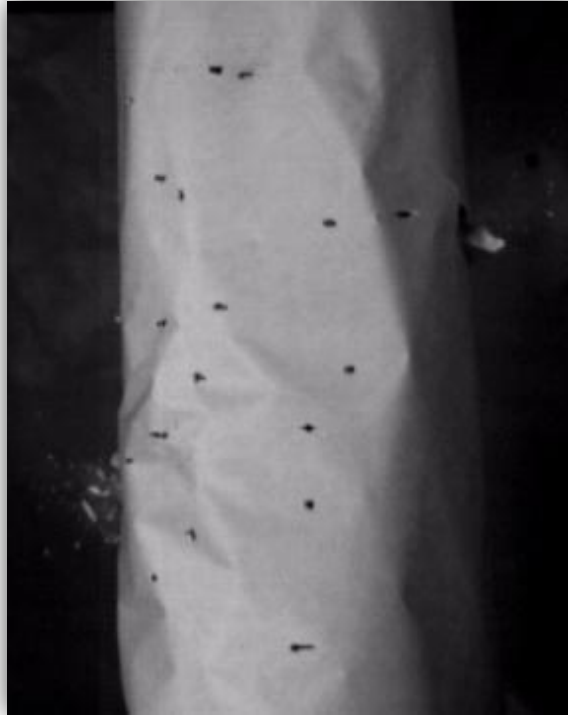
Point de départ du ricochet



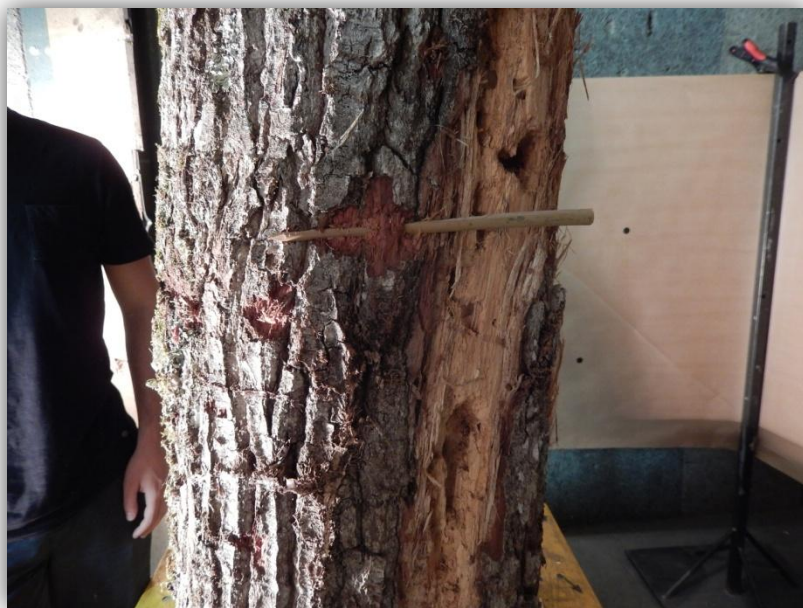
orifice

### V.5.2. Cartouche PMC

Gerbe atteignant le tronc emmaillotté de papier KRAFT, afin de repérer les impacts :



Trajectoire tangentielle au tronc



La profondeur moyenne de pénétration des grains est de 36 mm.

Il faut souligner qu'un grain a réalisé un ricochet sur la gauche selon une incidence de  $127,43^\circ$  horizontale par rapport à l'axe de tir.

#### V.5.3. Cartouche MARY

La profondeur moyenne de pénétration des grains est de 40mm.

Aucun ricochet ou déviation n'a été observé.

### V.6. Pénétration dans un tronc de pin

#### V.6.1 Cartouche TUNET

Gerbe atteignant le tronc emmaillotté de papier KRAFT, afin de repérer les impacts :



Vue de face avec matérialisation des impacts



Trajectoire tangentielle à droite du tronc





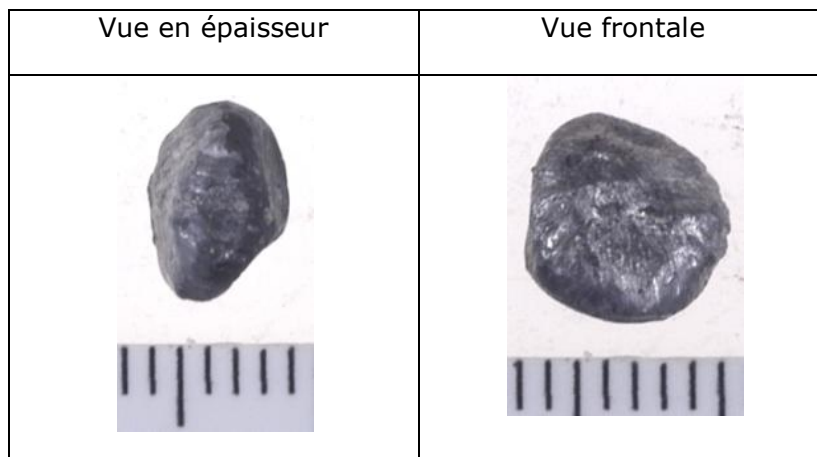
### Trajectoire tangentielle à gauche du tronc



La pénétration moyenne d'un grain de chevrotine dans le pin est de 3,2cm.

Bien qu'il y ait eu des trajectoires tangentielles, aucun ricochet n'a été observé.

A titre indicatif, un grain extrait du tronc est présenté ci-dessous :



La déformation frontale est bien marquée, ainsi que l'écrasement.

V.6.2. Cartouche PMC



Trajectoire tangentielle sur le côté droit, rectiligne, sans qu'un ricochet n'en résulte.

La pénétration moyenne d'un grain de chevrotine dans le pin est de 2,6 cm

### V.6.3. Cartouche MARY

Gerbe atteignant le tronc emmaillotté



La profondeur moyenne de pénétration des grains est de 30mm

Il faut noter que la pénétration des grains de chevrotine dans le pin est systématiquement inférieure à celle observée dans le chêne, pour la raison suivante possible : la résine présente dans le bois, s'agglomère rapidement au grain et le freine.

## **V.7. Tirs tangentiels réalisés sur des troncs de chêne et de pin.**

Afin de provoquer des ricochets, sciemment des tirs ont été réalisés à la même distance que précédemment avec pour centre de gerbe un point situé à 7 cm du bord droit des troncs.

### **Tronc de chêne :**

#### V.7.1. Cartouche TUNET :

Aucun ricochet n'a été observé.

#### V.7.2. Cartouche PMC :

Quatre ricochets ont été observés sur la droite ; leur valeur à partir du point d'impact sur le tronc, toujours par rapport à l'axe de tir, a été relevée comme étant de :

- 153°95
- 166°67
- 168°94
- 177° 95

#### V.7.3. Cartouche MARY :

Aucun ricochet n'a été observé.

#### **Tronc de pin :**

#### V.7.4. Cartouche TUNET :

Trois ricochets ont été observés sur la droite ; leur valeur à partir du point d'impact sur le tronc, toujours par rapport à l'axe de tir a été relevée comme étant de :

- 172°75
- 176°18
- 173°45

#### V.7.5. Cartouche PMC :

Un ricochet a été observé sur la droite ; sa valeur à partir du point d'impact sur le tronc, toujours par rapport à l'axe de tir a été relevée comme étant de :

- 151°46

#### V.7.6. Cartouche MARY :

Aucun ricochet ou déviation significative n'a été observé.

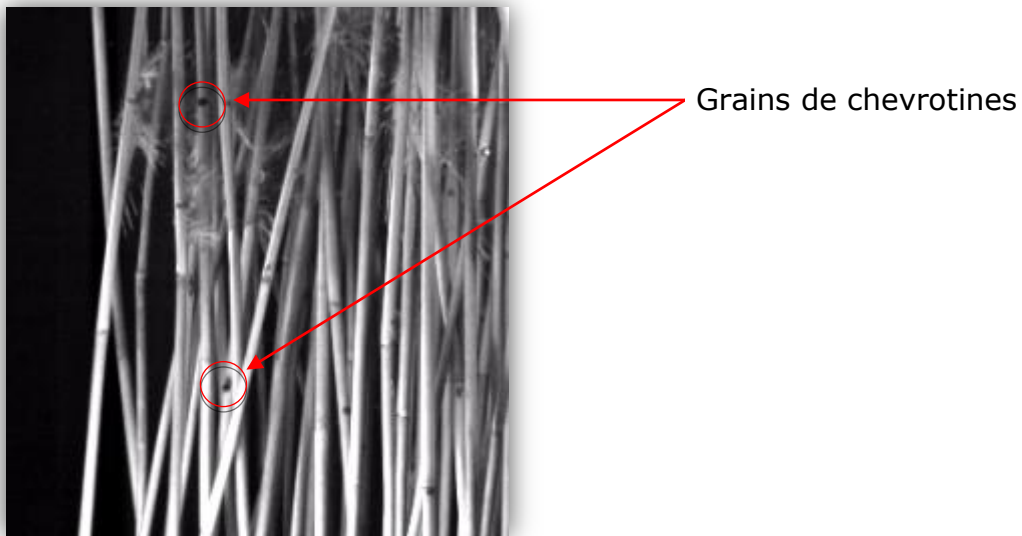
**V.8. Déviation de trajectoire occasionnée par des obstacles multiples de 6mm de diamètre (baguettes de bambou)**

V.8.1. Cartouche TUNET :

Gerbe à 10 mètres



Gerbes atteignant les tiges de bambou



H+L : 27 cm x 24 cm

Le H+L moyen obtenu lors des essais est de 29,4 cm x 26,0 cm

Gerbe à 15 mètres



H+L: 52cm x 46 cm

Le H+ L obtenu lors des essais est de 45,1 cm x 40,8 cm

Cette dispersion de grains présente un aspect hétérogène et très irrégulier, les grains ont été déstabilisés. Ainsi, par rapport au comportement moyen d'une gerbe lors des tirs d'essais, la déviation augmente de  $0,65^\circ$  en hauteur et de  $0,53^\circ$  en largeur.

#### V.8.2. Cartouches PMC :

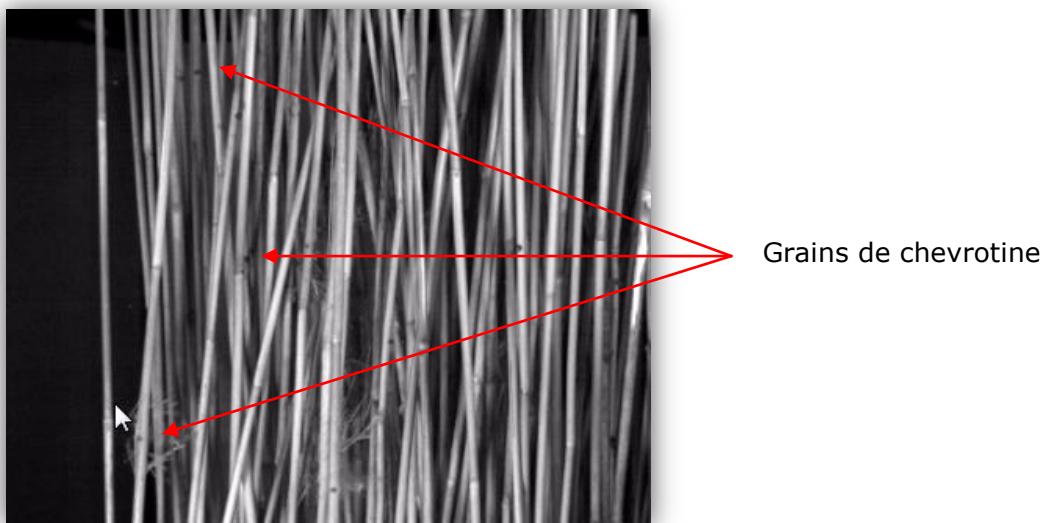
##### Gerbe à 10 mètres



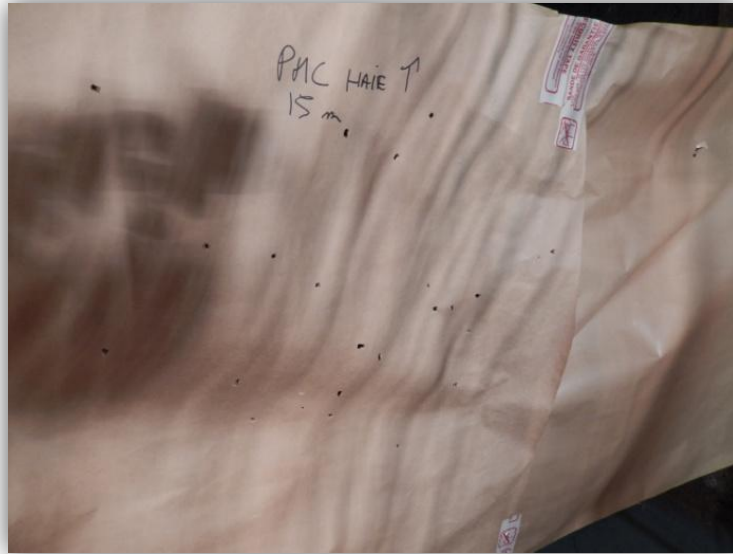
H+ L : 37cm x 34 cm

Le H+ L obtenu lors des essais est de 28,3 cm x 26,2 cm

##### Gerbe atteignant les tiges de bambou



### Gerbe à 15 mètres :



H + L: 64cm x 62 cm

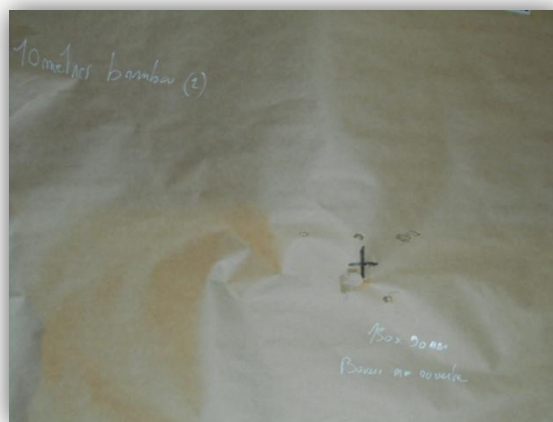
Le H+ L obtenu lors des essais est de 46,0cm x 43,6 cm

Cette dispersion de grains présente un aspect hétérogène, très irrégulier, les 28 grains ont été fortement déstabilisés. Ainsi, par rapport au comportement moyen d'une gerbe lors des tirs d'essais, la déviation augmente de  $0,84^\circ$  en hauteur et de  $0,86^\circ$  en largeur.

Il est à noter qu'un grain a effectué une déviation supérieure à la moyenne de la gerbe, selon un angle de  $16^\circ$  sur la gauche par rapport à l'axe du tir.

### V.8.3. Cartouches MARY :

#### Gerbe à 10 mètres

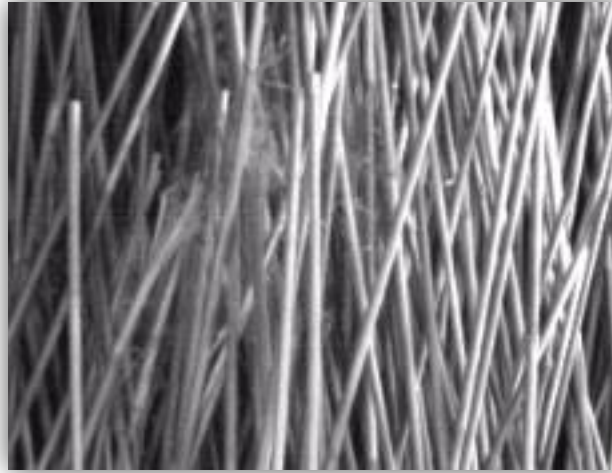


H + L: 22,0 cm x 19,0 cm

Le H+ L obtenu lors des essais est de 22,5 cm x 20 cm



Gerbe atteignant les tiges de bambou



Gerbe à 15 mètres



H + L: 98,0 cm x 52,0 cm

Le H+ L obtenu lors des essais est de 36,0 cm x 32 cm

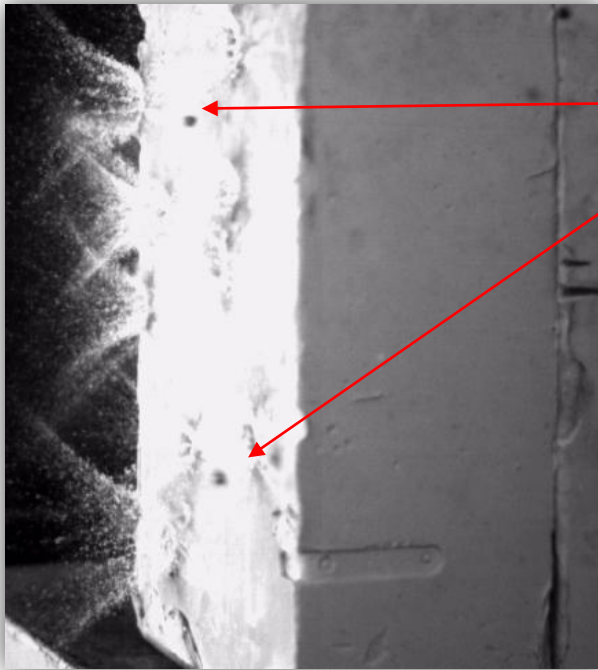
Cette dispersion excessive était due à un mauvais comportement de la bourre (agglomérat de grains de chevrotines dans le fond du godet, ce qui a généré un effet balle avec l'association « grain plus bourre »). Un autre essai est réalisé : la dimension de la gerbe à 15 mètres est alors de 53 cm x 77cm.

Dès lors, une augmentation de cette dispersion de grains présente un aspect très hétérogène, très dispersé, les 21 grains ont été fortement déstabilisés. Ainsi, par rapport au comportement moyen d'une gerbe lors des tirs d'essais, la déviation augmente de 1,12° en hauteur et de 0,65° en largeur.

## V.9. Pénétration des grains dans la plastiline à 15 mètres :

### V.9.1. Cartouches TUNET :

Gerbe atteignant la plastiline



Grains de chevrotine



Caractéristiques moyennes d'un impact :

Le diamètre moyen de l'orifice d'entrée est de 18mm.

L'amplitude de l'enfoncement des grains se situe entre 79 mm et 100mm.

L'enfoncement moyen est de 83mm.

Le canal d'attrition, conique, possède un diamètre d'entrée moyen de 18mm et se termine au diamètre du grain de chevrotine (6,30mm).

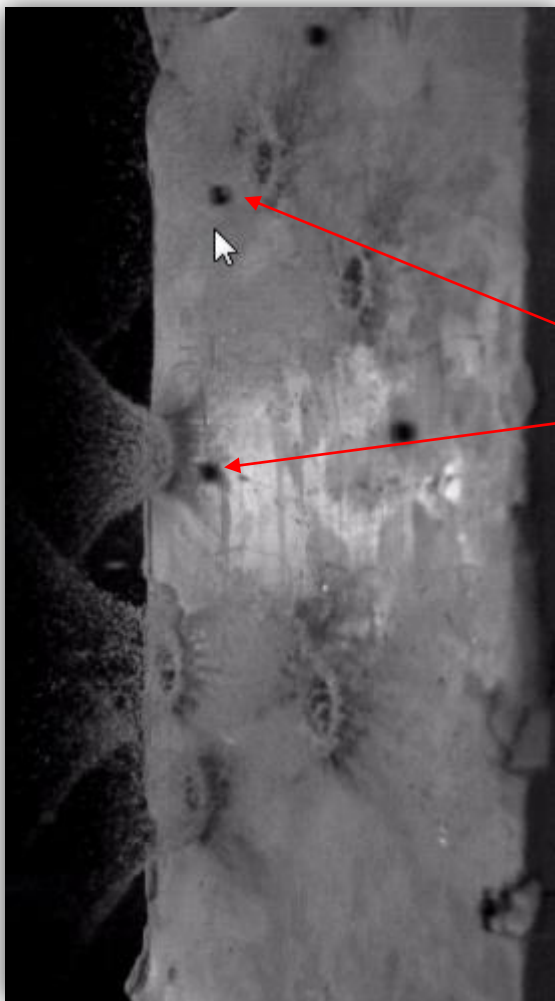
Le refoulement du cratère d'entrée est en moyenne de 6mm.

Sur un tir tangentiel la profondeur est de 82mm .

Les trajectoires sont rectilignes.

#### V.9.2. Cartouches PMC

Gerbe atteignant la plastiline



Grains de chevrotine



Caractéristiques moyennes d'un -impact:

Le diamètre moyen de l'orifice d'entrée est de 12mm.

L'amplitude de l'enfoncement des grains se situe entre 91mm et 96mm.

L'enfoncement moyen est de 88 mm.

Le canal d'attrition, conique, possède un diamètre d'entrée moyen de 12mm et se termine au diamètre du grain de chevrotine (6,30mm).

Le refoulement du cratère d'entrée est en moyenne de 3 mm.

Sur un tir tangentiel la profondeur est de 106mm, la raison de la plus grande importance de cette pénétration résulte de la moindre résistance latérale de la matière.

Les trajectoires sont rectilignes.

#### V.9.3. Cartouches MARY :

Caractéristiques moyennes d'une atteinte :

Le diamètre moyen de l'orifice d'entrée est de 18 mm.

L'amplitude de l'enfoncement des grains se situe entre 74 mm et 92mm.

L'enfoncement moyen d'un grain est de 81mm.

Le canal d'attrition, conique, possède un diamètre d'entrée moyen de 18 mm et se termine au diamètre du grain de chevrotine (6,20mm).

Le refoulement du cratère d'entrée est en moyenne de 4 mm.

Sur un tir tangentiel la profondeur est de 106 mm, la cause de la plus grande importance de cette pénétration est la moindre résistance latérale de la matière.

Photographie de la zone impactée à 15 mètres



## VI) DISCUSSION

### VI.1. Principes recherchés en balistique lésionnelle ou de but

En ce qui concerne la puissance meurtrière, le projectile doit abandonner rapidement dans le corps atteint, le maximum d'énergie transporté.

Selon le Général JOURNEE, la puissance meurtrière d'un plomb peut être définie comme étant un rapport de masses : la masse du plomb doit correspondre au 1/5000<sup>ème</sup> du poids de l'animal à abattre.

Ce même Général JOURNEE définit, à la suite des observations réalisées lors des guerres du XIX<sup>ème</sup> siècle, « qu'un animal (en l'occurrence un cheval) qui est atteint par 4 ou 5 projectiles ayant chacun une puissance suffisante, a de grandes probabilités d'être blessé à mort et d'être arrêté à faible parcours... ».

Par ailleurs, il poursuit inversement : « lorsqu'un animal est atteint par un seul projectile relativement puissant et capable de lui briser les os, il n'a qu'une "chance" sur quatre d'être tué... ». Il poursuit en déclarant, toujours selon les théories militaires, que « sur cinq blessures réparties au hasard, l'une d'entre elles est rapidement mortelle. »

Un projectile sphérique en plomb animé d'une vitesse inférieure à 350 mètres par seconde, lorsqu'il atteint les parties molles d'un corps, génère une blessure comparable à

un coup de couteau (Général JOURNEE, Vincent J.M. DI MAIO – blessures par armes à feu, aspects pratiques des armes à feu, de la balistique et des techniques médico-légales), plus sa vitesse augmente plus le canal d'attrition créé subi des désordres, plus la blessure s'aggrave, en même temps que le projectile se déforme et peut causer des cavités permanentes et/ou temporaires.

## VI.2. En ce qui concerne les munitions testées :

Rappel des différentes vitesses moyennes enregistrées (en mètres / seconde) :

Cartouches	V 5 mètres	V 10 mètres	V 15 mètres	V 20 mètres
TUNET	393,2	373,2	352,1	331
PMC	346,9	332,1	316,9	301
MARY	401,9	357,7	352,2	334,1

Par rapport aux principes énoncés précédemment, peuvent être exclues les valeurs inférieures à 350 mètres par seconde (sur fond rouge).

Ainsi les munitions PMC de 28 grains, sont exclues.

Rappel des différentes énergies moyennes développées (en joule) par grain:

Cartouches	E 5 mètres	E 10 mètres	E 15 mètres	E 20 mètres
TUNET	111	100	89	79
PMC	87	80	73	66
MARY	115	100	88	79

L'énergie subie peut être raisonnablement considérée par l'addition du nombre de grains atteignant le gibier atteint, ainsi, dans l'absolu, le tableau ci-après détermine l'énergie transportée selon le nombre de grains par rapport à la distance lorsqu'elle atteint la cible:

Cartouches TUNET :

Distance	Nombre de grains																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<b>5 mètres</b>	111	222	333	444	555	666	777	888	999	1110	1111	1222	1333	1444	1555	1666	1777	1888	1999	2220	2331
<b>10 mètres</b>	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100
<b>15 mètres</b>	89	178	267	356	445	534	623	712	801	890	979	1068	1157	1246	1335	1424	1513	1602	1691	1780	1869
<b>20 mètres</b>	79	158	237	316	395	474	553	632	711	790	869	948	1027	1106	1185	1264	1343	1422	1501	1580	1659

*A 15 mètres, les 21 grains TUNET développent une énergie cumulée de 2 100 joules.*

Cartouches PMC :

	Nombre de grains																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27	28	
5 m	87	174	261	348	435	522	609	696	783	870	957	1044	1131	1218	1305	1392	1479	1566	1653	1740	1827	1914	2001	2088	2175	2262	2349	
10 m	80	160	240	320	400	480	560	640	720	800	880	960	1040	1120	1200	1280	1360	1440	1520	1600	1680	1760	2140	2220	2300	2380	2460	
15 m	73	146	219	292	365	438	511	584	657	730	803	876	949	1022	1095	1168	1241	1314	1387	1460	1533	1606	1679	1752	1825	1898	1971	
20 m	66	132	198	264	330	396	462	528	594	660	726	792	858	924	990	1056	1122	1188	1254	1320	1386	1452	1518	1584	1650	1716	1782	

*A 15 mètres, les 21 grains PMC développent une énergie cumulée de 1 971 joules.*

Cartouches MARY :

Nbre de grains	Nombre de grains																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
5 mètres	115	230	345	460	575	690	805	920	1035	1150	1265	1380	1495	1610	1725	1840	1955	2070	2185	2300	2415
10 mètres	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100
15 mètres	88	176	264	352	440	528	616	704	792	880	968	1056	1144	1232	1320	1408	1496	1584	1672	1760	1848
20 mètres	79	158	237	316	395	474	553	632	711	790	869	948	1027	1106	1185	1264	1343	1422	1501	1580	1659

*A 15 mètres, les 21 grains MARY développent une énergie cumulée de 1 848 joules.*



Rappel des différents groupements moyens enregistrés :

Cartouches	H+L 5 mètres	H+L 10 mètres	H+L 15 mètres	H+L 20 mètres
TUNET	12,3 x 11,5	29,4 x 26	45,1 x 40,8	67,6 x 58,4
PMC	10,5 x 11,5	28,3 x 26,2	46 x 43,6	63,7 x 60,8
MARY	9 x 5	22,5 x 20	32 x 36	51 x 39

Si on établit le postulat selon lequel un carré de 15 cm de côté, représente la zone vitale à atteindre d'un chevreuil, la diagonale de ce carré est de 25 cm ; cela correspond au diamètre d'un cercle d'une gerbe.

Lors des essais réalisés, le H + L a été déterminé en prenant la hauteur par la largeur d'une gerbe.

En examinant le tableau ci-dessus, les dimensions des H+L à 5 mètres sont toutes contenues dans un cercle de 25 cm de diamètre.

A 10 mètres, seule la cartouche de marque MARY s'y inscrit encore.

Au-delà la totalité de la gerbe n'est plus contenue.

La dispersion des grains au sein d'une gerbe étant par nature irrégulière, il serait vain de vouloir déterminer le nombre d'atteintes avec certitude au sein de ce cercle de 25 cm de diamètre ; cependant, il peut être raisonnablement envisagé au vu des groupements réalisés avec des cartouches chargées avec une bourre à jupe et à godet que jusqu'à une distance de 15 mètres, un nombre important de grains atteindra ce cercle de 25 cm de diamètre (Cf les photographies des cibles atteintes).

Selon les expériences menées, il appert par ailleurs, que le chargement de cartouche le plus performant quant au groupement dans l'espace (Cf photographies de balistique spatiale des gerbes) et dans la cible (Cf photographie de balistique terminale) est celui dont la bourre est à jupe et à godet ; en effet, cette dernière confère à la gerbe une plus grande homogénéité dans l'espace, une plus grande régularité de sa forme, une réduction des phénomènes de frottement des plombs périphériques de la charge dans le canon (phénomène de gradient de vitesse), une cohésion plus durable dans l'espace de l'ensemble de la charge, ce qui concourt à une efficacité avérée ; la densité et la concentration de la charge atteignant la cible occasionnant un traumatisme plus important.

En ce qui concerne le seuil minimum de 350m /seconde que doit avoir un projectile sphérique en plomb pour occasionner des blessures "satisfaisantes", les tableaux ci-dessus permettent de considérer que pour deux types de cartouches chargées de 21 grains de chevrotines, ce seuil ne doit pas dépasser la distance de 15 mètres.

## VI.2. Caractéristiques corollaires au tir proprement dit :

### VI.2.1. Ricochets sur une surface en béton :

A la suite de l'atteinte d'une surface dure en béton inclinée à 30° par rapport à la trajectoire de tir, la valeur de l'angle contenant la gerbe ayant ricoché est de :

Cartouches TUNET: 26°4

Cartouche PMC : 27°3

Cartouche MARY: 29°,5

Les écarts relevés, cohérents dans leur valeur, indiquent une certaine constance dans la zone et la direction impactée, sans aberration significative.

Huit grains de chevrotine de cartouche MARY ont été récupérés à l'issue de tir ; leur déformation importante ou leur perte de matière, permet d'apprécier la ductilité du plomb et ses capacités à se déformer, et donc, lors du vol post ricochet, de réduire leur portée et leur dangerosité.

### VI.2.2. Atteinte de la plastiline (pénétration, trajectoire intra corporelle):

Les différents tirs réalisés ont permis de déterminer que dans la plastiline, à 15 mètres, l'enfoncement des grains étaient en moyenne de :

Marques	Diamètre de l'orifice d'entrée	Pénétration minimum	Pénétration maximum	Pénétration moyenne	Diamètre de l'entrée du canal d'attrition
TUNET	18mm	79mm	100mm	83mm	18mm
PMC	12mm	91mm	96mm	88mm	12mm
MARY	18mm	74mm	92mm	81mm	18mm

Les résultats mentionnés dans ce tableau démontrent une fois de plus l'intérêt lié à la vitesse de la charge.

En effet les diamètres d'entrée de canal d'attrition causés par un grain de 6,2mm en moyenne sont voisins du triple de son diamètre en matière de pénétration. Les écarts de valeurs entre les trois types de munitions sont peu significatifs ; en se référant au tableau de l'énergie développée (Cf page 46), l'énergie est équivalente entre les TUNET et les MARY, surtout supérieure aux PMC.

Il est à noter que, l'expérience en balistique lésionnelle médico-légale, a montré à maintes reprises, qu'une cartouche chargée de grains de chevrotines, de quelques numéros de grains que ce soit, tirée à partir d'une très courte distance dans le crâne d'un individu, permet, d'effectuer une pénétration intra crânienne très efficace puisque causant la mort immédiate ; par ailleurs il est fort rare de constater une sortie de la gerbe ou de grains, même lorsque la gerbe effectue encore son effet balle.

Ainsi, ce type de munition abandonne la totalité de l'énergie transportée sur un trajet d'environ 8 cm, générant un canal d'attrition pouvant être du triple du diamètre d'un grain.

### VI.2.3. Atteinte de troncs d'arbres :

#### *Chêne :*

Lors du tir direct sur ce tronc, un grain de cartouche TUNET a effectué un ricochet sur la gauche selon un angle horizontal de  $112^{\circ}13$ , un grain de chevrotine de cartouche PMC a lui aussi effectué un ricochet sur la gauche horizontal de  $127^{\circ}43$  par rapport à l'axe de tir.

Lors de tir tangentiel, seuls des grains de chevrotine de cartouche PMC ont décrit des ricochets selon des incidences par rapport à la trajectoire de tir sur la droite de  $153^{\circ}95$ ,  $166^{\circ}07$ ,  $168^{\circ}94$  et  $177^{\circ}95$  ; cette faculté à ricocher, peut résulter, là aussi, de la vitesse inférieure aux 350 mètres/ seconde déjà évoquée.

#### *Pin :*

Trois grains de chevrotine TUNET ont décrit une déviation de  $172^{\circ}75$ ,  $176^{\circ}18$  et  $173^{\circ}45$  sur la droite, un grain de cartouche de marque PMC a décrit un ricochet d'une valeur de  $151^{\circ}56$ . Il faut souligner que pour des grains animés d'une vitesse supérieure à 350 mètres/seconde, des traces rectilignes latérales sur le tronc de pin ont été observées, indiquant que les grains ont conservé une certaine rigueur dans leur trajectoire.

La saisie d'un grain fiché dans le tronc a permis d'observer une déformation frontale non négligeable,

Ces tirs permettent d'observer des ricochets avec parfois une origine ou une cause inexplicée et donc aberrante (grain TUNET dans le chêne) et que là où pourraient se produire des ricochets (lors de tirs tangentiels), une déviation de trajectoire est obtenue ; là encore, la faible vitesse favorise le ricochet, alors qu'une vitesse supérieure occasionne une déviation.

### VI.2.4. *déviatiion due à des branchages multiples :*

A l'issue des tirs, les gerbes de quelque cartouche que ce soit subissent une modification de leur trajectoire, elles deviennent hétérogènes et irrégulières ; les baguettes atteintes, souples, bousculent et déstabilisent très sensiblement les projectiles ; ainsi, une modification angulaire importante de leur trajectoire peut être constatée.

Dans ce contexte il est aussi observé que les grains animés d'une vitesse insuffisantes manifestent une tendance prononcée à la déviation, et là encore un ricochet de  $164^{\circ}$  par rapport à l'axe de tir est observé.

## VII) Synthèse des essais de tir

Le banc national d'épreuve de Saint-Etienne, membre de la Commission Internationale Permanente pour l'épreuve des armes à feu, qui a pour mission régaliennne de tester notamment les armes à feu portatives et les munitions, a réalisé en Juin et Septembre 2014, à la demande de la Fédération des Chasseurs des Landes, une analyse de l'efficacité des cartouches pour arme(s)lisse(s), chargée(s) avec des grains de chevrotines.

Le but de cette analyse en situation contrôlée, était d'obtenir des données scientifiques et techniques à partir des tests réalisés par les professionnels du banc national d'épreuve de Saint-Etienne sur du matériel répondant aux critères de qualité des normes ISO 9001 et 17025.

La réalisation des divers essais a été établie sur la base d'un protocole garantissant les principes de répétabilité et permettant la reproductibilité de ces essais, éventuellement applicable à d'autres types de munitions.

Les essais réalisés ont porté sur : les mesures de vitesse, de calcul d'énergie cinétique, de dimension des gerbes, les effets de ricochets, la pénétration, les tirs tangentiels et les déviations de trajectoires.

Ils ont été conduits sur divers matériaux : béton, troncs de chêne et de pin, branchages, plastiline.

Les tirs ont été réalisés sur les distances de 5 - 10 - 15 - 20 - 25 - mètres plus spécifiquement. Trois types de cartouches chargées à 21 grains pour TUNET et MARY et 28 grains pour PMC, cibles exclusives de l'étude, ont été utilisées.

En balistique, la puissance meurtrière du tir est corrélée à l'abandon dans le corps atteint du maximum d'énergie transportée. Un projectile sphérique en plomb animé d'une vitesse inférieure à 350 mètres ne permet pas d'atteindre cet objectif. Au-delà de 15 mètres, la vitesse et la puissance relictuelles de ce type de munitions altèrent son intérêt létal.

A 15 mètres et en-deça, les cartouches de chevrotine chargées de 21 grains, de préférence à bourre à jupe et à godet montrent un abandon rapide d'énergie lors des ricochets liée à la déformation des grains et un caractère non transfixiant associé à la multiplicité des impacts et de leur groupement ainsi qu'une efficacité létale avérée.

Dans ces conditions de distance et de charge, sur les tests réalisés en situation contrôlée selon divers scénarii, les munitions expertisées confirment leur intérêt létal disposant d'une vitesse suffisante ( $> 350 \text{ m / s / g}$ ) sans effet ricochets significatif.