

# Balles en vol: la balistique extérieure pratique

La science expliquée simplement  
aux tireurs qui ont envie de comprendre

Module 0: Introduction

# Premier Slide

Que Dieu me garde de l'illusion de tout savoir.

Je ne prétends pas détenir la vérité absolue.

Toute correction ou complément seraient  
bienvenus!

Fin du premier slide.

# Les balistiques

## [des armes légères classiques]

- Intérieure: tant que la balle n'aie pas encore quitté l'intérieur de l'arme
- Extérieure: sur le chemin à la cible
- Terminale (balistique de blessures): dégâts à l'arrivée

# Sujet du cours

- Uniquement l'extérieure. Avec de petites excursions dans l'intérieure, là où c'est absolument nécessaire pour comprendre.
- Question principale: où ira la balle / comment toucher une cible lointaine – prédiction de trajectoire.
- Stabilisation du projectile et choix y associés.
- Facteurs (de balistique extérieure) qui influencent la dispersion, et comment vivre avec.

# Buts

- **Connaître:** notions fondamentales (coefficient balistique, mécanique de la dérive au vent, l'atmosphère, etc. etc.). Influence de facteurs différents sur la trajectoire.
- **Savoir:** prédire le point d'impact de ses balles à longue distance, calculer ses propres tables balistiques / abaques, et pouvoir trouver les réponses à des questions pratiques (Est-ce qu'il vaut mieux une balle lourde et lente ou légère et rapide? Est-ce que mon canon pourrait stabiliser le projectile X? etc.)
- **Démystifier:** Casser le mythe que "tirer loin est compliqué". Non, ce n'est pas compliqué. Les principes fondamentaux sont faciles, et – heureusement – il y a maintenant les ordinateurs pour qu'on n'aie pas à se prendre la tête avec des calculs occultes.

# Fondamentalement, c'est simple

- 3 forces:
  1. La résistance de l'atmosphère
  2. L'attraction terrestre
  3. Le vent
- À 99.9% c'est tout (mais le 0.1%, on va le voir aussi)

# L'histoire de la question

- Sans atmosphère = facile (parabole, papier+crayon, école secondaire)
- 17ème siècle: projectiles uniformes approchant le supersonique
- Explosion des sciences: Newton, Bernoulli, Euler, etc.
- Milieu du 18ème – premiers chronographes

# Approches

- Depuis le 17ème siècle, deux voies: (1) mesures expérimentales et (2) modèles théoriques
- Problèmes avec (1):
  - coûts très importants
  - hautes études spécialisés nécessaires
  - peu utile pour la conception d'un projectile ou le choix du projectile optimal
- Pour un tireur enthousiaste individuel, (1) = trop, voir impossible, mais surtout – inutile



# Modèles prédictifs

- Déjà au 19ème: précision satisfaisante, mais...
- Sans ordinateurs = über-pénible
- Mayevski + Siacci (+ Krupp + Ingalls):  
référence à un projectile standard

# Optimisation de caculs

- Les années 1980: Arthur Pejsa et trajectoire d'armes légères
- Analytique (et pas itératif), puissance de calcul minimale nécessaire
- Limitations: référence à un modèle standard (dans sa version de base = US Army 152 gr .30-06 Ball M2 at 2600 fps), inexact pour les élévations de  $> 15^\circ$ , prend pas en compte les facteurs mineurs, digne de confiance seulement dans le supersonique, etc.
- Mais [dans beaucoup de cas] ça marche

# Pendant ce temps-là...

- Croissance explosive de la puissance de calcul
- Certains modèles [jadis disponibles seulement aux instituts de recherche] rentrent maintenant dans un smartphone
  - 3DOF: un point qui fonce
  - 6DOF: un vrai objet; + rotation, centre-masse, et orientation dans l'espace
- Itératifs: les position+vitesse suivantes de la balle sont calculées à peu près toutes les  $1/10'000$  secondes

# 3DOF

- Pas beaucoup plus précis que Pejsa, mais...
- Nécessite plus de puissance de calcul (de nos jours, c'est négligeable), mais...
- Comprend correctement les élévations de  $> 15^\circ$
- Comprend correctement la pression atmosphérique à de différentes altitudes
- Est la base de la vaste majorité des calculateurs balistiques [grand public] actuels

# 6DOF

- "Le Saint Graal"
  - stabilité du projectile
  - "saut aérodynamique"
  - dérive gyroscopique
  - etc. etc.
- Mais:
  - Puissance de calcul: 1 km = minutes
  - Données de départ: difficiles à comprendre et encore plus difficiles à obtenir

# Du reste

- Pour un tireur lambda, 6DOF est juste inutile; dans la majorité des cas, l'erreur d'un 3DOF est largement inférieure à 1 click
- 3DOF peut être garni de quelque bonbons bonus, venants du 6DOF, pour encore plus de précision
- Et pour le reste de ce cours on va nourrir des 3DOF avec des balles, vitesses et atmosphères différentes, pour voir ce qui est important