

Balles en vol: la balistique extérieure pratique

La science expliquée simplement
aux tireurs qui ont envie de comprendre

Module 4: le vent
(4.3: mesures et estimations)

Premier slide

[Toujours le même.]

Deuxième slide

- En plus des choses Scientifiques, ce module contient des choses subjectives et/ou tirées d'expérience
- La Science – ça va, j'assume
- L'expérience – du côté de l'audience il y en a sûrement bien plus que chez moi, et j'aimerais en profiter et faire profiter
- Echanges, commentaires, recommandations, questions, dialogues sont encore plus bienvenus que d'habitude

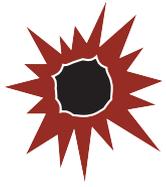
"Lecture" du vent

- Il n'y a pas de miracles, l'expérience est la clé
- Mais la Science peut simplifier l'approche, dire à quoi faire ou ne pas faire attention, et indiquer comment les mesures peuvent aider

La partie mesurable et rationnelle



- Commence et se termine à la position du tireur.
- Anémomètres: à partir de \$15-20 pour des chinoiseries, jusque à plusieurs centaines pour des instruments "professionnels".
- La précision est largement suffisante dans tous les cas (± 0.2 m/s). Le pognon achète le degré de protection contre les phénomènes naturels désobligeants.
- Soit il faut qu'un anémomètre puisse survivre chocs, humidité, températures extrêmes, etc., soit il faut savoir vivre sans anémomètre (ce qui est, comme on le verra, nécessaire de toute manière).



Le comment de l'anémo

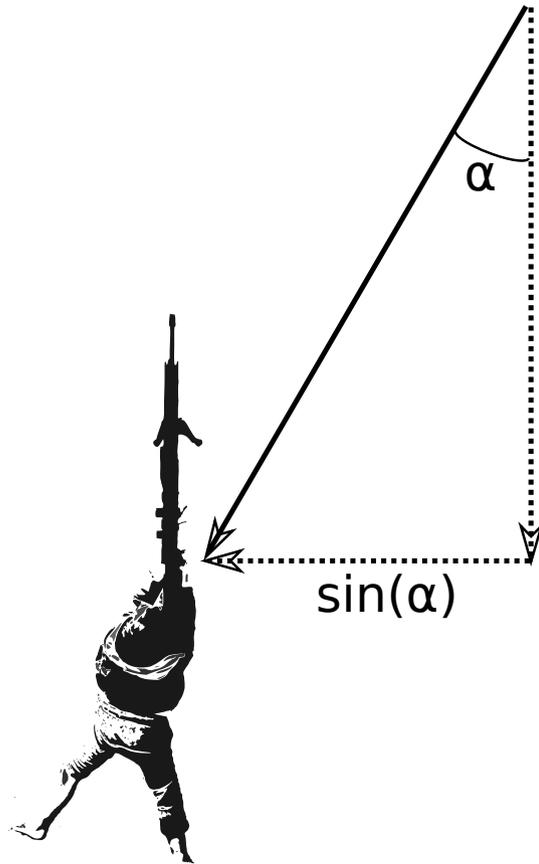
Les anémomètres sont conçus pour mesurer la vitesse du vent dans l'axe des hélices. Si le vent n'est pas dans l'axe, les parois de l'instrument par effet de tourbillon peuvent provoquer des perturbations et fausser les mesures. Si on oriente l'anémomètre perpendiculairement à la ligne de tir, et on espère ainsi mesurer la composante latérale du vent, on obtient n'importe quoi.

Aussi, le corps humain peut facilement faire écran au flot, que ce soit devant ou derrière l'anémomètre et fausser les mesures.

Donc –

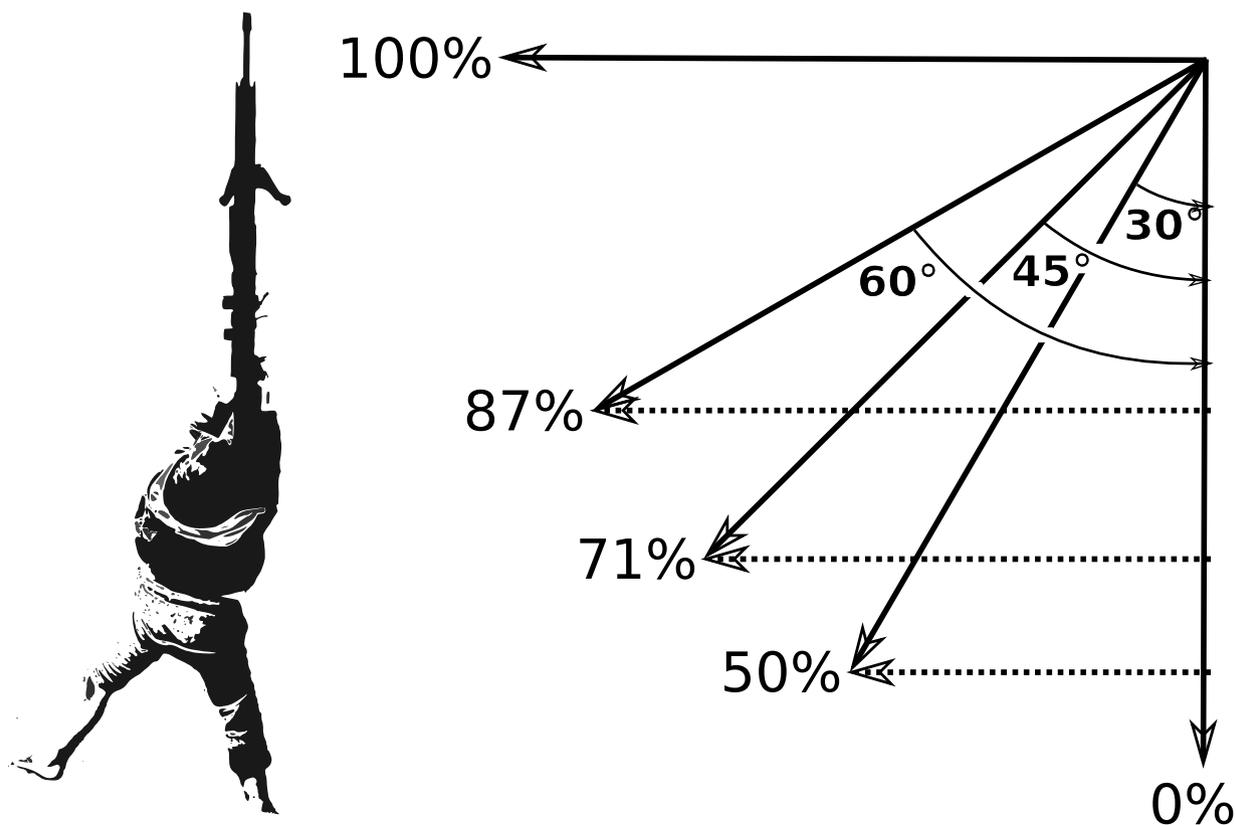
4.11. Les mesures précises sont obtenues à longueur de bras, exactement dans l'axe du vent, quand le corps du tireur Savant Scientifique n'est ni devant ni derrière l'appareil.

Trouver la composante latérale



- Les malheureux qui n'ont pas encore oublié les maths scolaires, ont sûrement pensé le mot "sinus"
- En effet, pour un vent de vitesse V , venant sous un angle α , la composante latérale est $V \cdot \sin(\alpha)$

Valeurs exemple

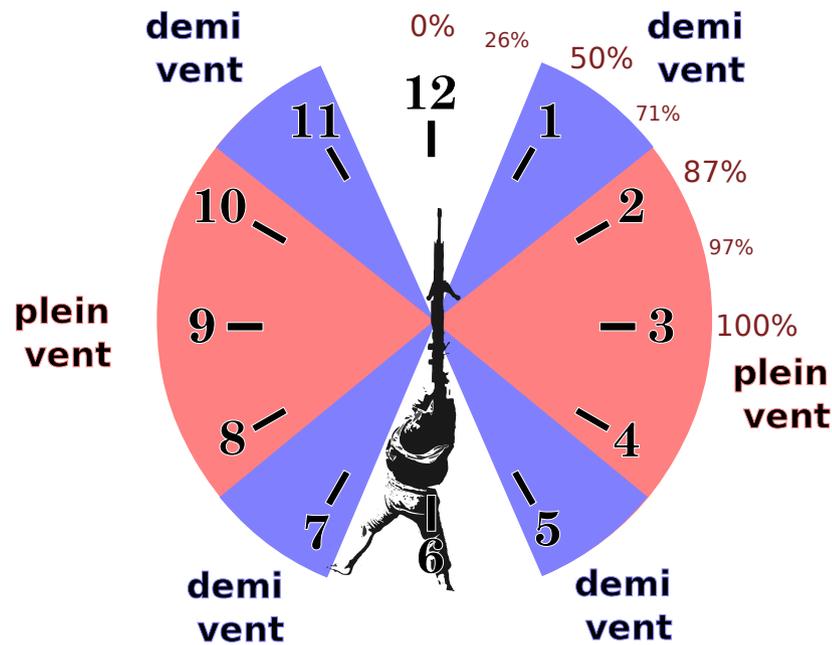


Si on compte le vent de face comme 0%, et le vent 100% latéral comme 100% 8

Problème pratique: D'où sortir le sinus?

- Certains anémomètres sophistiqués (tir, aéronautique) ont un compas et un petit processeur. On fixe la direction de tir, et on mesure le vent dans l'axe du vent; l'instrument calcule le sinus de l'angle entre deux, et peut directement afficher la composante latérale.
- Les calculettes balistiques électroniques ont aussi cette fonction. Il suffit de donner la vitesse du vent et sa direction.
- Si ni l'un ni l'autre ne sont disponibles, on pourrait obtenir la même chose avec un compas, une calculatrice de bureau et une table de valeurs de sinus, mais personne ne le fait, parce que le vent est un phénomène changeant, et la plupart du temps on n'a pas le temps.

Cadran horloge: simplification pratique

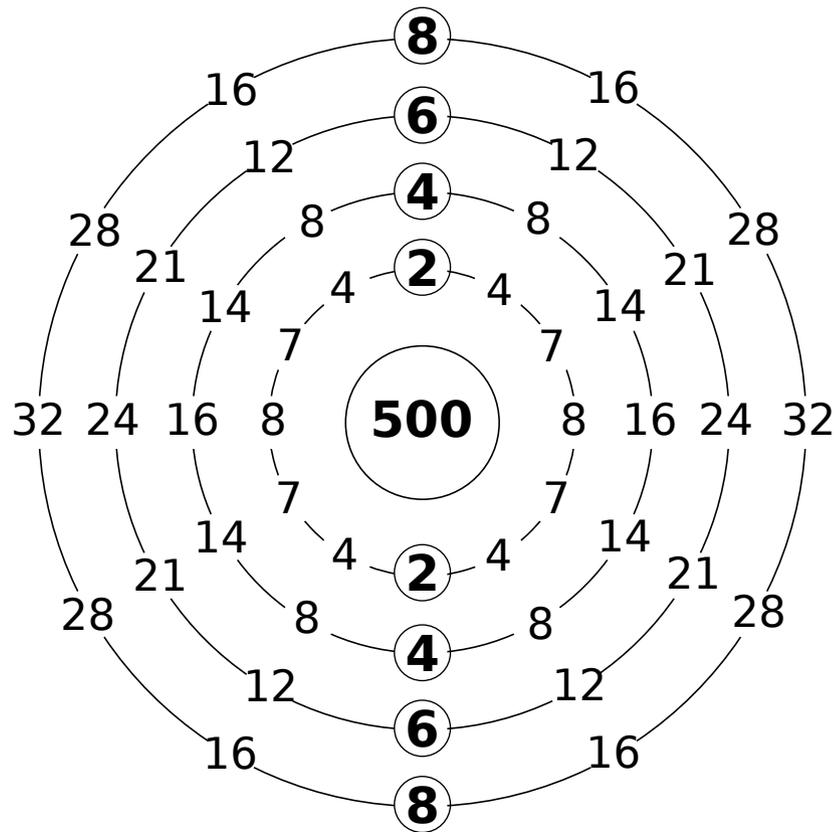


- Direction du canon = 12h
- 12h et 6h – pas de composante latérale
- 1, 5, 7 et 11h (zones bleues) – on compte la moitié
- 2 à 4 et 8 à 10 – on compte plein
- Parfois on distingue également la zone de 1h30-2h (et symétriques), dite de 3/4, et de 12h30 – de 1/4.

Modèle horloge

- Rapidité au dépens de la précision; dans beaucoup de cas – acceptable (ex. avec une erreur de 20% sur 5 m/s, la GP11 reste dans le torse jusque à 600m)
- L'expérience comble les lacunes du modèle (compter 1/4 à 12h30, 3/4 vers 1h30, etc.)
- Le cadran est un excellent instrument didactique. L'intuition humaine confrontée à la composante latérale de vent se plante complètement. Par exemple, le vent de 11h ou 1h est ressenti comme "presque en face", tandis que la composante latérale est déjà de 50%. Le sinus est une valeur vraiment pas intuitive.

Abaques/éventails: sinus directement dans les cartes balistiques



[Fass90+GP90, ICAO 0m]

+79

alt. 800, 921hPa, 7°C



m

hPa

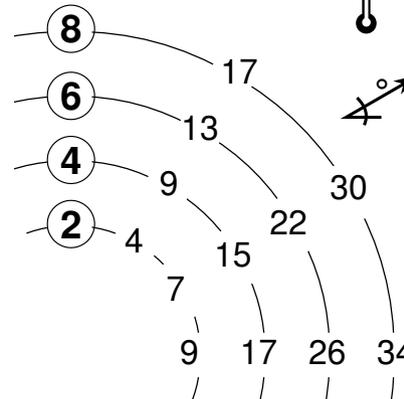


°C



°

	500	1000	1250	1500	1750
hPa	955	900	872	846	820
	+1	-1	-2	-3	-4
°C	-10	0	10	20	30
	+3	+1	-1	-2	-4
°	10	15	20	25	30
	-1	-3	-6	-9	-13



775 m

K31/GP11/70mm/100m

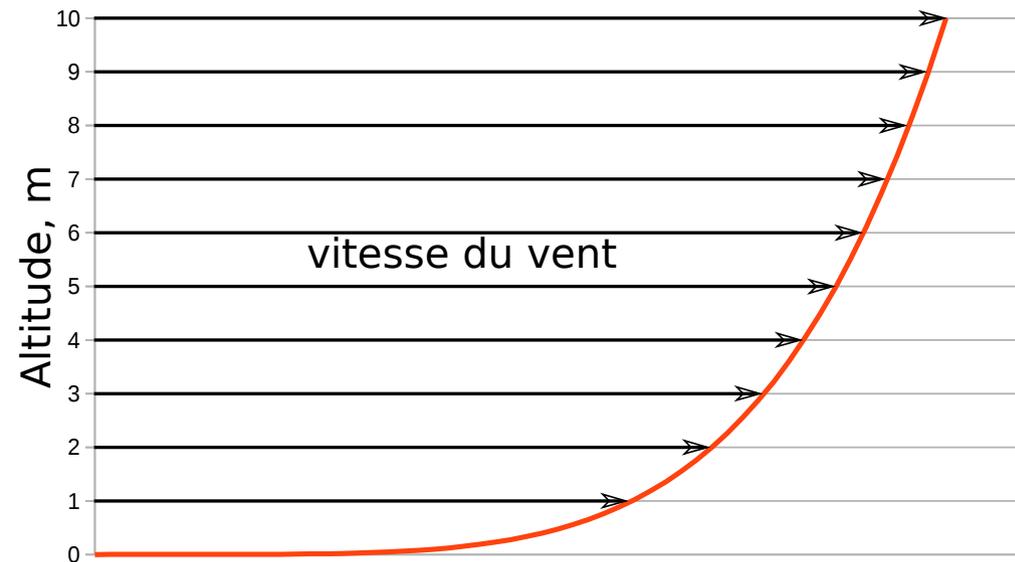
- Demande une certaine habitude pour vite calculer la moyenne entre directions, vitesses et distances.
- Toutefois [à mes yeux] reste la meilleure méthode "low-tech" – la plus rapide et suffisamment précise.

Que la complication commence!

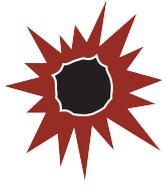
(jusque là c'était simple)

Le gradient vertical de vent

Est-ce qu'il y a un parapentiste dans la salle? Un pilote d'avion?



- Comme le courant d'une rivière – lent aux bords, prend la vitesse maximale au milieu, le plus loin des rives, le flux de l'air est ralenti par le sol, et s'accélère avec altitude.
- Dépend de la surface: plus raide sur asphalté ou un champ enneigé ou au-dessus des plans d'eau, moins raide au-dessus des buissons ou des arbres
- Près du sol, le gradient est très fort: partant de vitesse zéro à altitude zéro, au début la vitesse augmente très vite.
- Plus on monte, plus la vitesse se stabilise, mais il faut monter à plusieurs centaines de mètres d'altitude pour que les effets de sol ne soient plus significatifs.
- Le phénomène est très bien étudié et fidèlement modélisé pour les besoins d'aéronautique.



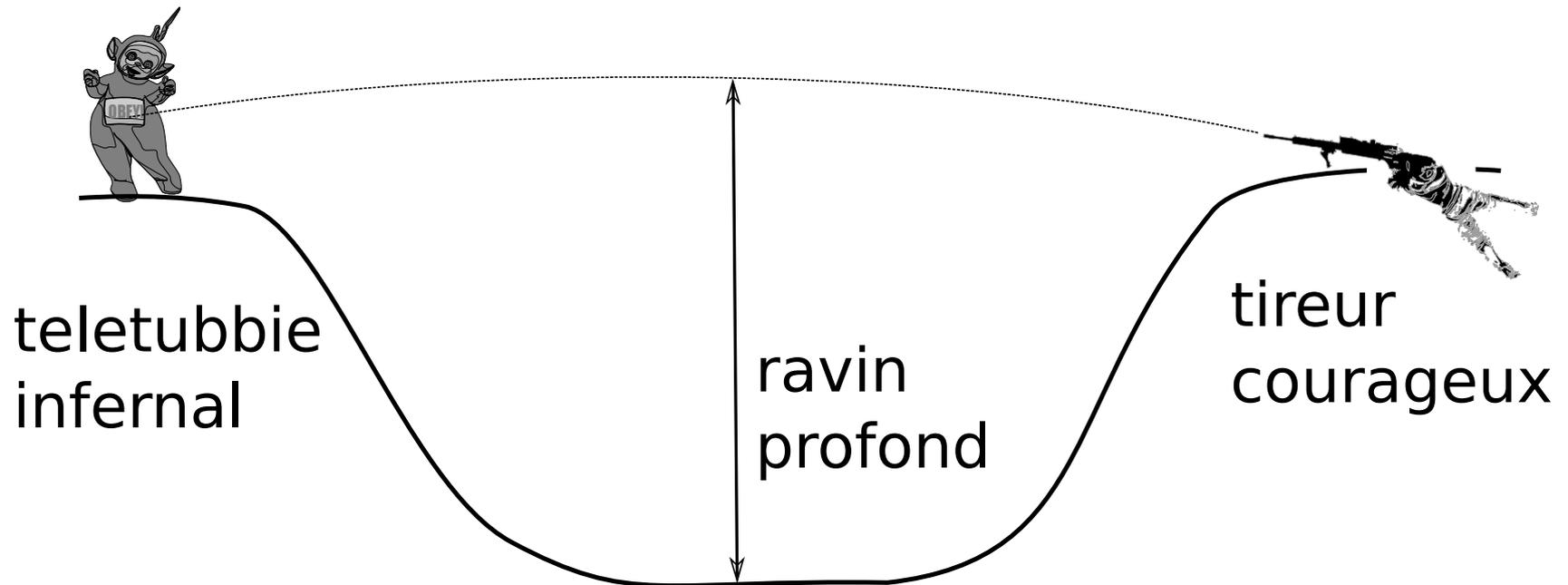
The return of le comment de l'anémo

4.12. Il est recommandé d'être debout quand on prend des mesures avec un anémomètre. Tout près du sol la vitesse change beaucoup, et une petite différence accidentelle de hauteur peut provoquer une grande divergence de mesures.

Le gradient en pratique

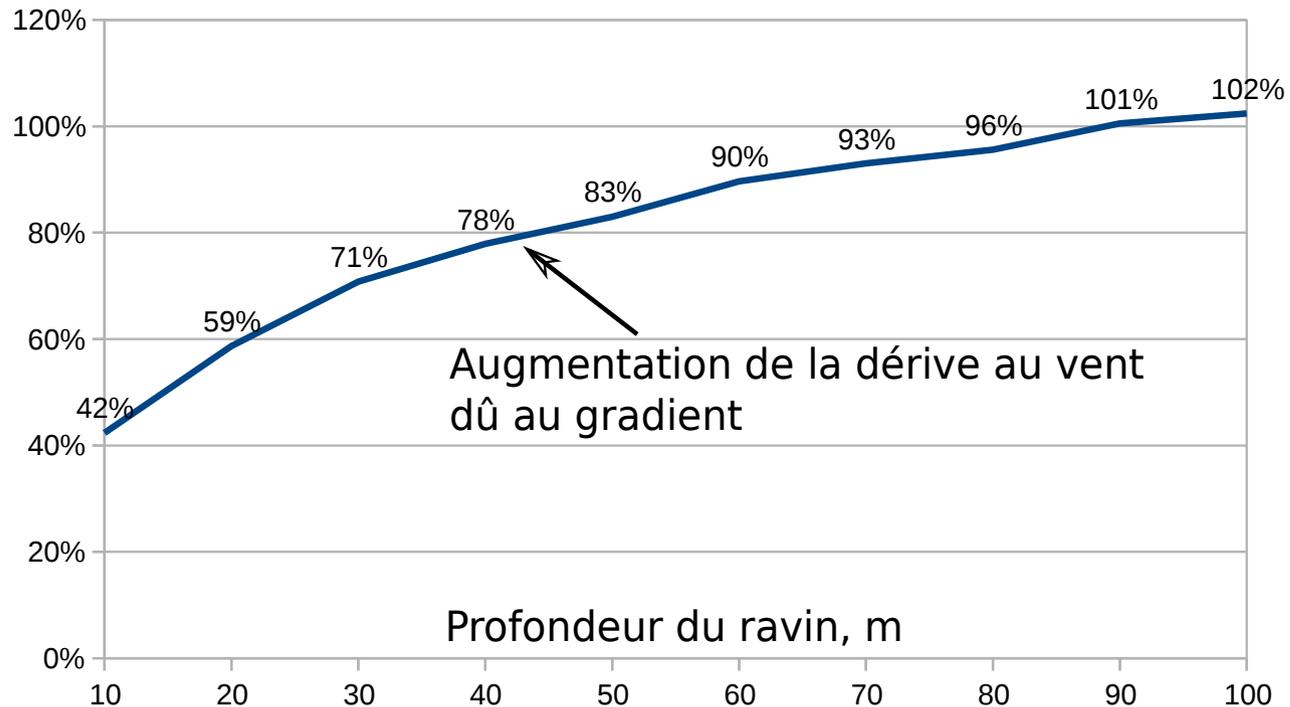
- Exemple: dans de mêmes conditions, le pic de la trajectoire pour les calibres type .308 / GP11 / 7.62x54R à 1000m de distance est de 4.5m à 5m, et à 500m de distance – de 70-80cm. Le vent à ces altitudes est différent.
- Mauvaise nouvelle: l'influence du gradient de vent est difficile à quantifier, dépend de la hauteur du fusil, du sol et de la végétation, de la distance de tir, etc. En pratique, hors conditions laboratoire, il est impossible de le calculer et prendre en compte pour chaque coup.
- Bonne nouvelle: si on ignore tout simplement le gradient de vent, l'erreur reste tout à fait acceptable pour beaucoup de situations de tir. Par exemple, pour la GP11 au-dessus d'un alpage, dans un vent latéral de 4 m/s, l'erreur [de non prise en compte du gradient] ne dépasse pas 0.2 mrad jusque à 1000m (sur le fond de 2.4 mrad de dérive totale). Et sur les distances moyennes ça reste parfaitement négligeable.

Situation typique



La trajectoire au-dessus du ravin est suffisamment loin du sol pour que l'effet du gradient devienne significatif.

Résultats de modélisation



- Un ravin parfait, avec un sol uniformément couvert par la végétation
- Le vent parfaitement latéral souffle le long du ravin

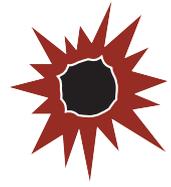
Les ordinateurs ne servent pas qu'à lécher la face-bouc

... mais répondent aussi à des questions, qui sont difficiles à résoudre de manière expérimentale

- Le résultat dépend très peu de la distance horizontale de tir ou de l'inclinaison de la pente (moins de 10% de différence entre les variantes extrêmes)
- Le résultat ne dépend pratiquement pas du calibre employé (moins de 1% de différence entre GP90, GP11 et .338)

Bonjour Mme Réalité

- Prudence avec l'utilisation directe des chiffres tels qu'ils sont donnés sur le graphique
 - C'est bien une modélisation balistique d'un ravin parfait: droit comme une flèche, pentes uniformes, buissons uniformes partout, le vent souffle précisément dans l'axe
 - Dans la nature, ça n'existe pas (il y a une raison pourquoi la montagne est qualifiée de "terrain difficile"). Le gradient dépend notamment beaucoup de la surface du sol – gros rochers et crevasses ou petit gravier, rochers nus ou alpage, herbe, buissons ou forêt, etc.



Mais on peut en sortir des règles empiriques utiles

4.13. Au tir par-dessus une vallée, si sur la plus grande partie de la trajectoire la profondeur de la vallée excède 10-15m: compter 1.5x la vitesse du vent mesurée sur l'emplacement du tireur.

Si la vallée est vraiment profonde (50m ou plus) – compter 2x.

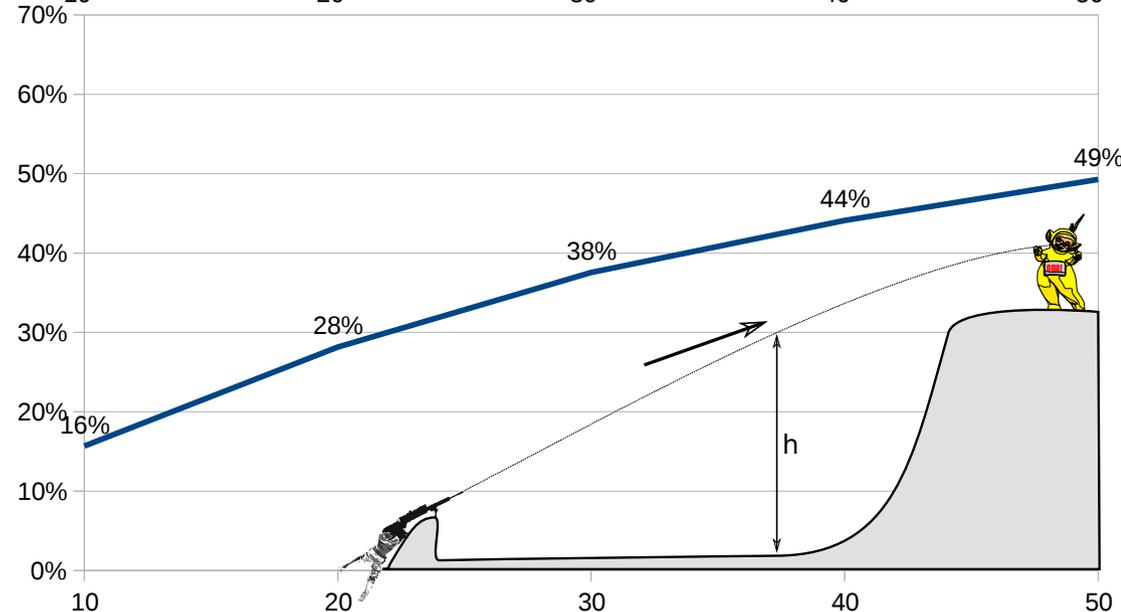
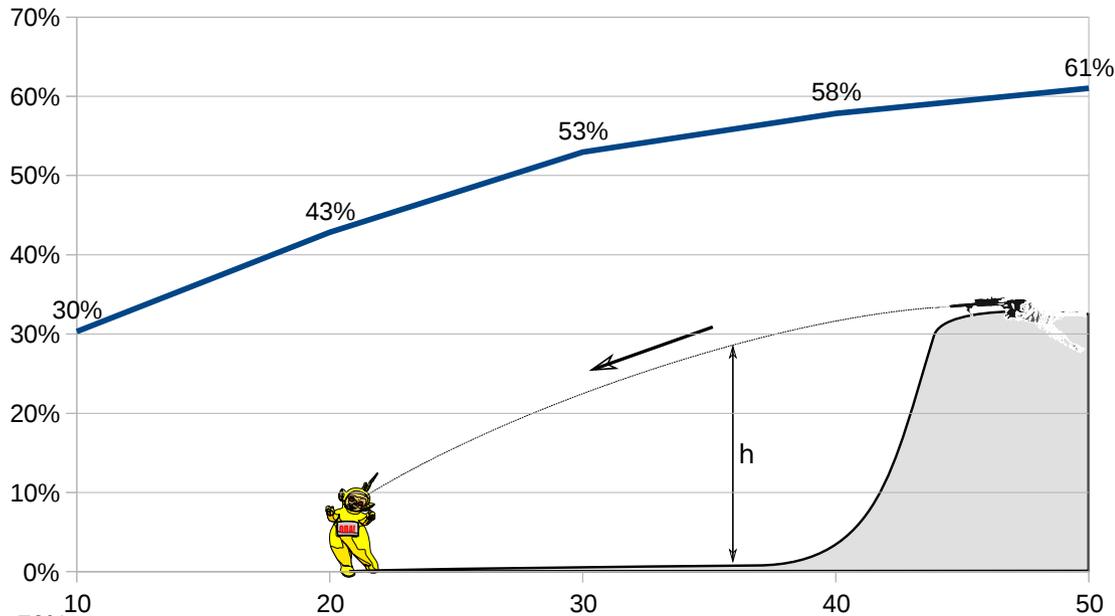
Dans ma pratique, la règle se trouve validée. Bien que ça ne soit pas particulièrement précis, je dois tout de même à ce savoir un bon nombre de touchés réussis.

Restons à la montagne, voulez-vous?

- Remarquez la formule "*sur la plus grande partie de la trajectoire* [la profondeur de la vallée excède ...]" – c'est important
- Voyons deux cas relatifs: tir sur un but qui se trouve sur une hauteur, et tir vers le bas depuis une hauteur, quand entre le tireur et le but il y a une falaise assez escarpée (et non pas juste une gentille pente uniforme) – pour qu'une grande partie de la trajectoire passe haut au-dessus du sol.



En chiffres et images et pdi



Encore une fois, c'est le résultat d'une modélisation d'un "ravin parfait".

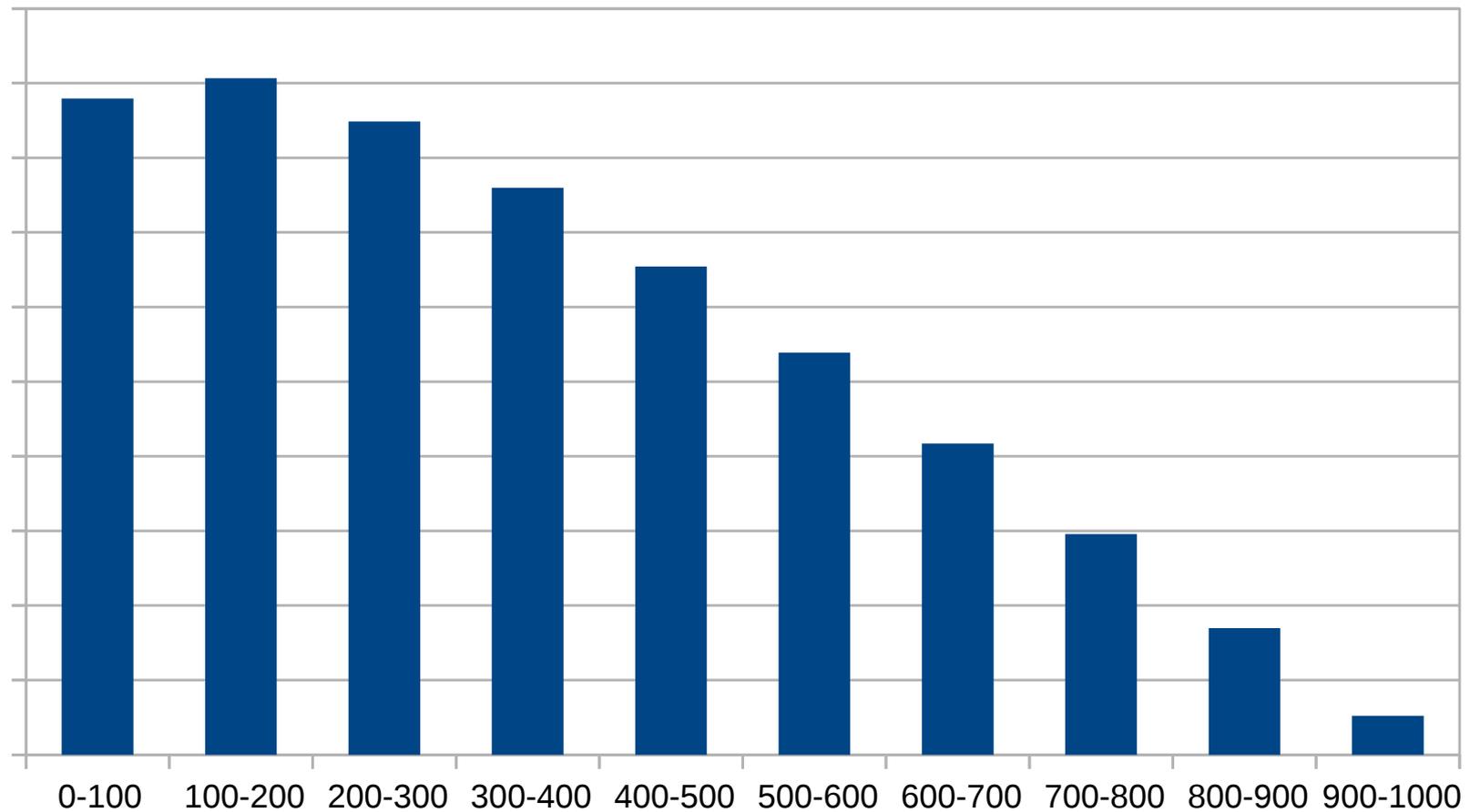
Mais la réalité semble confirmer la règle approximative suivante:

4.14. Lors du tir depuis le haut d'une falaise / pente très raide, ou inversement – depuis une position en bas sur un but qui se trouve en haut d'une falaise, compter +30% à +50% de vent (par rapport au mesures prises sur la position du tireur).

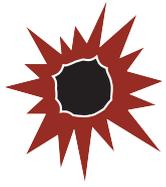
Juste là, c'était un test de vigilance

- Avez-vous remarqué la différence notable de valeurs de dérive entre le tir de bas en haut et de haut en bas?
- Pourtant, entre les deux cas la hauteur de la trajectoire est sensiblement la même.
- Dites bonjour à un des phénomènes de vent des plus compliqués (si jamais, jusque là c'était simple) – les vents différents sur les segments différents de la trajectoire.

Influence comparative du vent en fonction de distance



Classe .308, de 0 à 1000m, comparaison de la dérive finale par segments de 100m



Le point qui clôt le débat "vent proche vs. lointain"

Les principes illustrés avec l'exemple de la GP11 à 1000m restent valables pour tous les calibres, terrains et distances de tir.

4.15. L'influence du même vent sur la première moitié de la trajectoire est environ 3x plus importante que sur la deuxième.

Falaise: il n'y a pas de paradoxe

- En revenant à l'exemple du tir depuis la falaise
- Quand on tire depuis le haut, la balle rentre presque tout de suite dans le courant de l'air rapide loin du sol – au début de la trajectoire.
- Quand on tire depuis le bas, l'influence du vent fort "d'altitude" vient plus tard, et provoque en définitive moins de dérive.

Vent différents sur la trajectoire

- Proche vs. lointain = question essentiellement académique
- En pratique, la capacité de "lire" le vent lointain fait souvent la différence entre un touché et un raté
- La question des plus complexes: comment lire le vent là où nous ne sommes pas?
- La même question se pose quand le vent sur la position du tireur ne peut pas être mesuré (tir depuis un abri, pas d'anémomètre, etc.)

"Lecture" du vent

- La Science est largement impuissante
- Un texte ou un cours ne peuvent pas donner de réponse
- La réponse = expérience et intuition
- Les quelque slides qui restent dans ce module = observations subjectives et quelque points qui m'ont semblé utiles sur la Voie de la Sagesse
- Sur cette Voie, j'ai encore beaucoup de chemin à parcourir, d'où mon plan secret pour aujourd'hui: profiter de la Sagesse de l'audience
- N'hésitez pas à interrompre

Tables des vents: exemple tiré du Règlement 53.096

Description	Vitesse, m/s	Caractéristiques
Léger	2	La fumée monte presque verticalement, perceptible
Faible	4	Agite les fanions et les feuilles des arbres
Moyen	6	Fait claquer une banderole, agite les rameaux des arbres
Frais	8	Sentiment désagréable, agite les branches
Fort	10	Hurle et siffle, agite les grosses branches
Violent	12	Fait bouger les troncs d'arbres
Tempête	14	Fait bouger les troncs des gros arbres, rend la marche difficile

Difficultés d'utilisation (malgré tout le soin qu'on y met)

- Le langage reste assez vague – de la question existentielle "n'éprouve-je pas de sentiment désagréable?" à la distinction claire entre un rameau et une branche – tout expliquer est impossible
- Il y aurait toujours une situation où aucun de ces signes n'est observé (champ enneigé? alpage? zone industrielle? carrière de gravier?) – tout prévoir est impossible
- Ces tables ne sont pas des instruments de mesure, mais ce sont des indications à titre d'exemple à quoi faire attention. Sans entraînement, l'utilité est très limitée.
- Entraînement avec tir mais aussi sans tir.

Sans tir

- Essayer d'estimer le vent, et tout de suite vérifier les estimation avec un anémomètre.
- Simple et très utile; vite dans des repères connus on arrive à une précision de ± 0.5 m/s
- Après un certain nombre d'essais dans des terrains et conditions météo différents, vient finalement la Réalisation de ce qui est écrit dans les tables (et c'est là où les tables deviennent en définitive inutiles)

Avec tir

- Le plus intéressant, c'est (1) pouvoir quantifier le vent lointain, comparer les mesures sur la position du tireur à la dérive réelle, et (2) observer la dynamique, anticiper les changements de vitesse et de direction
- Les girouettes et les hélices ont beaucoup d'inertie
- Drapeaux ou manches légères en ont beaucoup moins



Comment [ne pas] tirer dans le vent

1. Régler la visée en dérive avec des coups d'essai, et ensuite vite tirer la série tant que le vent n'aie pas changé. Ne marche pas bien: la précipitation baisse la précision, le vent peut changer entre-temps, juste bon(?) pour le tir sportif (par ailleurs, on n'a pas toujours le luxe des coups d'essai).
2. Corriger constamment, régler la dérive après/avant chaque coup. J'ai vu pas mal de tireurs le faire, mais j'en ai vu aucun qui aurait eu des résultats convaincants.
3. Par observation, déterminer le vent prédominant dans la situation, régler la dérive en conséquence, et tirer pendant qu'il souffle. Noter les signes avant-coureurs de changement de vent (le changement est visible de loin). Le seul désavantage – dépendamment des condition il faut savoir attendre (parfois plusieurs minutes) en position de tir.

Autres observations en vrac

(choses que j'ai noté pour moi-même)

- Régler la dérive avec des clics (plutôt que de compenser en contre-visée), pour fixer et noter la valeur précise. Noter la valeur mesurée ou estimée sur la position du tireur, pour comparer à la dérive réelle constatée. Garder et revoir ces notes: précieux pour l'apprentissage et pour les tirs suivants depuis le même endroit.
- Le changement de direction est beaucoup plus facile à rater qu'un changement de vitesse. Y faire très attention surtout pour les vents venant à moins de 45° à l'axe de tir (3/4 effet ou moins). Les vents qui sont *presque* dans l'axe sont les plus traîtres.
- Des gros grossissements optiques (ex. 20x), largement superflus pour viser au genre de tir que je fais, peuvent toutefois aider pour l'observation de vents lointains, et de signes de changement.