

LE BENCHREST . 22LR

QU'EST-CE QUE C'EST ?? - COMMENT CA MARCHE ??

I. INTRODUCTION

Contrairement à certaines opinions encore fréquemment répandues, le Benchrest n'est pas une discipline de tir facile...réservée aux anciens tireurs évincés des autres disciplines tout aussi exigeantes, et ce pour raisons d'âge, de fatigue ou parfois d'incapacités physiques.

Le Benchrest est un tir de très haute précision, poussé à l'extrême, au cours duquel les écarts d'impacts de ... 1/2 millimètre dans la cible feront pencher le score d'un tireur en faveur ou en défaveur de son concurrent.

Un écart de ½ millimètre à des distances de 50 ou 100 mètres, n'est-ce pas là la démonstration éclatante de la noblesse de cette discipline (23 en Belgique) en évolution constante ?

Il s'agit d'un tir dont on est imprégné, qui parfois frôle le découragement, mais qui dès que l'on y goûte peut se transformer en une immense source de satisfaction ou par moments de ... frustration. Ceci tant pour les débutants que pour les tireurs expérimentés.

Le Benchrest n'est en rien comparable aux autres disciplines de tir, mais constitue par contre l'une des plus exigeantes.

Le souhait du rédacteur étant que la poursuite de la lecture du présent exposé puisse en convaincre le lecteur.

II. LE MATERIEL

Certains éléments s'avèrent indispensables dans l'atteinte d'une équation de tir, éléments sans lesquels un tireur non averti a peu de chances d'arriver à la pointe de la compétition en percussion annulaire.

Les atouts principaux étant :

- une bonne carabine de « match », canon entre 50 et 70 cm de longueur.
- un « barell tuner » (voir plus loin rubrique « canon»)
- une détente appropriée, idéalement réglée entre 60 et 125 grammes de poids traction.
- une crosse plate de préférence afin d'optimiser la surface d'appui.
- une lunette d'excellente qualité à rapprochement 25 X minimum, avec réticule type « Crosshair », ainsi que les colliers de fixation en acier adéquats de bonne qualité en vue de réduire les écarts de dilatation entre colliers et lunette.

D'autre part, une attention toute particulière sera réservée à la régularité du couple de serrage des vis des colliers fixant le corps de la lunette.

Note :

Les réticules de « chasse » ou militaires type « Mil DOT » ou autres présentant des marquages horizontaux ou verticaux étant à proscrire puisqu'ils masqueront partiellement la cible.

Elle disposera également d'un réglage de parallaxe net, clair, précis.

- un support de carabine lourd et stable équipé d'un sac de sable avant et un sac arrière.
Sur ce point, l'auteur recommande le sac de sable en cuir souple, comparé au sac en tissu.

Et enfin, le nerf de la guerre ... la munition... !

Sans une bonne munition l'effet des facteurs précédents sera partiellement annulé, amenuisant sensiblement les chances de succès (voir plus loin rubrique IV Munitions).

A titre indicatif, ci-dessous une approche fiable et réaliste de l'investissement à consentir lors de l'acquisition d'un matériel neuf approprié.

- carabine de « match » canon lourd	1.800 ~ 2.500 €
- barell tuner type « Harell » ou « Cicognani »	+/- 300 €
- lunette « crosshair » (Weaver, Sightron, Leupold, Nightforce, March)	600 ~ 3.500 €
- colliers de fixation en acier (la paire)	70 ~ 250 €
- sac de sable avant selon modèle (cuir souple)	+/- 28€
- sac de sable arrière (cuir souple)	+/- 40€
- support carabine type « HENKE » (5 Kg)	190 €
Note : il existe des modèles hyper sophistiqués à réglage micrométrique par « joy stick » (30 Kg)	
	(+/- 850 €)

III. LE CANON

Certains l'ignorent, d'autres l'interprètent erronément .

Tout compte fait est-il qu'un canon (même de match) adopte des « grimaces » lors du départ de chaque coup ???

L'ampleur de ces « grimaces » étant bien entendu tributaire de la qualité (acier, épaisseur etc..) dudit canon.

Ces déformations communément appelées « vibrations » sont qualifiées par l'auteur quant à lui, « d'ondulations », ce terme lui semblant plus approprié.

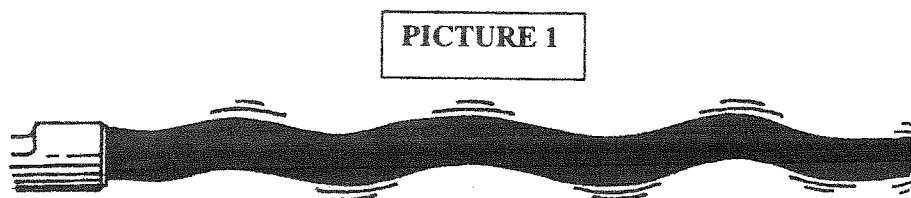
De nombreuses théories sont avancées par les tireurs à ce propos, chacun y allant de son opinion.

D'aucun s'imaginent qu'un canon « vibre » selon une certaine fréquence, induisant un mouvement ondulatoire rapide sur toute la longueur au canon.

Cette impression est toutefois incorrecte.

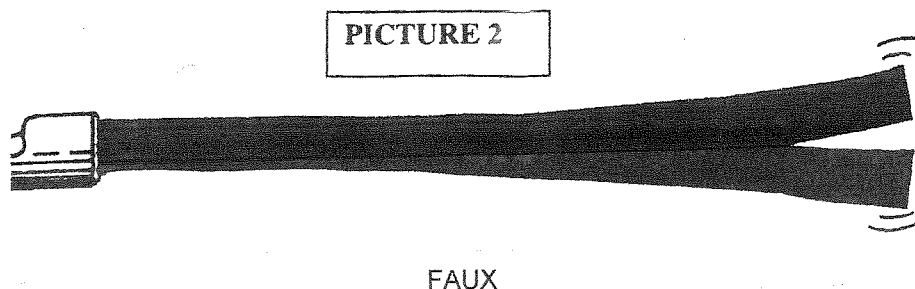
La figure 1, montre l'impression erronée de bon nombre de tireurs par rapport au terme « vibrations ».

Il n'induit en effet pas des oscillations multiples comme y représentées.



FAUX

Tout comme il n'effectue également pas des mouvements verticaux à la bouche du canon comme le montre la figure 2.



Par souci de démonstration théorique et pour les besoins de la cause...

Imaginons que vous parveniez à fixer un canon par la culasse dans un étau et que vous ayez assez de force pour faire plier ce canon de 20 cm vers le bas.

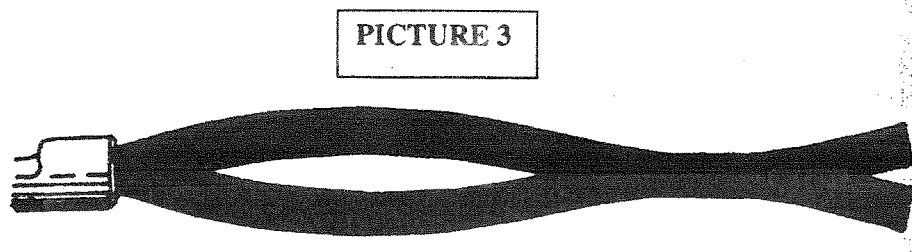
Dans ce cas, en le relâchant, le canon oscillerait effectivement du haut vers le bas.

Mais...cela ne serait toutefois possible qu'en saisissant le canon par la bouche, c.a.d. sur toute sa longueur et en bénéficiant de l'effet du bras de levier.

NON ! un canon ne « vibre » pas, « n'oscille » pas tel que démontré à la figure 2. !

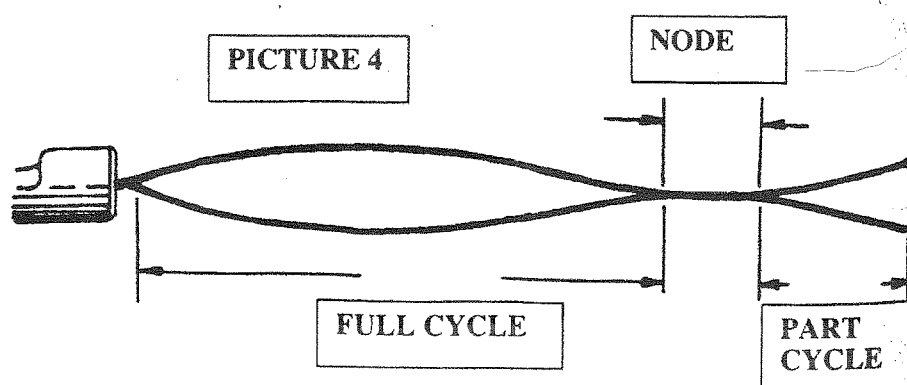
L'action provoquant l'ondulation du canon ne trouve pas son origine à la bouche, mais bien dès le départ du coup dans la chambre, donc tout au début du canon, pas à son extrémité, la bouche.

La figure 3 montre de façon amplifiée pour les besoins de la démonstration, l'ondulation du canon et ce sur toute sa longueur.



Ondulation correcte du canon après le départ du coup.

La figure 4 quant à elle détaille le mouvement réel du canon et permet une dissection ponctuelle de celui-ci



Au départ du coup dans la chambre, un seul et unique long cycle ondulatoire se prépare et se propage pour aboutir au « point mort » « NODE ».

Ensuite, le « point mort » « NODE » s'engage dans un second cycle partiel se terminant à l'extrémité (bouche du canon).

C'est ce second cycle partiel qui est à l'origine de l'imprécision d'un tir.

Point important !! Plus le canon est rigide, plus le « point mort » « NODE » se rapproche de la bouche.

Si le cycle partiel est dirigé vers le haut, l'impact sera haut sur la cible.

A l'inverse, l'impact sera bas sur la cible, si le cycle partiel se trouve vers le bas au moment où le projectile quitte le canon.

Attention !!

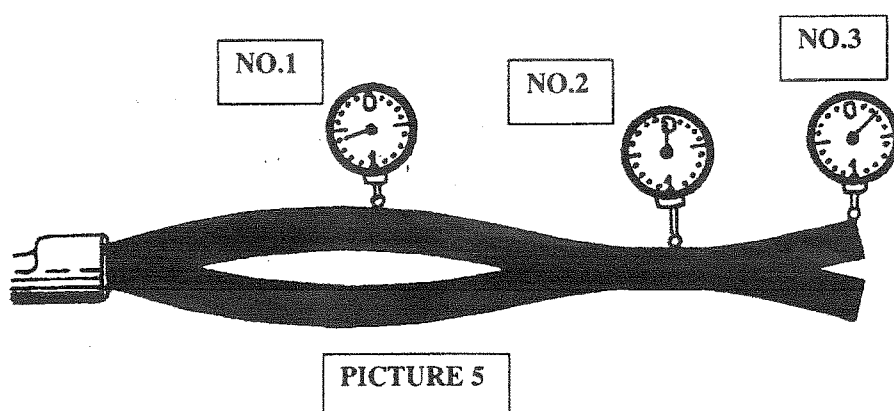
Le mouvement vertical haut/bas est ici pris à titre d'exemple.

Rien n'empêche un canon d'onduler latéralement (gauche/droite) auquel cas les impacts sur cible se marqueront à gauche ou à droite selon le cas.

Il faut donc espérer que chaque cartouche induit la même ondulation à chaque coup de façon à ce que le cycle partiel soit à la même position lors du tir suivant.

La durée du cycle partiel s'exprimant évidemment en millisecondes, et par conséquent invisible à l'œil nu, ni décelable physiquement.

La figure 5 démontre de façon schématique l'évolution de l'ondulation tout au long du canon.



Sur cette figure 5, l'on observe que le « point mort » « NODE » affiche une ondulation ZERO, tandis qu'à la bouche, l'ondulation atteint une certaine déflexion.

Or !, c'est au point ZERO que le tir sera correct... ???

Il n'est point difficile de deviner l'impact de la première balle si à sa sortie, la bouche est dirigée vers le haut, et qu'à la deuxième balle elle serait dirigée vers le bas.

La différence sur cible sera inévitable !

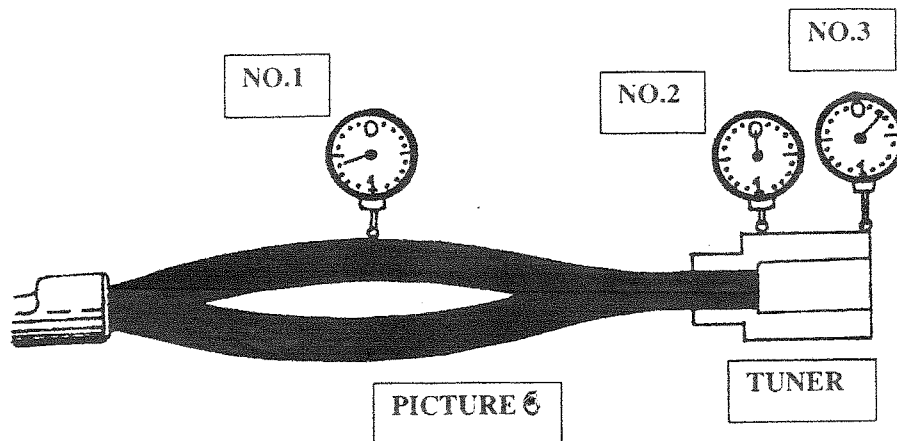
La solution ??? LE BARELL TUNER !!!

Cet outil au nom bizarre, -si parfois il annule-, au moins réduit au minimum l'ondulation du canon, et ce principalement au niveau du cycle partiel.

Comment s'accomplit ce miracle ???

Assez simple !!!

Le barell tuner provoque le déplacement du « point mort » « NODE » vers l'ultime extrémité de la bouche du canon permettant ainsi la sortie de la balle en position stable de la bouche du canon.



La figure 6, montre la position du « point mort » « NODE » sur un canon équipé d'un barell tuner.

Cette position est exactement parallèle à celle du canon.

L'objectif du barell tuner est donc d'amener le « point mort » « NODE » exactement à la bouche (sortie du canon) de telle façon à ce que les éventuels mouvements haut/bas s'équilibrent et que le projectile quitte le canon parfaitement dans l'axe de celui-ci.

Mais ... !!!, comment savoir où se trouve le « point mort » « NODE » sur un canon donné ?
Devant, au milieu, derrière ???

La réponse est évidente !

Au moyen d'un système micrométrique, le barell tuner peut être déplacé de l'avant vers l'arrière ou l'inverse.

Il s'agit d'un réglage fort laborieux effectué millimètre après millimètre allant de 200 à 500 réglages possibles selon le type de barell tuner.

La régularité de la munition étant dans ce cas de la plus haute importance.

Note :

La figure 6, montre une déflexion ZERO au « point mort » « NODE » tandis qu'elle montre une déflexion positive à l'extrémité du barell tuner ???

NO PROBLEM !!!

In extremis, le barell tuner « vibre », « ondule », en même temps que l'ultime extrémité du canon.

Mais le lecteur attentif remarquera que le diamètre intérieur du barell tuner est supérieur au calibre intérieur du canon.

Lorsque le projectile pénètre dans le barell tuner, il aura en fait déjà quitté le canon et le mouvement du tuner ne l'affectera plus.

La balle aura déjà pris sa direction définitive puisqu'ayant bénéficié de la position stable, neutre et axée du « point mort » « NODE ».

IV . LA MUNITION

Les éléments suivants sont déterminants pour la qualité, donc la précision d'une cartouche 22 LR par rapport à une autre.

N'en déplaise aux tireurs convaincus de leur affirmation qu'une « 22 » en vaut bien une autre.

Sous le coup de l'habitude certains préfèrent la marque X à la marque Y, et ne jurent que par celle-ci.

Pourtant, s'ils savaient !!!

Il suffit de leur demander pourquoi leur préférence va vers l'une ou l'autre cartouche, et la réponse est pratiquement toujours identique – « *elles vont bien, elles sont supersoniques* »

Pour les curieux, comme pour les puristes, un peu de physique élémentaire donc !

La notion de supersonique (le terme correct dans le cas d'une 22 LR étant transsonique) est une impression aléatoire.

En effet, la vitesse du son n'a aucun rapport direct avec la vitesse propre du projectile qui est celle lors de sa sortie du canon.

Un projectile super/transsonique est simplement plus rapide qu'un projectile subsonique, la vitesse du son n'ayant aucun effet sur le comportement physique du projectile lors de son trajet.

Par contre, il y a effectivement une vitesse dans l'air et une vitesse de déplacement par rapport au sol.

A titre de démonstration !

Un objet se déplaçant dans l'air à 100 Km/h, vent de face 10 Km/h aura :

- vitesse air 100 Km/h – vitesse sol 90 Km/h

Le même objet se déplaçant dans l'air à 100 km/h, vent arrière 10 Km/h aura :

- vitesse air 100 km/h – vitesse sol 110 Km/h.

Les deux objets confondus, l'un arrivera plus vite que l'autre. !

LA VITESSE DU SON

A titre d'info :

Subsonique = vitesse $\leq 0,9$ Mach

Transsonique = vitesse $\geq 0,9$ mais $\leq 1,2$ Mach

Supersonique = vitesse $\geq 1,2$ mais $\leq 2,2$ Mach

Hypersonique = vitesse $\geq 2,2$ Mach

Selon la formule suivante, la vitesse du son est atteinte dans les conditions suivantes :

V.son = M.1 (Mach 1)

$$M 1 = \sqrt{\gamma \cdot R_s \cdot T}$$

γ = coefficient adiabatique = constante

R = constante spécifique d'un gaz parfait (air) = constante 287 J . Kg-1 . Kg-1

T = Température Kelvin (thermodynamique) zéro absolu = - 273°K = 0° C.

L'on voit donc que hormis les deux constantes γ et R, T est la seule variable.

La vitesse du son dépend donc uniquement de la température.

Démonstration :

Vitesse projectile 330 m/s – T° K – 253° (+20°C) – M1 = 319 m/s

Vitesse projectile 330 m/s – T° K – 283° (-10° C) – M1 = 337 m/s

C'est ainsi qu'un projectile quittant le canon à 330 m/s par +20° C sera subsonique, tandis que le même projectile tiré en hiver par -10° C sera devenu supersonique.

Dans les deux cas pourtant, la cible sera atteinte en même temps.

C'est le son qui se déplace à une certaine vitesse, pas le projectile !

Par contre, deux projectiles aux vitesses sol différentes auront un résultat différent au niveau de leur puissance d'impact (Joules) et de leur stabilité en trajectoire.

L'énergie cinétique étant exprimée en Joules (J) la formule suivante nous montre que :

$$EC = \frac{M \cdot V^2}{2}$$

M = Masse en Kg

V² = Vitesse en m/s

La masse (poids) d'un projectile étant souvent exprimée en « grains », il est bon de savoir que un grain correspond à 0,00648 grammes (648 milligrammes).

C'est ainsi qu'un projectile 22 LR d'un poids de 40 grains vaut également 2,59 grammes.

Partant de ce qui est décrit plus haut, nous obtenons donc

$$M = 0,00259 \text{ Kg}$$

$$V^2 = 330 \text{ m/s}^2 = 108.900$$

$$EC = \frac{0,00259 \times 108.900}{2} = 141 \text{ joules (J)}$$

En conclusion, si l'on augmente la vitesse d'un projectile de poids identique, le plus rapide augmentera son énergie cinétique et par le même occasion sa stabilité en trajectoire.

Il convient de noter que certains projectiles 22 LR extrêmement rapides, tels que les Winchester Super X (1450 fps, soit 445 m/s) ne conviennent pas pour le tir Benchrest de haute précision du fait de leur tête creuse et d'un certain déséquilibre massique.

Bon à savoir également, c'est qu'un projectile 22LR d'un poids de 40 grains se déplaçant à 330 m/s aura perdu 10% de sa vitesse après 50 mètres déjà, et 20% après 100 mètres rendant utopique toute précision au-delà de cette dernière distance.

V. LA « BONNE MUNITION »

Comment trouver la bonne munition ???

C'est le nerf de la guerre, et la question que se pose tout tireur Benchrest.

Même certaines munitions de qualité « match » peuvent se montrer faibles au niveau de leur précision, et ce particulièrement lors du changement d'un numéro de lot de fabrication.

Le marché de la 22 LR est vaste, certains prix sont fort abordables tandis que d'autres très onéreux atteignent souvent des prix oscillant entre 22 et 25 euros la boîte de 50 pièces.

Ces prix élevés toutefois, ne reflètent pas toujours la qualité/stabilité du produit, quoique souvent l'un ne va pas sans l'autre.

Confronté à cet état de fait, le tireur n'aura d'autre choix que de « tester » réellement toutes les marques et leurs différentes sortes respectives afin de découvrir celles qui s'adaptent le mieux à son canon... ou l'inverse.

Une précision acceptable pour une cartouche à percussion annulaire de qualité se situe aux environs de un centimètre de diamètre pour un groupement de 5 coups à 50 mètres.

Pour atteindre cet objectif la munition devra certes être régulière tant en poids (au 1/2 grain près) qu'en vitesse (à 10 m/s près).

Une munition de haute qualité, donc de prix élevé, doit quant à elle résulter en un groupement de 5 coups dont le diamètre n'excèdera pas 7 millimètres.

Fastidieux ? ... Attendez la suite !

Le puriste ira jusqu'au bout !

Pour ce faire, au moyen d'une jauge spéciale, ou d'un Palmer, il mesurera la « feuilure » individuelle de chaque cartouche qui seront ensuite regroupées par différences n'excédant pas 1/10 mm.

Lors d'un championnat, il ne tirera que des cartouches dont l'épaisseur de la feuilure est rigoureusement identique.

En effet, pour une munition donnée, ressortissant du même numéro de lot de fabrication, des épaisseurs différentes de la feuilure peuvent surgir.

Ces différences affectent la précision, car elles peuvent varier de 50 à 75 millièmes de pouce (inch) et donc influencer la régularité de l'inflammation de la poudre, donc de la vitesse, donc de la stabilité au départ du coup.

Et enfin, le « super puriste » ira jusqu'à l'extrême en pesant chaque cartouche individuellement, et en les regroupant ensuite par poids et épaisseur de feuilure.

Comme spécifié précédemment, les différences de poids allant de 1,0 à 1,5 grains peuvent surgir.

Il s'agira donc de sélectionner des cartouches dont les différences de poids n'excèdent pas 0,5 grain.

Inutile donc de spécifier que tout comme les munitions, le prix de la balance adéquate en effrayera certains.

VI. LE TIR

Sont passées en revue toutes les facettes matérielles devant mener au plus haut score possible.

L'élément principal n'étant toutefois par encore abordé, en occurrence ... le TIREUR. !

Contrairement à ce que certains rébarbatifs prétendent, l'aspect physique est prépondérant dans la discipline Benchrest.

Effectivement, nul besoin de musculature développée, de joggings ou d'entraînements intensifs sur « home trainer » ou tout autre instrument de ce genre.

Par contre, persévérance, concentration, patience, respiration, sont les mamelles de ce sport et des résultats escomptés.

La persévérance engendra la patience, à son tour génératrice de motivation.

Le tireur Benchrest n'abandonnera pas dans le cas d'un résultat, au départ mitigé.

Il cherchera après chaque coup manqué, hasardeux à en trouver l'origine.

Il cherchera à écarter son désillusionnement et recommencera, motivé par la volonté de récupérer ce « coup manqué », ce spécialement lors d'un championnat.

A l'entraînement, chaque coup sera abordé comme « coup de match » avec la perfection comme seul objectif.

Deux questions le tiraillent donc régulièrement, notamment, pourquoi et comment ??

Une attention toute particulière sera portée à sa respiration.

En effet, comment juguler ces battements de cœur qui inévitables et visibles au travers de sa lunette à fort rapprochement lui font l'effet d'un tremblement de terre, tellement « cela bouge » ?.

Quand, à quel instant précis faut-il lâcher ce coup qui au ½ millimètre près décidera de son score par rapport à celui de son concurrent ?

Comment maîtriser la traction sur la détente, geste tellement important pour éviter ce ½ millimètre d'écart ?

La concentration atteint son paroxysme !

Il faut tenir car ce n'est qu'au 25 coup et non avant que s'affichera le résultat de son effort.

La déception ou la récompense ???

Mais certainement la joie d'avoir participé, de s'être fait plaisir ou tout simplement le fait d'avoir tiré en Benchrest !

En conclusion, l'auteur de ce petit exposé espère avoir apporté au lecteur sa contribution à l'éclaircissement des multiples facettes que rassemble cette belle activité qu'est le Benchrest.

Que ce soit tant au niveau de la compétition que celui du tir récréatif.

Les seuls objectifs à atteindre étant la tranquillité d'esprit, l'apaisement, la remise en cause, la motivation, en bref, tout ce qui mène au tir parfait. !!!

L.V.H. *28.08.2014*

-----000000000-----

LE BENCHREST . 22 LR (Suite)

I. LES PHENOMENALES CARTOUCHES . 22 L.R.

Dans son précédent exposé, l'auteur s'était brièvement attardé sur un phénomène influençant la vitesse d'une cartouche d'une part, ainsi que sur quelques critères qualitatifs auxquels le tireur averti prêterait attention particulière.

L'objet de la présente démonstration a pour objectif de permettre au tireur d'affiner ses connaissances au niveau des autres phénomènes agissant sur un projectile dans le canon de sa carabine, à sa sortie, ainsi que durant l'envol de la balle.

Il s'agit donc d'une modeste entrée, un apéritif, dans le monde de la balistique tout en évitant les formules rébarbatives, le texte se voulant compréhensif et pédagogique.

Il ne s'agit ni plus ni moins, d'attiser la curiosité du tireur afin de le confronter à la multitude d'éléments surgissant dans la fraction de seconde suivant l'appui sur la détente et l'arrivée du projectile sur la cible.

A titre de rappel, un des éléments principaux affectant vitesse du son étant la température extérieure.

Le lecteur attentif se souviendra sans doute que du fait de la température (standard : 15°C en niveau de la mer, pression atmosphérique 1013,2 hPa) la vitesse du son varie et influencera donc le comportement de la balle qui un jour peut s'avérer subsonique, et transsonique un autre jour.

Altitude en mètres	Température standard en altitude	Vitesse du son
0 / 0	15° C	330 m/s
1525	5,1 °C	334 m/s
3050	- 5°C	327 m/s
4575	- 15°C	322 m/s
6100	-24,5 °C	315 m/s
7620	-34,5 °C	308 m/s
9150	-44,5 °C	302 m/s

Cette variation de vitesse DANS L'AIR, PAS PAR RAPPORT AU SOL, entraînera toutefois des comportements différents du projectile tant dans le canon, qu'à sa sortie, que pendant son «envol»

Ce sont ces autres phénomènes qui seront abordés ci-dessous.

Mais, commençons par le comportement de la balle dès la percussion de l'amorce.

II . LE « CHAUFFAGE » DU CANON

Tout d'abord, la température de la cartouche (en fonction de l'air ambiant dans lequel elle a été exposée avant son utilisation) influence son comportement, et donc indirectement celle du canon.

Si d'aucuns estiment qu'il faut chauffer le canon pour que ce dernier manifeste «sa bonne humeur» et la précision des tirs, cette affirmation est un tant soit peu erronée.

En réalité, c'est la cartouche qu'il y a lieu de mettre à température. !

En effet, le point le plus chaud dans un canon 22 LR se situe entre l'entrée de la chambre sur une distance d'approximativement 5 à 6 centimètres.

C'est à cet endroit que la température issue de l'inflammation de la poudre peut atteindre 2.000 ° C pour certaines marques de cartouches et induit la température ambiante dans laquelle la cartouche suivante sera introduite.

L'on conçoit immédiatement l'effet qu'un tir continu et REGULIER provoque dans le canon 22 LR d'une carabine dite de « sport » ou de « chasse », comparé à un canon « lourd » de match.

La dispersion de chaleur sera en effet fonction de l'épaisseur, de la matière, de la qualité dudit canon.

Sachant également que dépendamment de la qualité de la munition (amorce, poudre, douille) des températures inférieures à 20 °C, et supérieures à 25 °C, affectent la régularité de l'inflammation : la marge est donc extrêmement faible.

Ceci est d'ailleurs la raison pour laquelle les fabricants de munitions de compétition attachent une importance toute particulière pour les munitions utilisées lors des compétitions « biathlon »

Etant tirées à des fréquences rapides, à des températures parfois extrêmement basses, la composition des munitions fait l'objet d'un procédé spécial de fabrication sur lequel l'auteur ne s'attardera pas.

C'est d'ailleurs également la raison pour laquelle les fabricants de munitions de qualité enduisent leurs balles d'un lubrifiant réduisant au maximum les frictions de cette dernière durant son trajet dans le canon.

III. FEU... C'EST PARTI

Mais..., lorsque la balle atteint sa vitesse maximale dans le canon (après 35 à 40 centimètres) elle est déjà freinée par :

- 1) l'air ambiant qu'elle doit comprimer devant elle dans le canon, ce qui crée un champ de force devant la balle (voir plus loin dynamique des fluides)
- 2) si le tireur de précision n'y prend garde, par le dépôt de lubrifiant laissé sur les parois du canon.

En effet, en extrayant la douille après le tir, l'étanchéité causée par le gonflement de la douille entraîne une aspiration d'air frais par la bouche du canon, solidifiant un tant soit peu le lubrifiant non évacué lors du tir.

Il en va de même pour les résidus de poudre non enflammés, ces deux éléments causant un « effet obstructif » lors du tir suivant.

Lors des tirs de précision, l'astuce consiste donc à effectuer des percussions à des intervalles les plus réguliers possibles afin d'éviter, et le refroidissement du lubrifiant et des résidus de poudre, et la surchauffe de la nouvelle cartouche introduite.

OUFTI !!!

IV. LA MECANIQUE DES FLUIDES

Selon le théorème de Bernoulli (physicien 1738) tout fluide en mouvement autour d'un corps (profil) exerce un écoulement constant (laminaire) de ce fluide autour de ce corps.

(L'air est un fluide tout comme tout gaz ou liquide, quelle que soit sa densité)

Cependant, en accélérant le mouvement de ce fluide autour du corps, ou l'inverse (le corps dans le fluide) l'on crée une dépression (aspiration) autour de ce corps.

C'est ce phénomène qui a créé la possibilité de l'aile d'avion.

En effet, l'air circulant de façon laminaire et constante sur le dessus de l'aile crée une dépression au-dessus de celle-ci et permet la sustentation de l'aéronef.

En revanche, en créant une dépression à un endroit donné, l'on génère forcément une surpression à un autre endroit donné.

Le problème étant que ce théorème ne s'applique qu'à des vitesses relativement faibles (- de 400 km/heure). Au-delà, cela se complique. !

Nous avons vu précédemment que lorsqu'une balle évolue dans son canon, elle est sujette à la résistance de l'air qu'elle pousse devant elle. En d'autres mots, une forte pression se crée devant le projectile tant dans le canon qu'à l'extérieur.

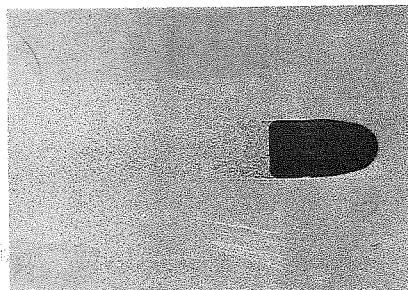
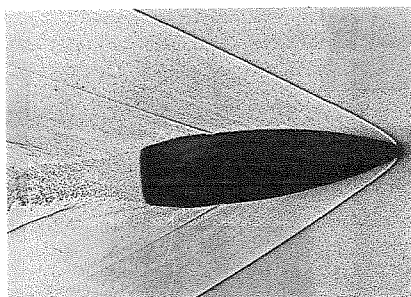
Etant donné que sa vitesse extérieure est supérieure à 400 km/h, qui dit surpression d'un côté, doit admettre une dépression de l'autre côté, ce qui entraînera un « décollement » de la couche laminaire (aussi appelée couche limite).

Le dessin de gauche démontre clairement les effets sur une cartouche .308 (7,62 x 51) se déplaçant à 850 m/s.

Le flux laminaire à la pointe de la balle (cône de Mach) se transforme en un flux turbulent à hauteur de la rainure de sertissage pour in fine, générer une forte turbulence à l'arrière du projectile.

Cette turbulence également appelée « traînée » de compression s'avère logique puisque pression d'une part, génère dépression d'autre part.

Ceci constitue les trois premiers phénomènes physiques affectant la trajectoire.

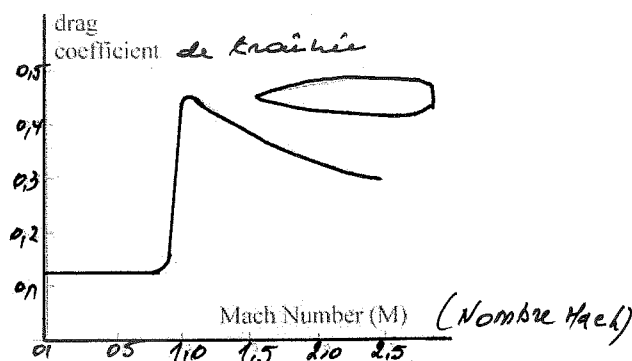


Le projectile de droite, quant à lui étant subsonique, les ondes de compressions sont inexistantes, la perturbation se limitant à une traînée turbulente (22 L.R. subsonique)

Toutefois, le passage d'une vitesse subsonique (330 m/s) à une vitesse transsonique (350 m/s) génère une zone d'instabilité due aux différences de pression agissant sur le projectile.

L'effet inverse (passage de transsonique vers subsonique) est de toute grande importance pour le tir de précision étant donné qu'à un moment donné, le ralentissement du projectile durant sa course induit des effets en sens contraire.

Le diagramme ci-dessous démontrant clairement les variations de la traînée en fonction de la vitesse du projectile.



V. UN «PARFUM» DE BALISTIQUE

Nous y voilà !

Le passage précédent nous faisait part des forces primaires agissant sur un projectile en mouvement.

Un premier groupe de nouvelles forces sont générées par la masse et agissent sur le centre de gravité statistique (CG) de la balle.

Elles dépendent de la masse totale et de sa répartition sur le corps du projectile.

Un deuxième groupe de forces aérodynamiques constituées par le champ de mouvement, par la forme, la surface et la rugosité de la balle influencent également son comportement.

Certaines forces aérodynamiques étant tributaires de la rotation et de l'angle induit durant la trajectoire.

Par angle induit (δ) l'on entend l'écartement de l'axe longitudinal du projectile par rapport à la direction définie par son centre de gravité.

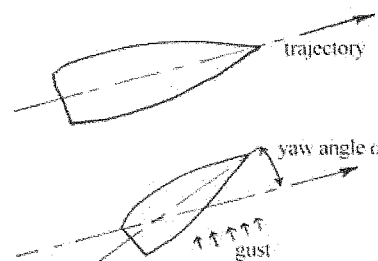
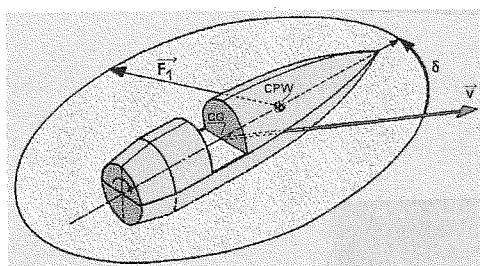
Multitude d'expériences ont démontré que cet angle induit (δ), est inévitable à la sortie de la balle puisque provoqué par les vibrations du canon et le flux des gaz brûlés s'écoulant contre ou le long du projectile.

Le projectile quittant le canon à une vitesse de rotation de ± 50.000 t/m est comme déjà démontré plus haut, précédé d'un fluide en surpression.

Les différences de pression sur la surface du projectile génèrent une force latérale agissant sur le centre de poussée CPW (Center of Pressure Windforce) qui à son tour, agit devant le centre de gravité d'un projectile stabilisé par sa vitesse de rotation.

La position du centre de poussée n'est toutefois pas fixe mais se déplace à tout changement du champ de mouvement autour du projectile.

La figure ci-dessous démontre schématiquement clairement l'effet de la force latérale (F_1) sur le centre de poussée (CPW).

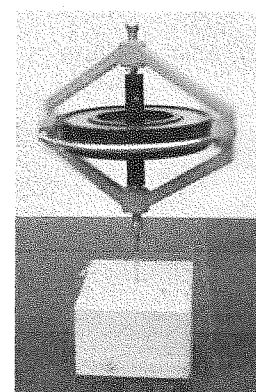
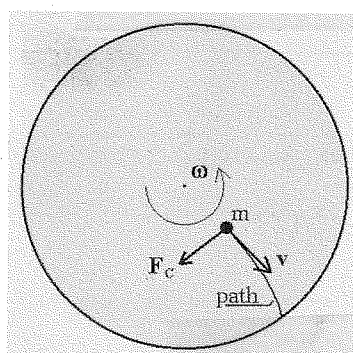


MAIS... tout ce qui tourne induit également d'autres forces..., en occurrence et dans notre cas :

- La force centrifuge,
- L'effet gyroscopique,
- La force de Coriolis (dit le « fou du virage » par quiconque eut à faire à lui pdt. ses études)

La force centrifuge étant connue par tous, nous ne nous attarderons pas en explications sans préciser toutefois que sans attache à un point fixe, tout objet en rotation effectuerait un mouvement rectiligne.

Pour modifier la vitesse et la direction d'un objet en rotation (par ex. le cas d'un virage) Monsieur Coriolis doit intervenir.



Imaginez un disque tournant à vitesse constante et sur lequel une masse (m) se déplace à vitesse constante vers le bord (v).

Le mouvement de la masse (m) sera influencé par la force (F_c -Coriolis) et la trajectoire sera donc modifiée.

Il surgit en effet un mouvement de retardement dû à la rotation du disque et chaque fois qu'une force sera appliquée sur un objet en rotation la réaction se manifestera 90° après l'endroit où cette force est appliquée.

Nous venons de faire la connaissance de la précession gyroscopique !

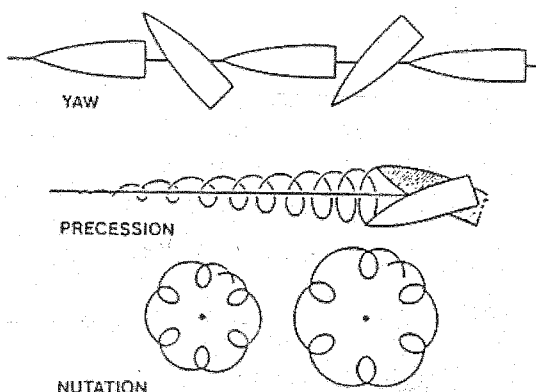
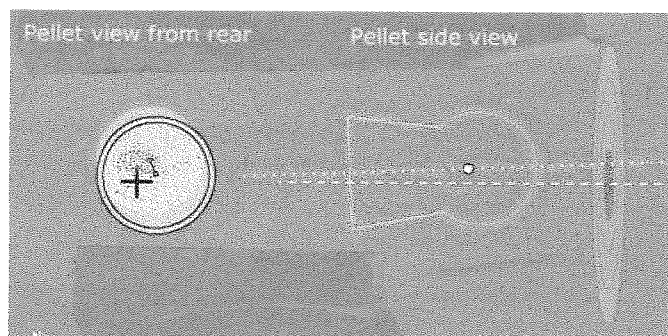
En démonstration : si nous avons un disque (gyroscopique) tournant à une vitesse donnée dans le sens horlogique et que nous exerçons une légère pression sur celui-ci à par ex. 3 heures, ce disque s'inclinera 90° plus tard, c.a.d. vers 6 heures.

Ce principe s'applique bien entendu à notre balle, puisqu'elle tourne sur elle-même (et pas lentement) !

Il suffit donc que la moindre force (le vent, le souffle de la poudre brûlée, mauvais alignement de la balle dans le canon) agisse sur son centre de gravité pour qu'elle se mette à « précessionner ».

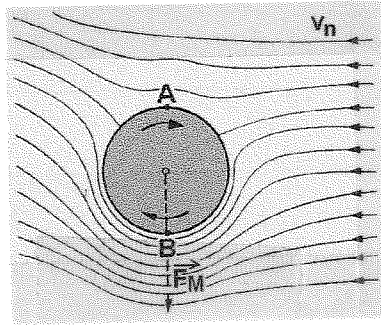
Dans ce cas bien précis, la trajectoire s'effectuera en forme de tire-bouchon dont l'effet s'accroîtra au fur et à mesure de son ralentissement durant la trajectoire.

Nous venons de découvrir un nouveau phénomène : la nutation ou « l'effet Magnus ».



Les figures ci-dessus démontrent clairement le déplacement de l'axe longitudinal tournoyant autour du centre de gravité, induisant l'effet tire-bouchon ou nutation.

Et pour les fins becs !



Sur la figure ci-dessus nous observons une balle de l'arrière et effectuant un mouvement rotatif vers la droite.

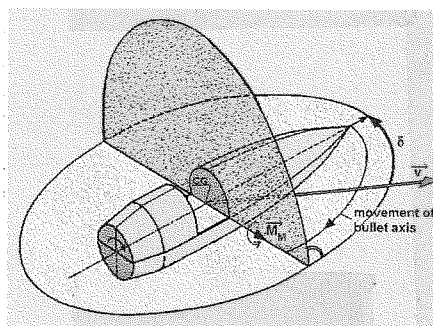
Nous imaginons également qu'elle subit un angle induit (δ) (page 4) vers la gauche de telle sorte à ce que son axe longitudinal s'incline également vers la gauche. Cela induit un vecteur vitesse (V_n) traversier par rapport à cet axe longitudinal.

Du fait de la rotation et de la rugosité de la surface de la balle des particules d'air s'y accrochent et le champ de mouvement devient asymétrique.

Les vitesses du flux d'air et de la rotation du projectile doivent être soustraites au point A et additionnées au point B.

Selon l'ami Bernouilli cela génère une surpression au point A et une dépression au point B, générant une force F_m (Magnus Force) vers le bas.

Nous sommes donc repartis en précession gyroscopique et en nutation.



Avons-nous fait connaissance avec toutes les forces influencent le comportement d'une balle dès l'inflammation de la poudre. ???

Et bien non !!!

VI. L'EFFET DES PRESSIONS THERMODYNAMIQUES

La cartouche . 22LR est de loin la plus utilisée par les tireurs sportifs et traîne fréquemment le sobriquet de «cartouche jouet » par les tireurs de gros calibres.

Loin s'en faut par contre, principalement au niveau de la précision, à condition toutefois de respecter les quelques éléments suivants :

Une cartouche . 22LR est «opérationnelle» sur une distance de 100 mètres. Au-delà de celle-ci la chute du projectile est telle qu'aucune précision n'est encore envisageable.

En effet, perdant 10% de sa vitesse après 50 mètres, elle se réduit de 20% après 100 mètres, ce qui dans ce dernier cas provoque un point d'impact de 15 à 17 cm. en dessous de la ligne de visée.

Selon les règles techniques une 22 LR doit pouvoir supporter une pression de 1900 bar tandis que par mesure de sécurité, le canon doit supporter une pression de 125% de cette « pression cartouche » avant d'être autorisé à la vente.

Sous conditions normales une pression de 1275 bar est générée lors de l'inflammation de la poudre.

Lors de la combustion 15% de la poudre sont utilisés en énergie de mouvement, 5% en détonation (bruit), et les 80% résiduels en chaleur.

Après un parcours de 30 à 40 cm. dans le canon, la balle atteint sa vitesse maximale et toute la poudre s'est transformée en gaz (pression).

Ces éléments sont donc prépondérants pour la qualité du canon choisi et de l'usage qu'il en sera fait.

Le «tube» en effet se devant être rigoureusement régulier et symétrique. (Ce qui ne sera probablement plus le cas après un choc subi par inadvertance, telle qu'une chute de la table de tir par ex.)

Une attention toute particulière sera réservée à l'introduction, de la cartouche qui doit être parfaitement alignée car si tel n'est pas le cas la balle risque une déformation (même minime) et son axe longitudinal ne sera plus aligné avec celle du canon.

La partie du canon ne contenant pas de rainures affiche un diamètre de 5,5118 mm., tandis qu'à l'endroit des rainures il est de 5,6388 mm.

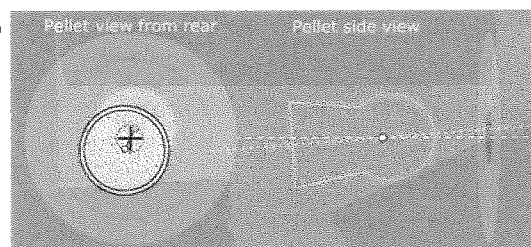
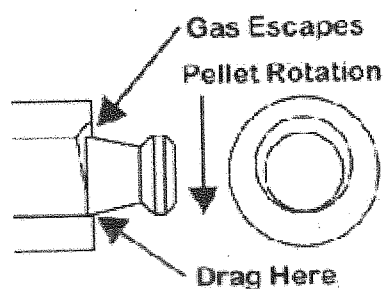
Leur profondeur est donc de 0,0635 mm. seulement.

Au départ du coup, la balle transite dans une courte zone sans rainures, et lorsqu'elle s'engage dans ces dernières elle entame sa rotation tandis qu'une infime partie de sa matière est « raclée » par ces rainures. Par la même occasion elle aligne son axe longitudinal à celui du canon.

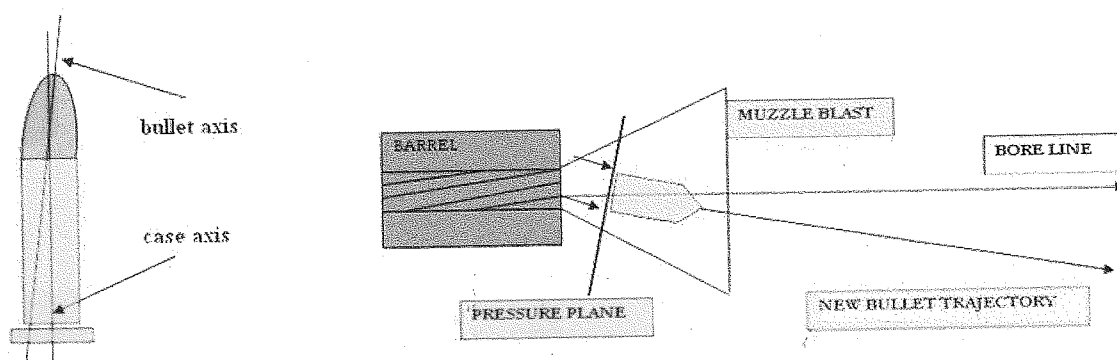
Mais si à sa sortie de la bouche du canon ce dernier présente l'une ou l'autre imperfection, la balle sera déjà déviée.

En effet, si au moment de la sortie sous l'effet de la haute pression agissant sur l'arrière de la balle celle-ci rencontre une aspérité comme suggéré par la figure ci-dessous, la tête de la balle sera déviée sous l'action d'une partie des gaz déjà sortis, tandis que la portion de balle encore présente dans le canon sera retardée par son frottement sur la surface restante du canon.

Chaque déformation, même ultra minime du canon engendre donc un basculement du projectile dès sa sortie.



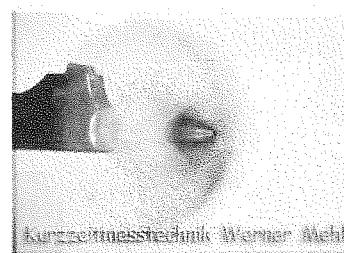
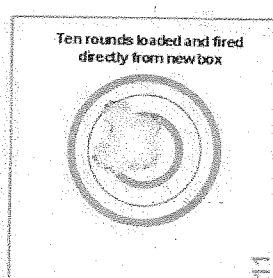
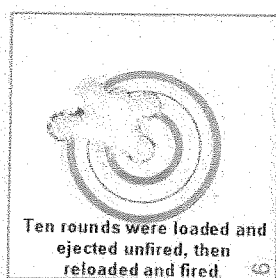
L'effet sera identique pour une balle abîmée ou déformée.



Ceci est d'ailleurs la raison principale pour laquelle un tireur de précision n'utilisera jamais une balle tombée de sa table sur le sol.

A titre d'exemple, la figure de gauche suivante montre les impacts de 10 cartouches ayant été extraites volontairement du canon, (tombées par terre) réintroduites et puis tirées.

La figure de droite quant à elle montre les impacts des cartouches n'ayant pas subi cette «maltraitance»



Les Lois de la physique déterminent qu'un gaz sous pression forme toujours un angle de 90° par rapport à la surface à laquelle il est confronté.

Si tel n'est pas le cas à sa sortie, le phénomène tel que décrit précédemment (page 9) se représentera.

En effet, au moment de leur sortie, les gaz génèrent encore une pression de 345 à 1.035 bar.

L'importance de la déviation de la balle qui s'en suit étant déterminée par trois facteurs, notamment :

- L'angle de l'arrière de la balle par rapport à la sortie de la bouche
- La pression que les gaz exercent encore sur la balle et la durée de cette dernière.

Via certaines expériences il a été démontré que cet effet se manifeste encore 45 à 50 mm après la sortie des gaz et que pour une inclinaison de 0,025 mm de la balle à sa sortie, la déviation sur la cible atteint 2,54 mm. sur une distance de 50 mètres. (A bons «benchresteurs» Salut... !)

D'autre part, il a été prouvé également que la vitesse des gaz est supérieure à celle de la balle à sa sortie, ce qui à nouveau, est source de perturbations tel que le démontre la figure ci-dessus.

Elles consistent également par l'onde de choc provoquée par les gaz en mouvement rencontrant la masse d'air immobile devant la bouche du canon.

Ceci explique l'utilisation par les tireurs de compétition du «tuner turbo» ou du «blop tube» monté à l'avant de la bouche de leur canon.

Cela en fait des perturbations générant des effets «Bernouilli», «Coriolis», «Magnus», «Précession», «Nutation»...

Et pourtant, ce n'est pas fini ! Il est reste une dernière !

VII. LE VENT

Et oui ... !

Les effets du vent, qu'il soit de face, d'arrière ou latéral induisent eux-aussi, tous les effets décrits précédemment.

Si les tireurs comprennent aisément les trois directions citées ci-dessus, il en reste une moins connue, notamment le vent vertical.

Ce dernier étant généré par les obstacles qu'il rencontre et imputables principalement aux constructions du stand de tir proprement dit. (pare-balles, murs de séparation etc...)

Dans le cas d'un stand très large (par ex 25 à 30 lignes) il ne sera perceptible que près des cibles, le stand ne présentant pas d'obstacles significatifs au niveau de la ligne de tir, près du sol.

Les cibles par contre, ainsi que l'infrastructure qui les porte sont quasiment toujours verticales. Il est donc aisé de comprendre que le vent horizontal venant s'y buter engendrera des mouvements tant latéraux (gauche, droite) que verticaux (haut, bas).

Et comme c'est à cet endroit que la balle atteint sa vitesse la plus faible (+/- 300 m/s à 50 mètres, et 270 m/s à 100 mètres), il est aisé d'en tirer les conclusions.

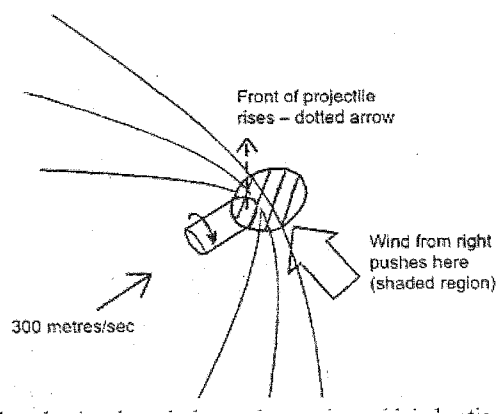
Le vent de face ou d'arrière n'ayant que peu d'influence sur la trajectoire du projectile, le vent latéral par contre est source de perturbations non négligeables.

Chez une majorité de tireurs existe la conception que le vent «pousse» la balle hors de sa trajectoire. Comme dans beaucoup de «on dit», cette réflexion est pourtant erronée.

Il est primordial de comprendre que le vent ne «pousse» pas une balle stabilisée par sa rotation vers une direction donnée mais que sous l'effet de cette stabilité rotative c'est la tête de la balle qui se tourne en direction du vent. L'effet de girouette !

Le projectile quittant le canon à +/- 50.000 tours minute, il comprime devant lui une masse d'air comme déjà avancé précédemment.

Il en résulte que la «prise au vent» se situe à la tête du projectile, DEVANT son centre de gravité.



Lorsque la balle quittant le canon est confrontée à un vent latéral elle réagit tel une flèche, une girouette ou une barque traversant le courant d'une rivière et se tourne donc en direction du vent relatif. Elle «suit» le vent.

Plus grande est la vitesse du vent, plus grand sera l'angle d'inclinaison de la tête de la balle.

La tête de la balle étant confrontée à un vent latéral, elle s'incline également vers le haut ou le bas sous l'action de... l'effet gyroscopique... !

Un vent latéral droit créera une inclinaison vers le haut, l'inverse se produira pour un vent latéral gauche.

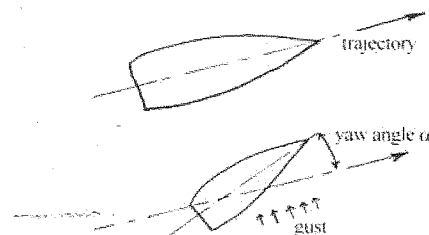
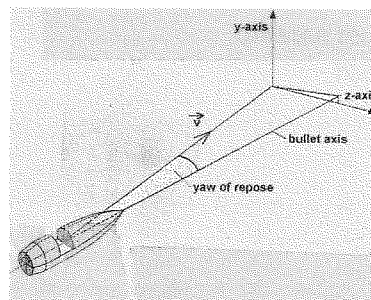
Ceci implique que l'axe longitudinal, formera un angle avec la direction initiale, effet qui à son tour génère une résistance aérodynamique perpendiculaire à la direction initiale.

De surcroît, sous l'action de «l'effet Magnus » ou précession, la rotation de la balle génère également une différence de pression sur le dessus et le dessous de celle-ci.

Dans le cas d'un projectile à rotations vers la droite, et un vent de droite, l'effet Magnus génèrera une dépression sur le flanc inférieur de la balle tandis que dans le cas d'un vent de gauche une surpression sera perceptible.

Sous l'effet de la force Magnus, et par vent de droite, cette force sera opposée à la force ayant soulevé la tête de la balle (l'effet gyroscopique) et par conséquent ces forces doivent être soustraites l'une de l'autre.

Dans le cas d'un vent de gauche, l'effet Magnus agit dans le même sens et les deux forces doivent être additionnées.



La figure ci-dessus démontre clairement les effets expliqués.

Rotation gauche de la balle après sa sortie du canon

La flèche indique la direction prévue de la balle

V = vent de gauche

Y = soulèvement tête de la balle

Z = effet gyroscopique du à « Y » (précession, c.a.d réaction 90° après l'application de la force «Y»)

YAW = l'angle du à l'effet de girouette

BULLET AXIS = direction prise par le CG (centre gravité) de la balle.

En conclusion, et cela va de soi, plus longue est la distance à parcourir par le projectile d'une part, et plus grande est la force du vent d'autre part, plus grand sera l'écart de l'impact sur la cible, si aucune correction n'est envisagée par le tireur.

Il est commun de compenser la lunette 1/8 MOA (Munite Of Angle) de 1 clic vers la haut, ou le bas pour chaque 4 clics latéraux.

Et enfin, après avoir maltraité les méninges du lecteur par cette entrée en matière, par cet apéritif, dans le monde complexe de prime abord, mais tout aussi passionnant pour certains de la balistique élémentaire, ci-dessous une dernière démystification.

Cette fois encore, la croyance qu'une balle rapide est moins sujette aux écarts du vent est erronée.

Lors de la conception d'une balle 22LR, les fabricants procèdent à des essais de tir en laboratoire. Afin d'analyser tous les paramètres de celle-ci, et notamment les vitesses, les tirs s'effectuent dans un endroit sous vide (Vaccum).

Les vitesses y enregistrées sont donc différentes de celles obtenues en atmosphère standard extérieure.

C'est ainsi que les «durée de vol» pour parcourir une distance de 100 mètres s'affichent comme suit :

Standard Velocity :	0,262 sec.
High Velocity :	0,225 sec.
Super High Velocity :	0,179 sec.

Vitesses de sortie du canon en atmosphère standard extérieure :

Standard Velocity	330 m/s
High Velocity	345 m/s
Super High Velocity	450 m/s

Ce qui donne les résultats suivants :

	<u>vitesse de sortie atmosphère extérieure</u>	<u>durée pour 100 mètres</u>
Standard Velocity	330 m/s	0,303 sec.
High Velocity	345 m/s	0,289 sec.
Super High Velocity	450 m/s	0,179 sec.

Il suffit donc de soustraire la durée du «vol» en «Vacuum» de celle en atmosphère standard pour connaître la durée d'exposition additionnelle du projectile au vent durant le tir en atmosphère standard.

Le tableau ci-après est démonstratif quoique théorique puisque pratiquement inexploitable en conditions normales de terrain.

Effets sur une distance de 100 mètres, dans un air calme, sans vent mais spécifiant le ralentissement subi par le projectile suite à la résistance rencontrée par la viscosité de l'air

Par vent, ce retard aura donc une influence ainsi qu'une déviation théorique supplémentaire du projectile.

	Atmosphère standard	Vacuum	Freinage viscosité air
Standard Velocity	0,303 sec.	0,262 sec.	0,041 sec.
High Velocity	0,289 sec.	0,225 sec.	0,064 sec.
Super High Velocity	0,222 sec.	0,179 sec.	0,043 sec.

Il n'est cependant pas surprenant de devoir constater qu'une exposition à la viscosité de l'air d'une «Super High» génère un ralentissement supérieur à celui d'une «Standard».

Au niveau de la «High Velocity» le constat est encore plus marquant. (pour les distraits, retour aux pages 3 et 4, cône de mach, trainée de compression...).

Et voilà, ce sera tout pour le moment... !

L'auteur espère avoir guidé le lecteur dans les sombres dédales de la 22 LR, ainsi qu'avoir attisé son appétit pour quelques secrets élémentaires de la balistique.

Il vous remercie de votre attention et vous souhaite un maximum de «10», relevé par un nombre significatif de «mouches».

L.V.H. 26.08.2014