



La chronique TLD de Bruno Put et Benjamin Gineste

Calibres, canons et rayures ! Affaire de principes

Pas plus qu'il ne viendrait à l'idée d'un pilote de s'aligner au départ d'un rallye avec une Formule 1, un compétiteur ne choisit son arme au hasard. Calibre, longueur et profil du canon, pas de rayure, et, dans une moindre mesure, nombre de rayures... autant de caractéristiques qui détermineront la trajectoire de la balle. Mais comment ces points influent-ils ? Quelle est leur importance respective ? Quelles sont leurs interactions ?

PAR BRUNO PUT, AVEC BENJAMIN GINESTE
PROPOS RECUEILLIS PAR MARC SCHLICKLIN

Lorsqu'il s'agit d'utiliser une arme pour tirer avec le maximum de précision à longue distance, c'est-à-dire d'en tirer le meilleur parti, deux approches opposées se dessinent. Celle du débutant, ou du tireur occasionnel, qui acquiert une arme parce qu'elle lui plaît, ou qu'une bonne affaire se présente,

en promo, ou sur le marché de l'occasion, par exemple. Puis il va essayer de trouver une munition qui fonctionne... et s'étonner parfois de constater qu'en dépit de ses bons efforts, les résultats sont incertains, voire médiocres, ne correspondant pas à ses attentes... À cette démarche, non critiquable dans l'absolu pourvu que l'on ait conscience

de ses limites, le compétiteur doit opposer une approche radicalement inverse, méthodique et scientifique: il doit choisir un type de projectile, un calibre, celui qui convient idéalement à la discipline qu'il souhaite pratiquer, puis, notamment en fonction de son règlement, « construire » ensuite l'arme qui fera voler ce projectile au mieux. N'oublions

Benjamin Gineste pendant l'épreuve du KO2M 2022 à Canjuers.

pas: L'arme est un propulseur du projectile, la lunette servant de pointeur ! Cette approche fait appel à un certain nombre de connaissances physiques et mécaniques sur le comportement des projectiles, des canons et des munitions, et dont nous allons ici tenter de tirer quelques règles de base, point par point: longueur du canon, profil du canon, pas des rayures, etc.... Influence d'un frein de bouche ou d'un modérateur de son... Tout cela pour expliquer les liens existants entre ces différents paramètres, et aussi, pourquoi pas, pour tordre le cou à des fables qui courent certains forums et autres

comptoirs du café des Sports. Partons donc de la balle. Ce qui caractérise son vol lorsqu'elle a franchi la bouche du canon tient en deux chiffres: sa vitesse en sortie de bouche, et son coefficient balistique (CB), donnée qui indique sa capacité à conserver sa vitesse en vol. Le compétiteur recherchera des valeurs aussi élevées que possible pour obtenir une trajectoire tendue et une dérive au vent minimale. En fonction des règlements de chaque discipline, il devra donc choisir un calibre, un poids et un profil de balle idéal pour tenter d'optimiser ses résultats.

Par exemple, en catégorie FTR des compétitions de F-Class, le poids des balles est libre, les deux seuls calibres autorisés sont le 223 Rem ou le 308 Win et l'arme tout compris ne doit pas dépasser les 8,25 kg.

En catégorie Open de la F Class, dont les règles sont plus « ouvertes », le calibre est limité à 8 mm maxi et le poids de l'arme à 10 kg.

Dans les 2 cas, les modérateurs de son sont autorisés, mais les freins de bouche sont interdits.

Autre exemple: Au « King of 2 Miles », le calibre est libre (mais serait sujet à l'aval de l'organisateur s'il dépassait le .50), le poids de l'arme prête à tirer ne devant pas excéder 40 livres (18,14 kg). Au « King of 1 Mile », le calibre maxi est le .338, le poids étant limité à 26 livres, soit 11,8 kg. Les freins de bouches sont autorisés (et fortement conseillés!),



Ces projectiles en calibre .30" nécessiteront différents pas de rayures pour être stabilisés correctement. La règle : Plus un projectile est long (et lourd), plus le pas doit être serré ! La forme influe aussi un peu, mais dans une moindre mesure....



Bruno Put, né en 1979, à Avignon, a commencé en 1997 par le revolver à poudre noire et décroche à 20 ans son 1^{er} titre de champion de France, suivi par plusieurs autres. De la carabine Sharp 1874, il passe aux armes modernes. Entre 2002 et 2019, il décroche une quinzaine de médailles dans tous les grands concours français de longue distance. Il est sacré **King Of 2 Miles en 2019**, **King of One Mile en 2021** et **2nd à l'édition 2022 du King Of 2 Miles**. Sa formation en génie mécanique l'incite, en 2006, à ouvrir l'armurerie spécialisée **Armecca** « pour offrir aux tireurs français l'accès à des matériels de qualité ».



Benjamin Gineste Né en 1982 à Montpellier, engagé dans l'armée de terre à 19 ans, adjudant-chef, maître de tir et instructeur de tir de combat, Benjamin Gineste pratique le TLD depuis 10 ans, essentiellement au camp de Canjuers. Il a réalisé en **2015 un tir record à 3695 m**, porté en **2016 à 4150 m**. **King of 1 Mile en 2020**, Benjamin accompagne activement le développement des techniques et des compétitions de TLD.





Notre tireur, Éric, un des gagnants du concours Tirmag, Sidam et Domaine d'Aristée en 2022.

Plus le canon est long plus le projectile prendra de la vitesse. L'influence du modérateur de son sur la vitesse en sortie de canon reste insignifiante. Sur la photo une Savage Elite Precision avec un canon de 66 cm en .6,5 creedmoor.

→ les modérateurs aussi. Ces règles définissent un cadre dans lequel il va falloir faire des choix, en fonction de règles mécaniques et physiques sur lesquelles nous allons revenir.

Canon long ou canon court?

La règle est simple: plus un canon sera long, et plus le projectile y prendra de la vitesse. Mesurée dans le canon après 8 à 12 cm de course de la balle, cette pression atteint 3600 à 3800 bars environ suivant les calibres (à comparer avec les... 6 bars maxi que supporte un tuyau d'arrosage!!!). La pression sera encore de 500 à 800 bars derrière la balle lorsque celle-ci franchira la bouche. La friction supplémentaire que le projectile subira en parcourant l'âme d'un canon plus long sera toujours plus que largement compensée par la pression des gaz présents dans le tube: par rapport à ces pressions, les frottements sont négligeables.

L'utilisation d'un modérateur de son ou d'un frein de bouche ne change prati-

quement rien à cela. Au pire, les différences mesurées sérieusement sur un échantillon représentatif de tirs (c'est-à-dire au moins 30, et pas seulement 3 ou 4...) sont de l'ordre du mètre/seconde. Et donc non significatives.

Le choix de la longueur idéale de canon va dépendre aussi du calibre, tout en intégrant les limites de poids ou de taille maximale de l'arme fixées par le règlement de la compétition.

Le 308 Win, par exemple, a le même diamètre de balle que le 300 Norma.

qui développera son potentiel de gaz relativement vite. Alors qu'on utilisera une poudre plus lente pour le .300 Norma, qui permettra de respecter la pression maximum admissible dans le canon, (laquelle est presque commune aux deux calibres), avec une montée en pression plus progressive. Et, en toute logique, pour exploiter pleinement une poudre lente, qui va « pousser » plus longtemps, il faudra utiliser un canon plus long... Une 2^{ème} règle simple en découle: petit calibre et

“ Une 308 Win tirée dans un canon de 24 pouces va sortir à 800m/s ”

Mais le volume de sa douille, donc le potentiel de charge de poudre maximal de l'étui, varie du simple au double: il y aura environ 2,6 grammes de poudre dans une 308Win, contre plus de 5 grammes dans une douille de 300 Norma! C'est ici que va intervenir le choix de la poudre: pour le 308Win, on optera pour une poudre de vivacité moyenne,

poudre vive riment avec canon court. Calibre magnum et poudre lente, avec canon long. Une balle de 308 Win tirée dans un canon de 24 pouces (qui est un excellent compromis pour ce calibre) va sortir à environ 800 m/s, et perdrait environ 20 m/s si elle était tirée dans un canon « court » de 20 pouces. Soit une perte d'environ 5 m/s par pouce.

En comparaison, une 300 Norma perdrait environ 40 m/s, soit 10 m/s par pouce dans les mêmes conditions. C'est pourquoi on conseille pour celle-ci des canons plus longs, de 28 à 32 pouces, pour en exploiter tout le potentiel.

Les utilisateurs de munitions musclées dans des canons trop courts (on en croise régulièrement à la chasse) génèrent une flamme magnifique à

devra être lente. Et plus la poudre sera lente, et plus on a intérêt à utiliser un canon long pour exploiter la totalité de l'énergie de la poudre. Chez Vihtavuori, par exemple, les poudres pour armes d'épaule sont classées de N110 pour la plus vive à N570 pour la plus lente.

La vivacité des poudres

Les poudres modernes se classent sur une échelle de vivacité, qui décrit leur vitesse de combustion relative, et donc la rapidité avec laquelle se développe la pression dans le canon. Pour un calibre donné, plus la capacité de la douille est importante et plus la balle est lourde, plus la poudre

la bouche et beaucoup de bruit, mais en pure perte en termes de vitesse et d'énergie du projectile, une partie de la poudre lente ne générant des gaz... qu'en dehors du tube.

Il existe (en accès gratuit sur internet) des calculateurs extrêmement performants qui permettent de visualiser l'impact des variations de différents paramètres sur le résultat final, la vitesse de la balle. Le logiciel GRT (Gordon Reloading Tool) est de ceux-là. Il permet, avec une précision remarquable, pour une balle donnée, de simuler sa vitesse en sortie de bouche en faisant varier le type et la charge de poudre ainsi que la longueur du canon (entre autres). Les résultats et notamment la courbe de pression s'affichent sous forme de graphiques explicites. En théorie, la vitesse de la balle est proportionnelle à la surface située sous la courbe de pression dans le graphique. GRT, en bonus, calcule aussi la densité de chargement (le volume qu'occupe la poudre dans l'étui par rapport au volume total disponible), le pourcentage de poudre brûlée, la pression maxi, celle à la bouche, le « barrel time », et plein d'autres paramètres plus ou moins utiles au reloader débutant ou chevronné.

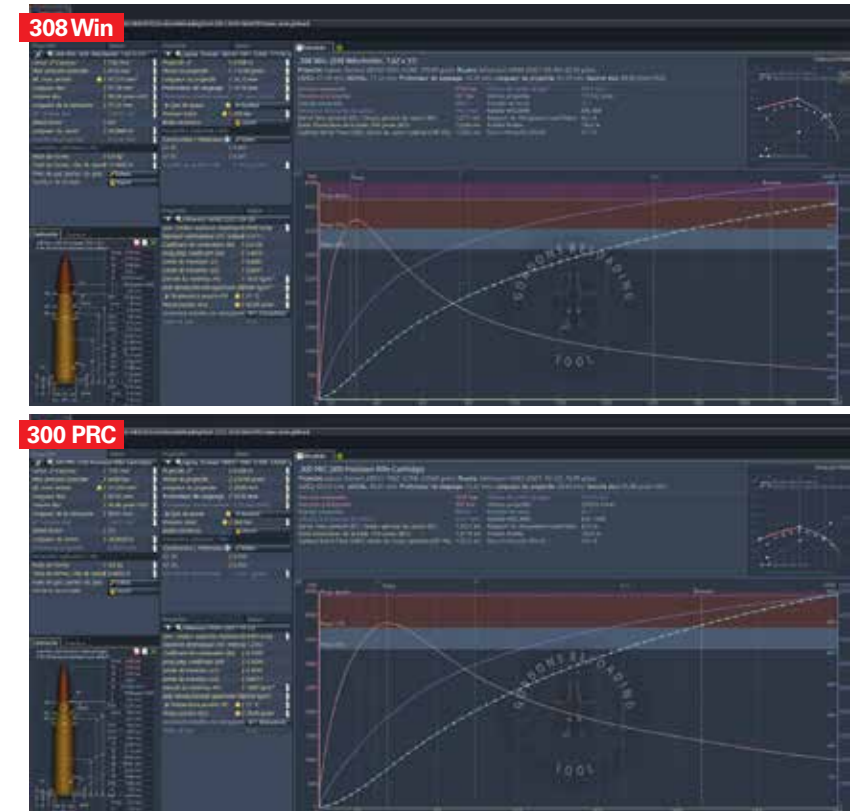
Canon lourd ou canon léger

Simple, le principe physique tient quasiment de la Lapalissade: un canon court et de fort diamètre sera toujours moins sujet à la déformation (et donc à l'imprécision) qu'un canon long et fin, qui se déformera au moment du tir et



Les rayures d'un canon de gros calibre: elles sont multiples, parce que les obus comportent une ceinture en métal assez mou qui « prend » facilement les rayures. Dans un fusil, la balle n'a pas de ceinture et c'est donc son propre métal qui prend les 4,5, 6 ou maxi 8 rayures.

Le logiciel



Une aide précieuse

Le logiciel GRT (Gordon Reloading Tool) permet entre autres de simuler la vitesse à la bouche, suivant la longueur du canon (courbe bleue). En haut la courbe d'un projectile Lapua Scenar 175 grs en 308 Win dans un canon de 24". En bas celle d'une Lapua Scenar 220 grs en 300 PRC dans un canon de 28". Notez que la courbe de pression (en rouge sur le graphique) pour la 308 Win atteint son pic maximal beaucoup plus tôt dans le canon que celle de la 300 PRC. La charge plus importante de poudre « lente » utilisée pour la 300 PRC développera son potentiel de gaz de manière beaucoup plus progressive, d'où l'intérêt d'un canon plus long pour en exploiter tout le potentiel !

vibrera comme un diapason. Cela énoncé, il faut composer avec les contraintes réglementaires et les aspects pratiques. Toujours souhaitable du point de vue de la précision, un canon lourd et long sera adapté à une compétition statique, et même avantageux pour diminuer le recul... mais sera un vrai handicap pour une compétition dynamique!

Par ailleurs, d'un point de vue mécanique, il ne sert pas à grand-chose d'avoir un canon qui ait un diamètre identique du tonnerre à la bouche, sauf pour des considérations esthétiques propres à chacun: il n'en sera pas plus rigide. Les canons sont donc souvent coniques, forts du côté chambre (tonnerre), où se développe brutalement

la plus forte pression, et plus fins vers la bouche. Cette forme conique a également l'avantage de réduire le poids dans la partie avant, celle qui exerce le plus fort effet de levier naturel sur le boîtier, seule partie de l'arme avec laquelle le canon est normalement en contact. Pour les calibres courants, .6.5 Creedmoor ou .308 Win, les diamètres passent de 29 à 31 mm au tonnerre à 21/23 mm à la bouche, sans que cette diminution n'influe sur la précision du tube. À l'extrême, pour les gros calibres « Cheytac », les canons font souvent 36 à 38 mm au tonnerre pour diminuer vers 26/28 mm à la bouche. Attention enfin à ne pas confondre canon « lourd » et canon « match ». Le



Dans la machine à marteler, quatre marteaux (à gauche) frappent simultanément avec une grande force le tube dans lequel on a introduit une matrice (à droite), espèce de noyau dur, qui comporte les bosses et les creux des futures rayures. Les marteaux forcent le métal du canon dans le creux des rayures.

→ premier concept décrit un profil. Le second, « canon match », une qualité qui se définit par des aciers élaborés et des tolérances beaucoup plus strictes à l'usinage! Nous y reviendrons dans un prochain numéro!

Nombre des rayures: question secondaire!

Voilà sans doute le paramètre auquel il est le plus difficile d'attribuer des effets quantifiables. Le nombre de rayures

se situe généralement entre 4 et 6, sans que celui-ci n'influe de manière importante sur la qualité du tir. Pour mémoire, les fabrications de guerre du Springfield M 1903 américain, qui, pour doubler les cadences de production, sont passés au printemps 1942 de canons standards à quatre rayures à des canons à deux rayures seulement, sans que cela ne semble avoir affecté leurs qualités de tir. Les fabricants de canons de qualité ont largement in-

tégré ces réalités: l'essentiel de leur offre comporte 6 rayures, idéales pour une utilisation courante.

Exceptions:

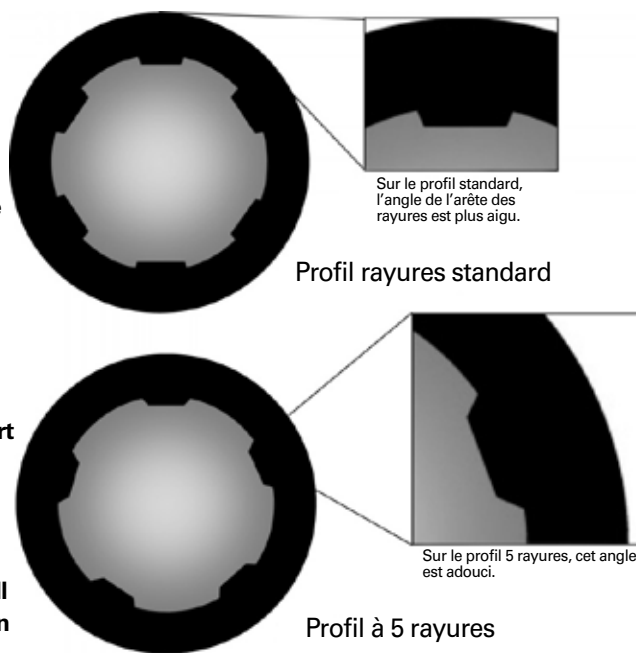
- ◆ Sako et Tikka proposent des canons à 4 rayures, avec lesquels on note une légère baisse de pression, toutes choses égales par ailleurs.
- ◆ Les canons conçus à l'origine pour le 408 Cheytac ont 8 rayures, plus fines, optimisées pour tirer des balles mono métalliques spécifiques.

Technique

Cinq rayures, pourquoi?

Certains fabricants proposent des canons à 5 rayures, de type « 5R ». Pour expliciter leur démarche, ils rappellent que les rayures d'un canon, en coupe, se composent schématiquement d'une alternance de creux et de bosses. Ces bosses, qui sont séparées d'une distance très légèrement inférieure au diamètre de la balle, s'impriment dans la chemise pour l'obliger à suivre leur parcours hélicoïdal le long du canon et donc la mettre en rotation. Dans les canons à 4 ou 6 rayures, une rayure se retrouve symétriquement en face d'une autre rayure. Dans les canons à 5 rayures (5R), deux choses changent: les « bosses » n'ont plus un profil acéré taillé à angle

droit, mais un profil adouci sur l'arête, et les rayures ne se retrouvent plus réparties symétriquement l'une en face de l'autre. Cette disposition et cette forme de rayure réduisent le stress et la déformation du projectile, parce qu'il n'est plus pris en tenaille dans le canon par la rayure située symétriquement à l'opposé du tube. Moins contraint, il se déforme moins et acquiert un potentiel supérieur de précision. Quant au profil adouci de l'arête, il réduit l'encuvrage et limite le dépôt de résidus carbonés. Il facilite aussi le nettoyage: en supprimant les angles vifs, il ouvre un accès plus facile aux opérations de nettoyage mécaniques et chimiques...



En fonction du nombre de rayures, la forme de ces dernières change.

Dans les années 1970, des recherches et des essais ont été effectués sur des canons à 5 rayures, comportant des profils de rayure aux arêtes adoucies. Cf. rayures Obermeyer de type « 5R ». Aucune de ces recherches n'avait abouti à l'époque à des résultats assez concluants pour vraiment s'imposer. De nouveaux essais plus récents laissent néanmoins envisager quelques avantages...

Pas des rayures: question primordiale

On le sait pertinemment depuis la guerre de Sécession, les canons rayés sont largement supérieurs aux âmes lisses en matière de précision. Pour bien voler, la balle doit être « gyrostabilisée » c'est-à-dire tourner sur elle-même pour voler de manière aussi stable que possible. Pour bien comprendre le phénomène, il suffit de se référer aux toupies avec lesquelles jouent les enfants: Une toupie basse et de fort diamètre se stabilise facilement, à basse vitesse. Bien lancée, elle se stabilise vite et tourne longtemps. Une toupie haute et fine, au contraire, (comme les modèles qui font de la musique) a besoin d'une vitesse de rotation beaucoup plus élevée pour se stabiliser, et va rester stable moins longtemps. Les balles répondent globalement aux mêmes lois. Plus un projectile sera long et fin, plus il devra tourner vite sur lui-même pour être parfaitement stabilisé en vol. Et c'est bien entendu le pas des rayures du canon qui va donner à la balle sa vitesse de rotation. Plus le pas est court, plus grande sera la vitesse de rotation. Une vitesse d'ailleurs tout à fait hallucinante... Le pas se mesure traditionnellement en pouces (1 pouce = 2,54 cm). Les rayures d'un canon au pas de 10 pouces obligent donc la balle à faire un tour sur elle-même en 25,4 cm. Courant par exemple avec le calibre 300 Win mag, ce pas oblige la balle à faire 4 tours sur elle-même par mètre linéaire parcouru. À 900 mètres par seconde, cela représente une vitesse de rotation de 3600 tours par seconde et donc 216000 tours/minute! En vertu de la « règle de la toupie », plus une balle

Munitions

Les calibres préférés de Bruno Put



Pour une utilisation axée vers le tir de précision en compétition, voici les calibres que nous utilisons et que nous affectionnons particulièrement:

- ◆ en .224" : 222 Rem
- ◆ en 6 mm : 6 NBR et 6 XC
- ◆ en 6,5 mm : 6.5 Creedmoor et 6.5-284 N
- ◆ en 7 mm : 7-08 et 7 SAUM
- ◆ en .30" : 308 Win, 300 WSM, 300 PRC, 300 Norma mag
- ◆ en .338" : 338 LM
- ◆ en .375" : 375 Cheytac



sera longue et fine, plus il faudra un pas court pour la stabiliser: une petite 6.5 Creedmoor, tirée à 830 m/s dans un canon au pas de 8 pouces, tournera à environ 250000 tours/min pour être parfaitement stabilisée!!! Les vitesses évoquées soumettent évidemment le pauvre projectile à des forces colossales, dont les effets néfastes ont été constatés dès l'époque des balles en plomb, qui, sous l'effet de la pression et de la température générés par les plus gros calibres, se déformaient ou même fondaient sous l'effet de la mise en rotation. Dans le canon, elles pouvaient même dans les cas extrêmes « sauter les rayures ». C'est pour éviter le contact direct et immédiat du plomb mou avec les gaz brûlants que l'on a inventé d'abord le calepinage papier, puis le chemisage en cuivre que l'on connaît aujourd'hui... mais dont les limites physiques ont été atteintes également sur les gros calibres très performants tels le .300 Norma mag (favori au Ko1M), passé une certaine vi-

tesse (plus de 270000 tours/min!!!), il arrive que la chemise de la balle éclate en vol sous l'effet de la force centrifuge!!! Ce qui amène aujourd'hui à un réel engouement pour les balles mono métalliques, entièrement usinées dans une barre d'alliage cuivreux, et ne souffrant donc pas de ce phénomène... C'est aussi la raison pour laquelle, notamment aux États-Unis, des recherches sont faites sur des rayures à pas variables, progressifs: relativement lents au tonnerre, ils s'accroissent à mesure qu'ils s'approchent de la bouche, pour réduire la brutalité de la mise en rotation de la balle. Une affaire qui nécessite évidemment des prouesses d'usinage, domaine où la commande numérique est d'un secours précieux... Pour l'instant, et en l'état actuel de la métallurgie et de l'usinage, un pas de 8 pouces (soit un tour tous les 20,3 cm) semble optimal pour propulser les projectiles les plus lourds disponibles sur le marché dans nos calibres favoris... À suivre! ●