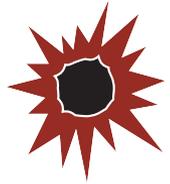


# Chapitre 5

## Le vent



# Le seul facteur incalculable!

On ne peut pas calculer l'influence du vent avec précision. On peut seulement:

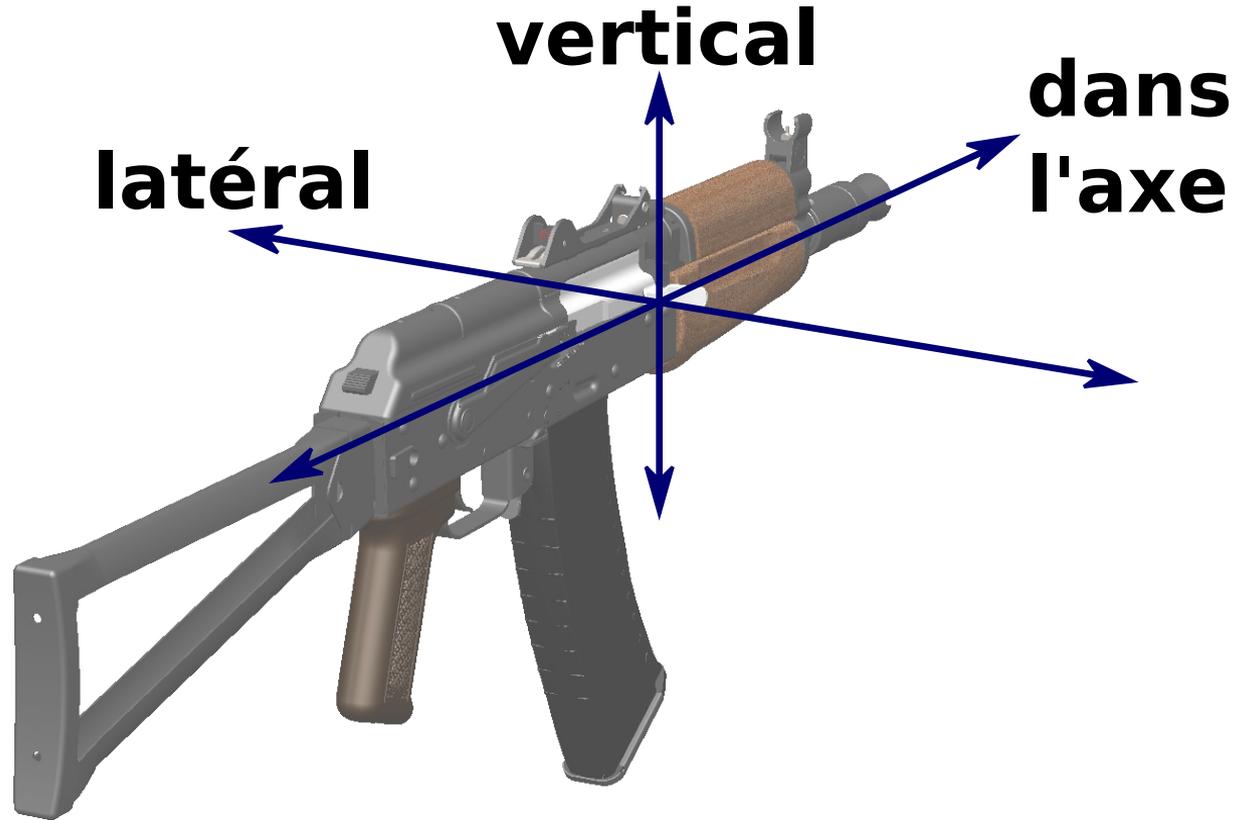
a. apprendre à "lire" le vent, pour minimiser l'erreur avec l'expérience

et / ou

b. employer une arme+calibre moins sensibles au vent, pour qu'une erreur de "lecture" occasionne moins d'erreur en cible

L'un ne remplace pas l'autre.

# Quel vent est important?



# Le vent vertical

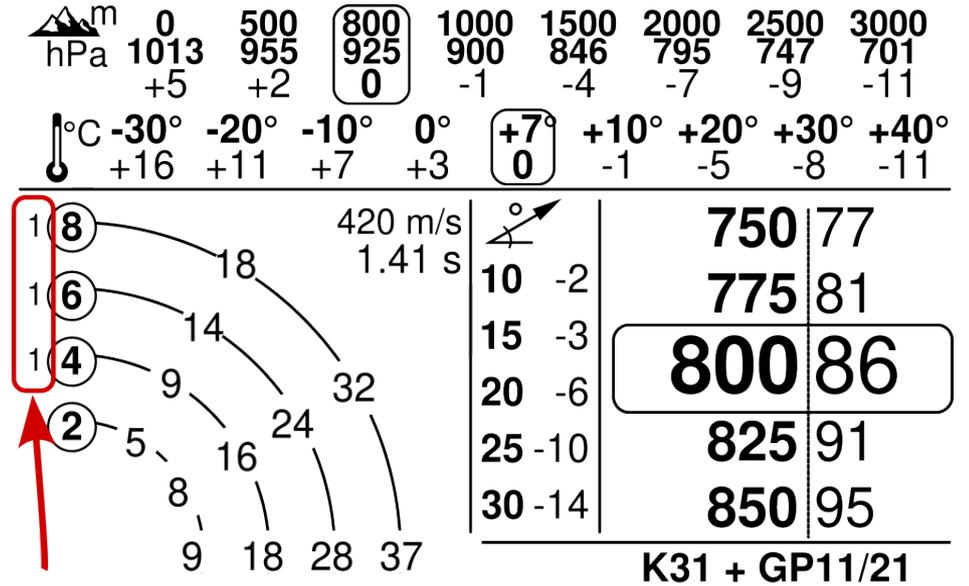
- À des altitudes de trajectoire typiques pour les armes légères à tir tendu – très faible, agit sur de courts segments.
- La modélisation montre que dans certaines circonstances rares (ex. tir le long d'une pente escarpée qui se prend un fort vent latéral et le dévie vers le haut) il peut y avoir un ou deux clics de différence
- En pratique, je n'ai jamais rencontré un tireur qui aurait su en tenir compte.
- Verdict: à ignorer.

# Le vent dans l'axe (ou longitudinal)

- Augmente (venant de face) ou réduit (venant de dos) la résistance de l'air rencontrée par le projectile. Influence la vitesse de la balle, et par conséquent, la hauteur d'impact.
- Effet mesurable, mais relativement marginal.

# K31 + GP11: corrections en élévation pour le vent longitudinal

m/s	2	4	6	8	10
550					*
600					*
650				*	*
700			*	*	*
750			*	*	*
800		*	*	*	*
850		*	*	*	**
900		*	*	**	**
950	*	*	*	**	**
1000	*	*	**	**	***



# Le vent latéral

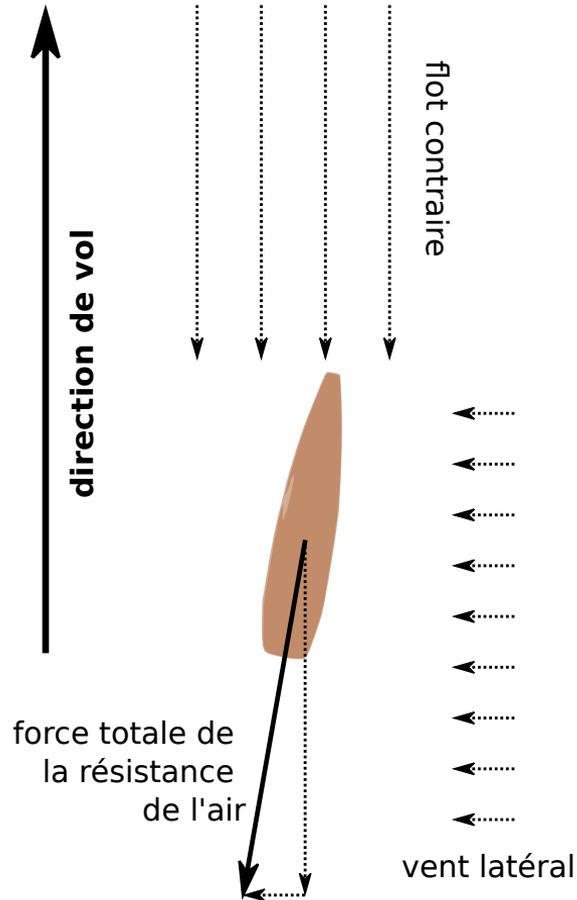
- Dévie la balle sur le coté, provoque la dérive horizontale (Merci, Capitaine Evidence!)
- Ce qu'on a tendance à s'imaginer:
  - Le projectile avance le long de la trajectoire
  - Le vent lui souffle de coté et l'écarte du droit chemin
  - Donc, plus le projectile passe du temps en vol, plus il est dévié
- Cette image intuitive et les conclusions intuitives qu'on en tire sont fausses.

# Le nez au vent

## Stabilisation par rotation

La balle ne pointe pas dans la direction du vol, mais (nuance importante!) contre le flot de l'air, comme une girouette

NB: L'angle sur le dessin est exagéré; une balle à 700 m/s dans un vent latéral de 4 m/s est tournée seulement de  $\sim 0.33^\circ$



# La mécanique de la dérive au vent

- Le ralentissement de la balle dû à la résistance de l'air et la dérive au vent sont le seul et même phénomène.
- La formule (Isidore Didion, 1859):  
$$D = V * (T - T_0)$$

D – dérive au vent, la valeur recherchée  
V – vitesse du vent  
T – temps de vol  
T<sub>0</sub> – temps de vol hypothétique dans le vide, si il n'y avait pas de résistance de l'air  
(simplement la distance divisée par la vitesse initiale du projectile)
- En d'autres mots, la dérive au vent est proportionnelle au "temps de retard" – la différence entre le temps de vol réel (avec la résistance de l'air) et le temps de vol hypothétique dans le vide.

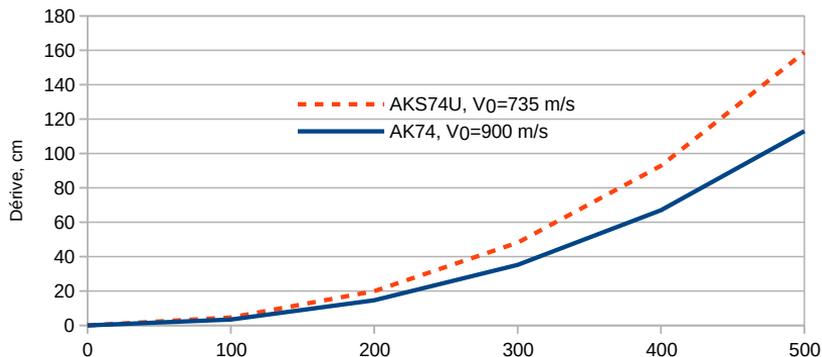


# Per un pugno di pdi

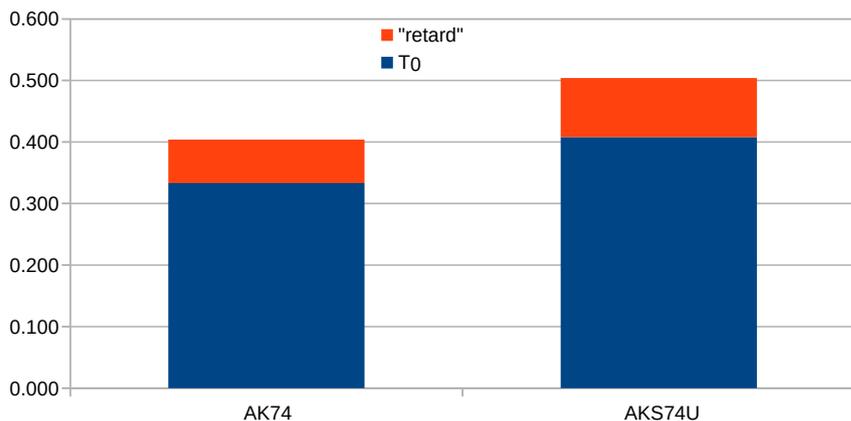
- La dérive est proportionnelle à la vitesse de vent. Un vent deux fois plus fort provoque le double de la dérive. [mention spéciale Capitaine Evidence]
- Dans un vent (et atmosphère) donné, la dérive d'un projectile est déterminée par la vitesse initiale et le coefficient balistique, rien d'autre.
- Pour réduire la sensibilité au vent, on peut soit réduire le temps de vol (c. à d. augmenter la vitesse), soit réduire le "retard" = ralentissement dû à la résistance de l'air (c. à d. augmenter le coefficient balistique)

# Vent : influence de la vitesse initiale

Dérive au vent de 5 m/s



Temps de vol jusqu'à 300m, s



- AK74 "full size" vs. AKS74U
- A toutes les distances de tir, la balle plus lente de AKS74U a plus de dérive au vent
- A 100m la différence est de 1.3cm, mais à 300m – c'est déjà 13cm
- Avec une différence de  $V_0$  de 22%, la différence de sensibilité au vent à 300m est de 36%



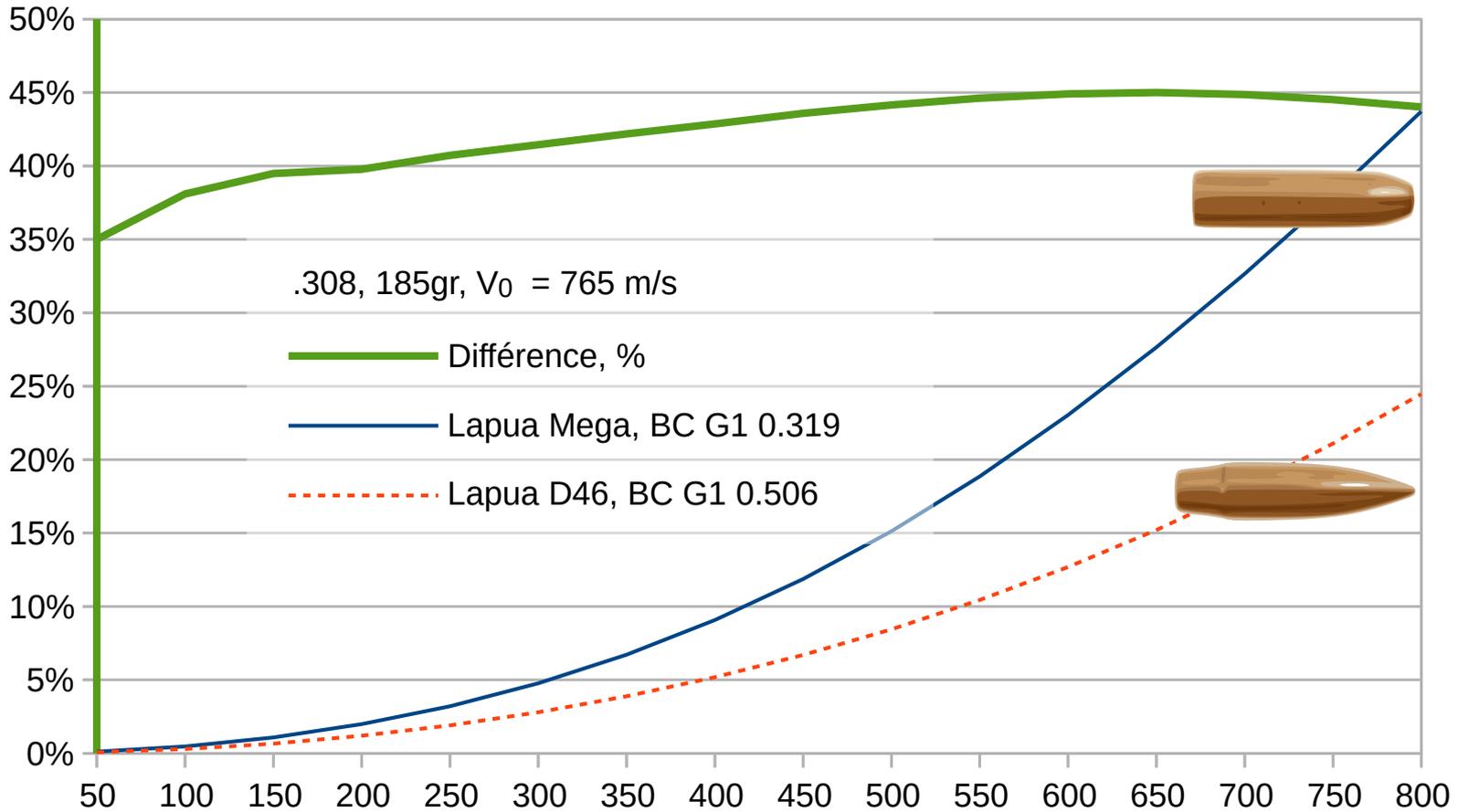
# Vitesse initiale et dérive: à retenir

Pour une augmentation de la vitesse initiale de  $N\%$ , on peut s'attendre à une réduction de sensibilité au vent d'environ  $1\frac{1}{2}$  à  $2 * N\%$ , de plus en plus prononcée jusqu'au transsonique.

Note: pour votre calibre préféré, la réponse plus précise se trouve dans n'importe quelle calculatrice balistique.

Encore une note: AK vs. AKSU, ou encore Fass90 vs. 553SB, sont des exemples assez extrêmes. Dans les longueurs raisonnables de canons pour un calibre donné, la différence de  $V_0$  dépasse rarement les 5%.

# Vent : influence du BC



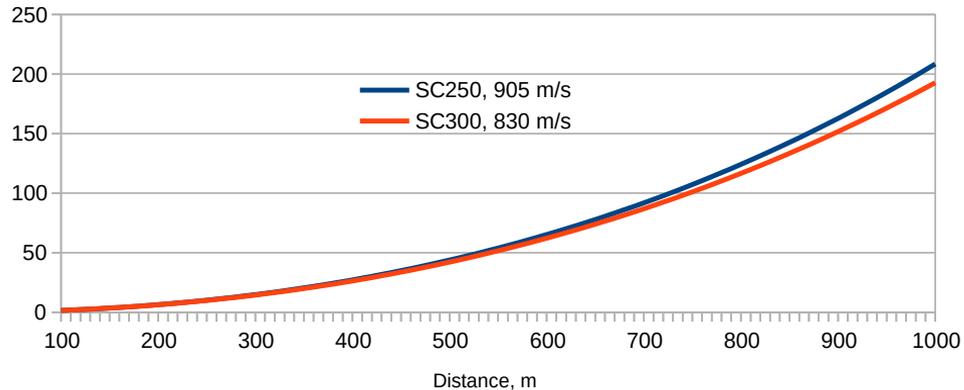
# V0 vs. BC : que choisir ?

- À un moment les limites physique de la forme aérodynamique apparaissent, et le seul moyen d'augmenter le BC est d'augmenter le poids du projectile
- Avec un poids plus grand (et avec la même énergie transmise par la poudre), la balle ira plus lentement (ce qui est négatif pour la sensibilité au vent), mais aussi elle perdra de sa vitesse plus lentement (elle devrait donc accumuler moins de retard – en théorie, c'est positif)
- Est-ce que le jeu en vaut la chandelle?

# Lent et lourd vs. rapide et léger : cas .338

Dérive au vent de 5 m/s, cm

(calibre .338LM)



Lapua Scenar 250gr, BC G7 = 0.320,  $V_0 = 905$  m/s

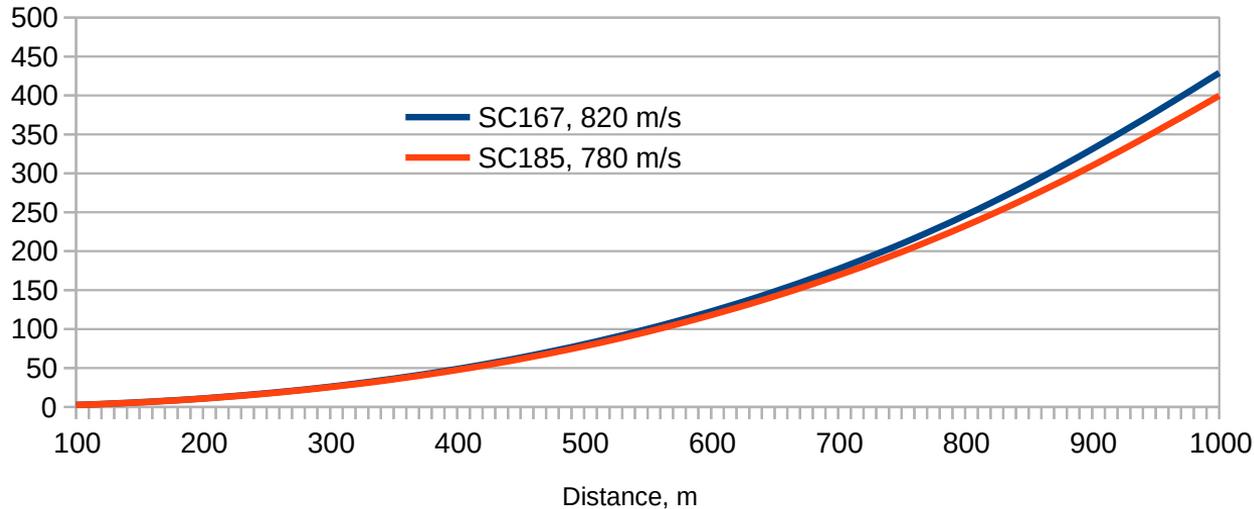
Lapua Scenar 300gr, BC G7 = 0.388,  $V_0 = 830$  m/s

Excellent exemple didactique: dans ce cas les BC sont [à 1% près] proportionnels au poids, l'énergie à la bouche est [à 1% près] la même

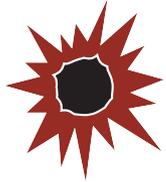
- Un gros BC, effectivement, réduit la sensibilité au vent
- Toutefois, l'effet est assez modeste: avec 20% (!) de différence de BC, la dérive est différente de 4% à ~Mach 2, et de 10% vers le transsonique (Mach 1.2-1.1)
- En chiffres absolus, à 1km de distance (~Mach 1.4) la différence est de 16cm, sur le fond des ~2m de dérive totale

# Lent et lourd vs. rapide et léger : cas .308

Dérive au vent de 5 m/s, cm  
(calibre .308)



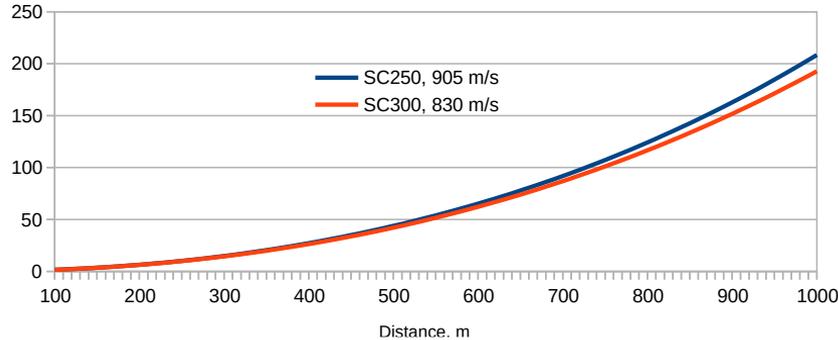
- Même exercice avec la .308:
  - Scenar 167, BC G7 = 0.219,  $V_0 = 820$  m/s
  - Scenar 185, BC G7 = 0.242,  $V_0 = 780$  m/s
- Mêmes constats



# Leçon importante (mais triste)

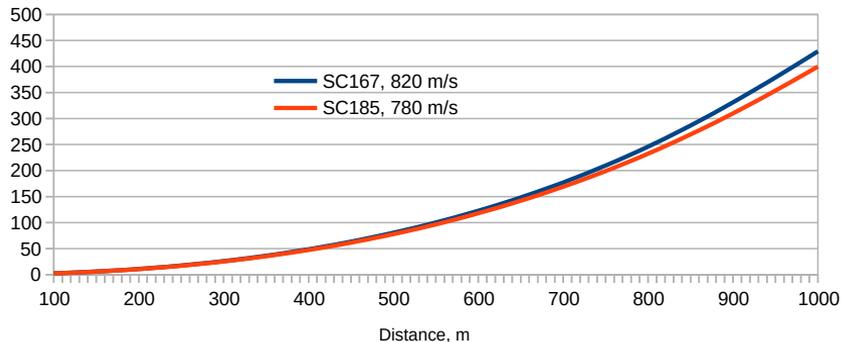
Dérive au vent de 5 m/s, cm

(calibre .338LM)



Dérive au vent de 5 m/s, cm

(calibre .308)

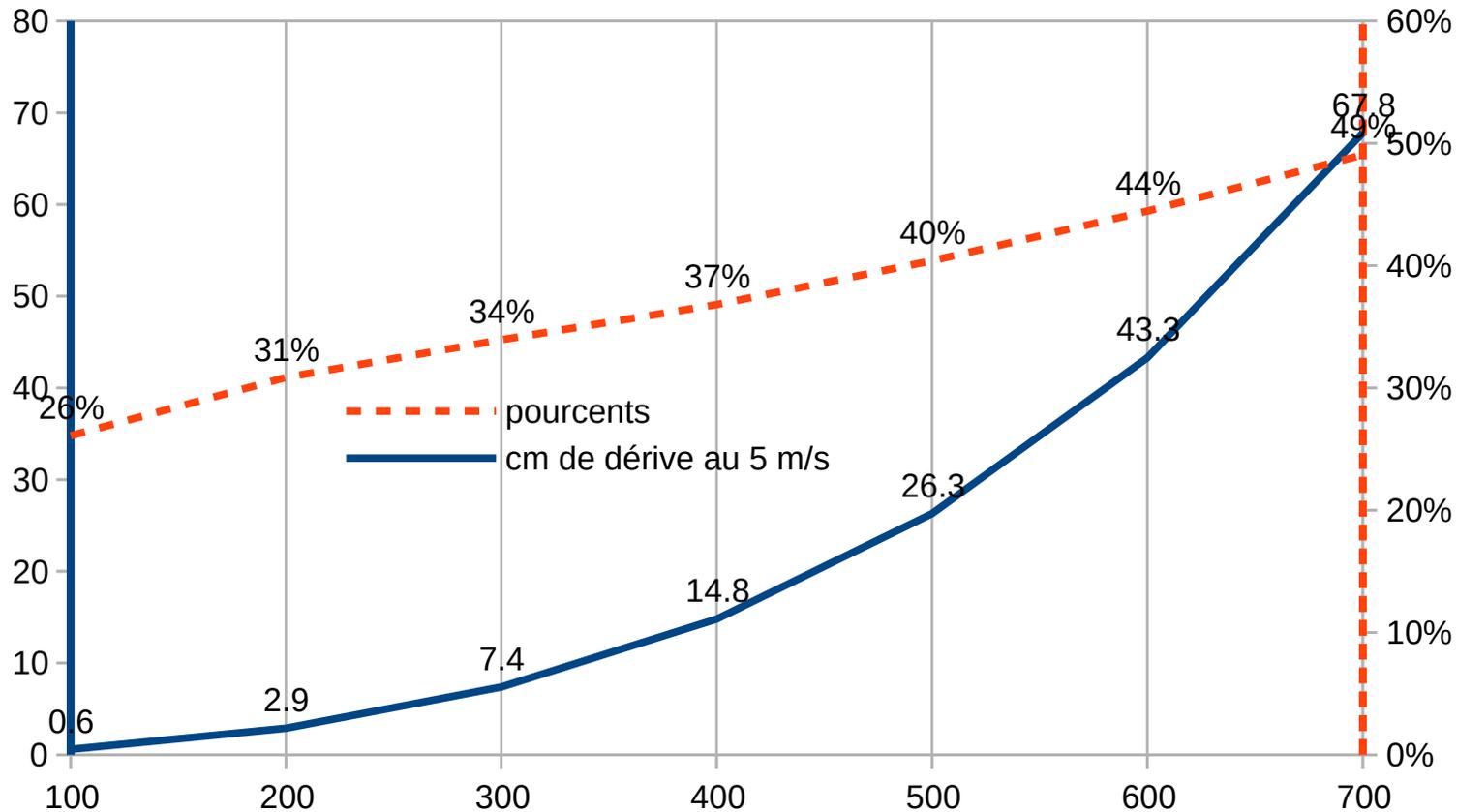


*Notez la différence de l'échelle verticale: 2x !*

Dans le cadre du même calibre, les possibilités de réduire la dérive au vent sont assez limitées. Pour un changement radical, il faut partir sur un autre instrument, avec plus de  $V_0$  et plus de BC.

# Fass 57 vs. Fass 90

(le gros débat d'apéro aux stands 300m)

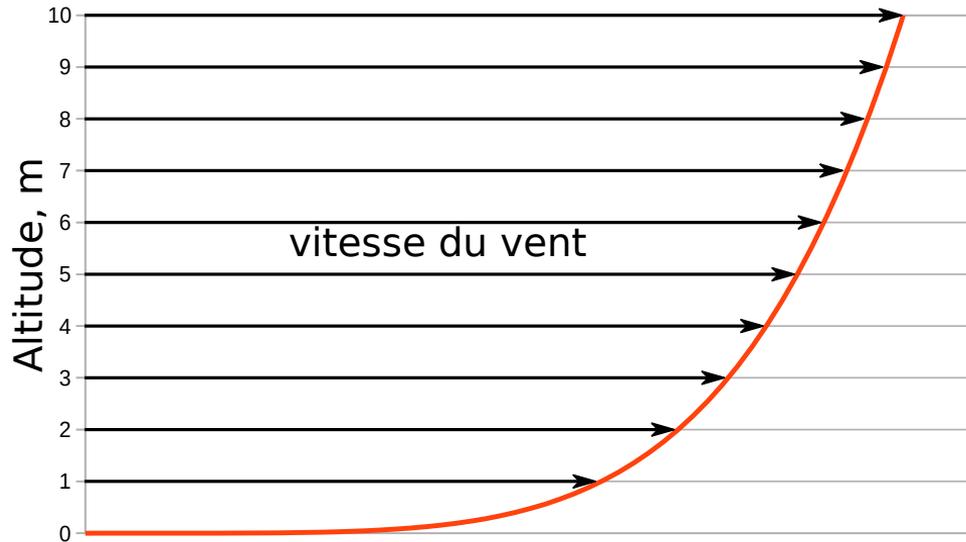


À 300m – effectivement – le Fass90 est d'un-tiers plus sensible au vent

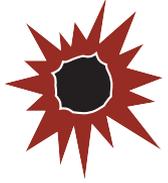
# Que la complication commence!

(jusque là, c'était simple)

# Le gradient vertical de vent



- 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 l'altitude.
- Dépend de la surface: plus raide par-dessus l'asphalte, un champ enneigé, ou un plan d'eau, moins raide par-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 du sol ne soient plus significatifs.



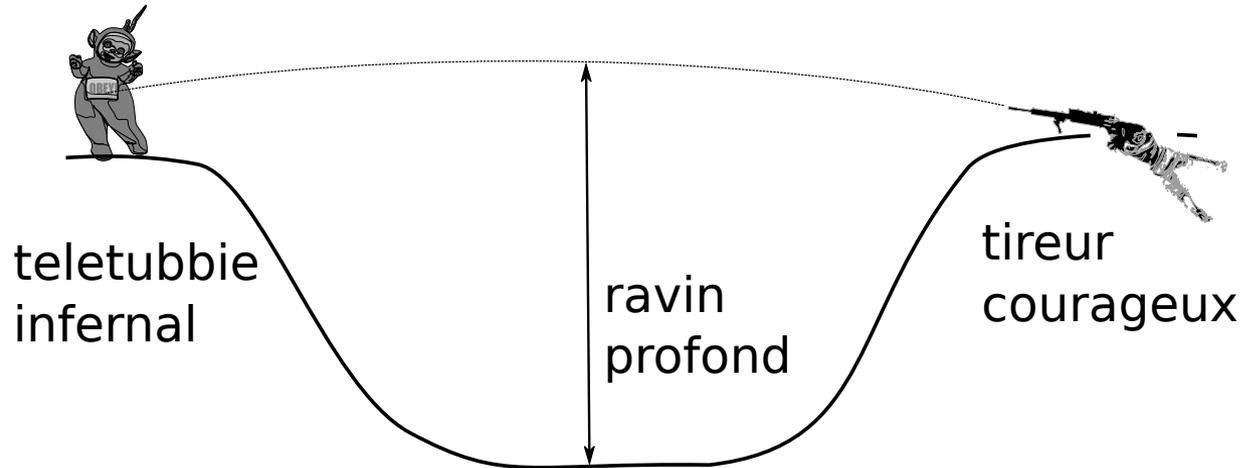
# Le comment de l'anémo

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

# Le gradient en pratique

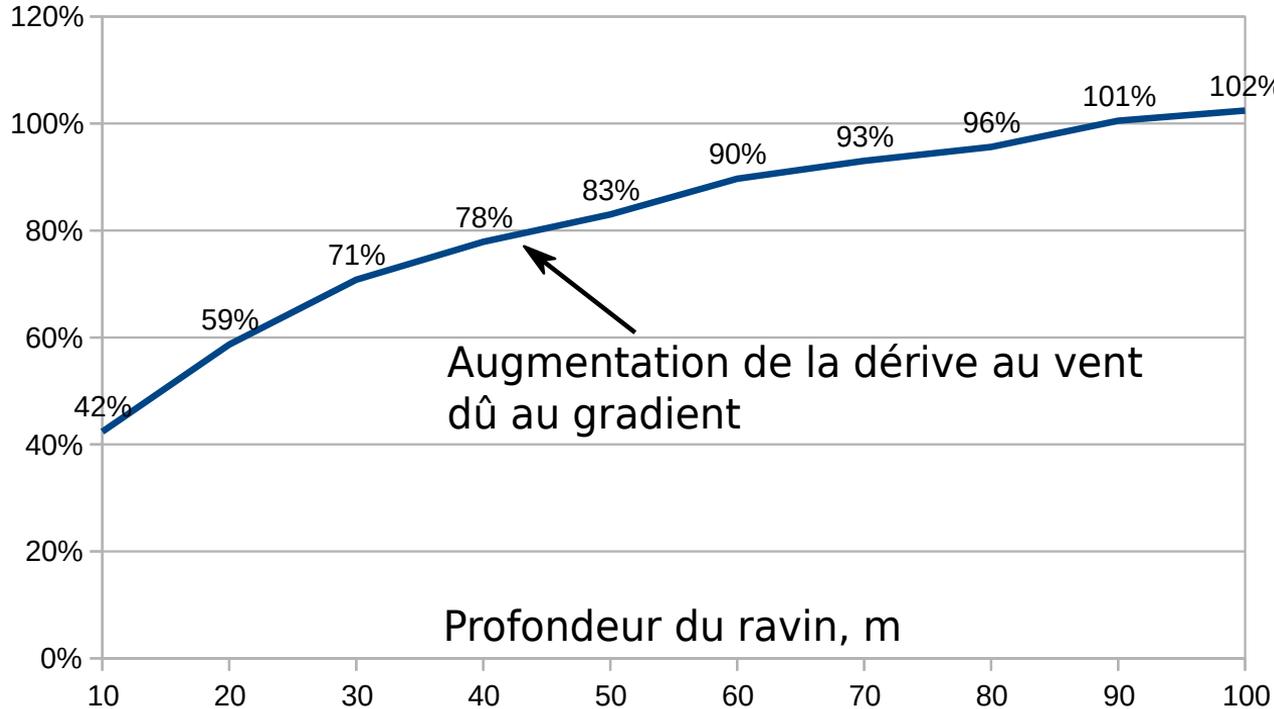
- Exemple: dans de mêmes conditions, le pic de la trajectoire pour les calibres type .308 / GP11 / 7.62x54R à 1000m de distance est de 4.5m à 5m, et à 500m de distance – de 70-80cm. Le vent à ces altitudes est différent.
- Mauvaise nouvelle: l'influence du gradient de vent est difficile à quantifier, 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 2 clics jusque à 1000m (sur le fond de 24 clics de dérive totale). Et sur les distances moyennes ça reste parfaitement négligeable.

# Situation typique

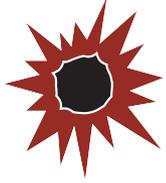


La trajectoire au-dessus du ravin est suffisamment loin du sol pour que l'effet du gradient devienne significatif.

# Résultats de modélisation

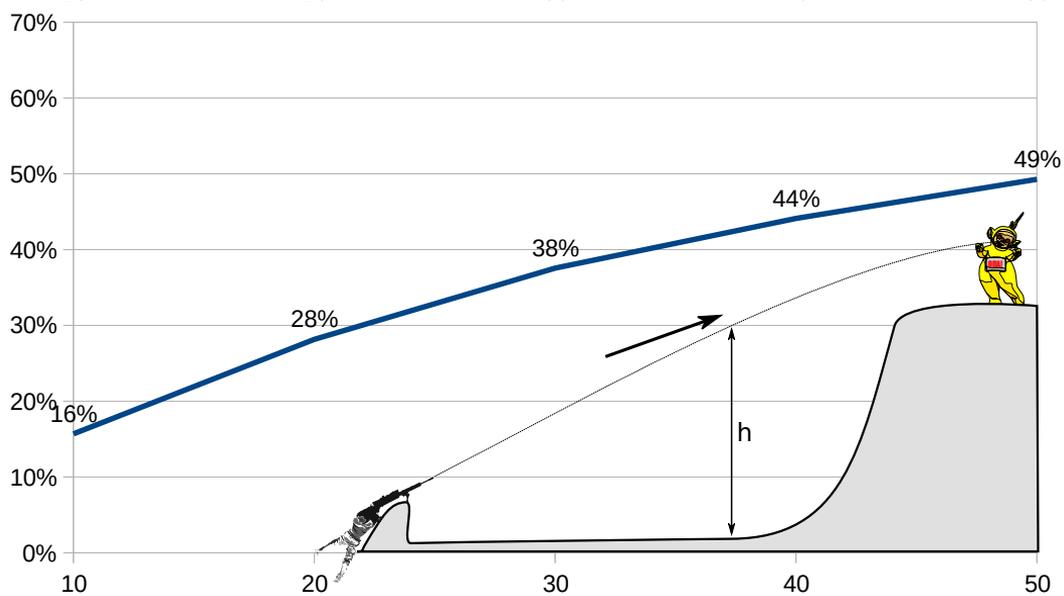
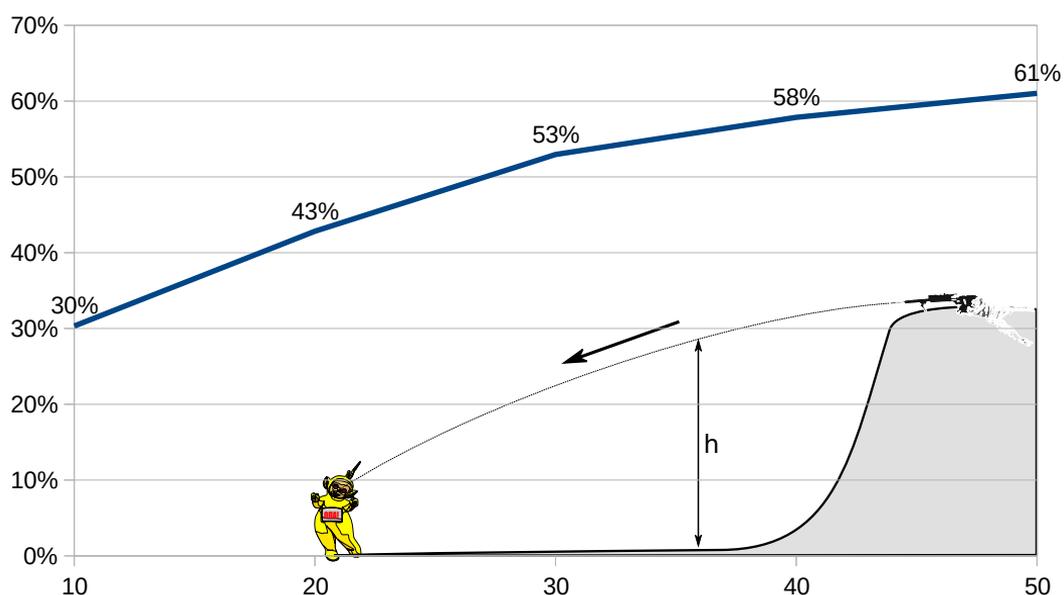


- Un ravin parfait, avec le sol uniformément couvert de végétation
- Le vent parfaitement latéral souffle le long du ravin



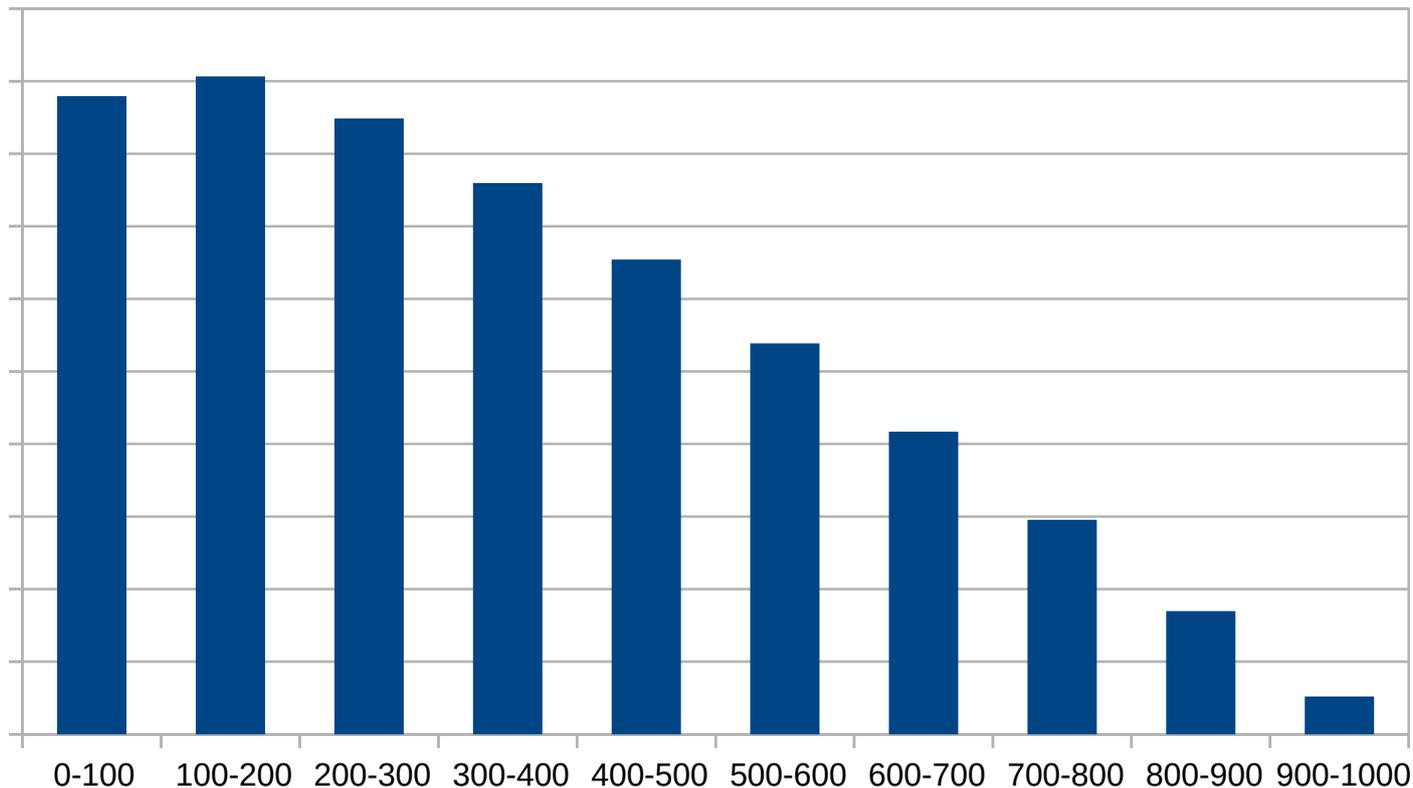
# Par-dessus une vallée

- 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.



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 aux mesures prises sur la position du tireur).

# 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"

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

- 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.

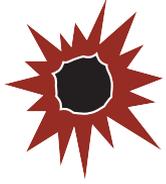
# "Lecture" du vent

- 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



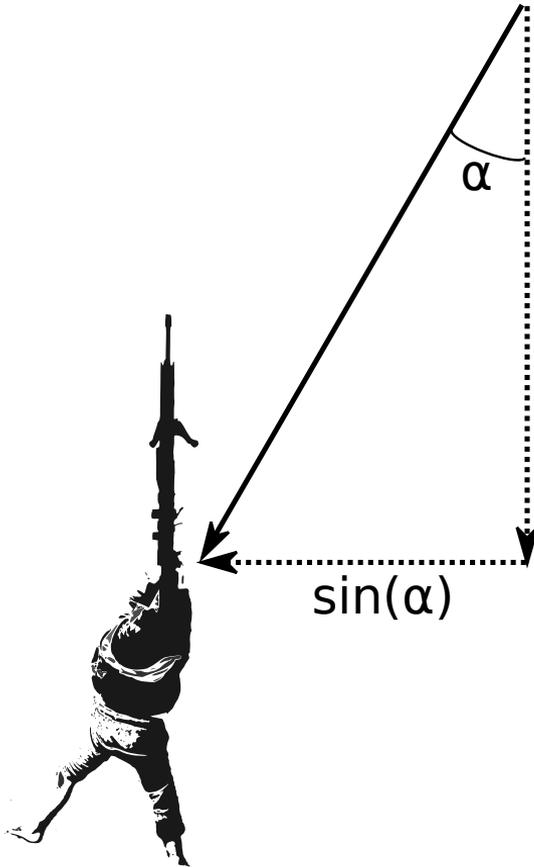
- Commence et se termine à la position du tireur.
- Anémomètres: à partir de \$15-20 pour des chinoiseries, jusque à plusieurs centaines pour les instruments "professionnels".
- La précision est largement suffisante dans tous les cas ( $\pm 0.2$  m/s). L'argent achète le degré de protection contre les phénomènes naturels désobligeants.



# *The return of* le comment de l'anémo

- 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. Parce que :
  - Les anémomètres sont conçus pour mesurer la vitesse du vent dans l'axe de l'hélice. 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.

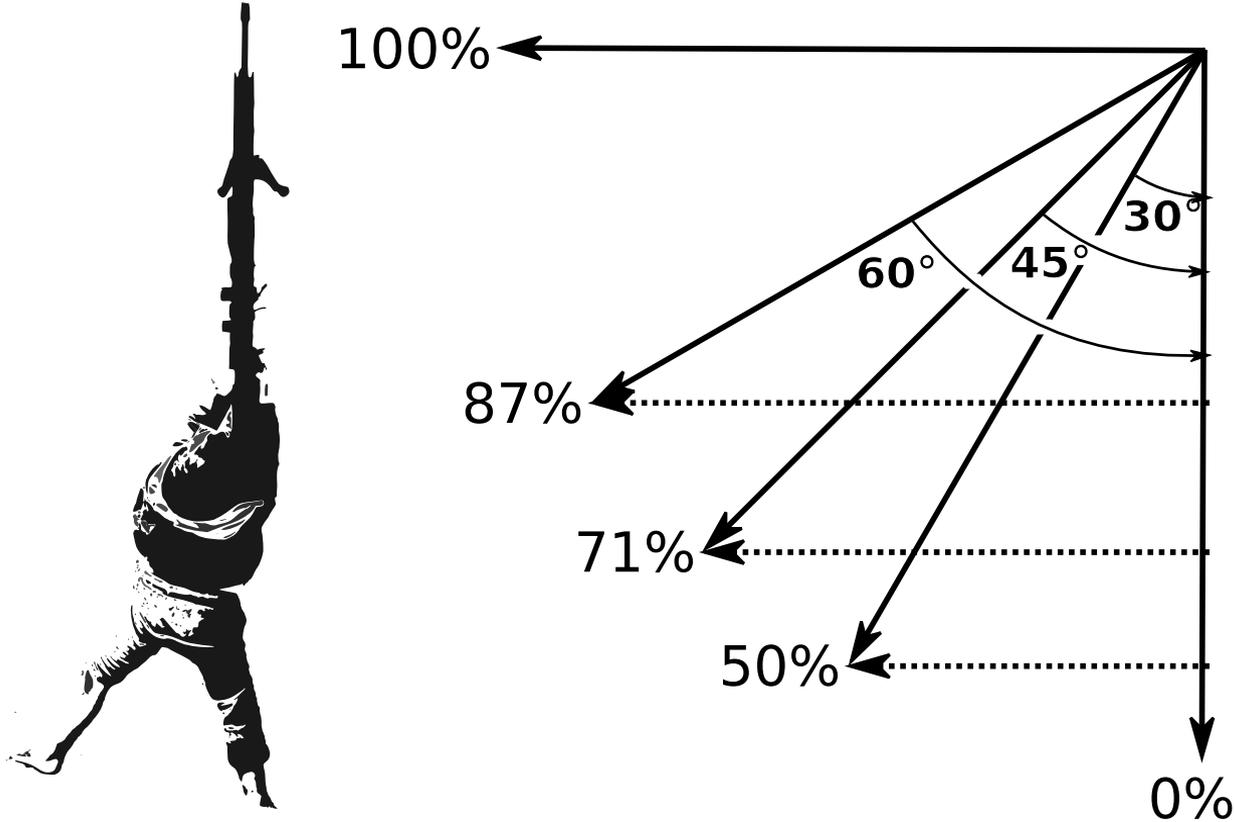
# Trouver la composante latérale



- 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  $\alpha$ , la composante latérale est  $V \cdot \sin(\alpha)$

# Valeurs exemple

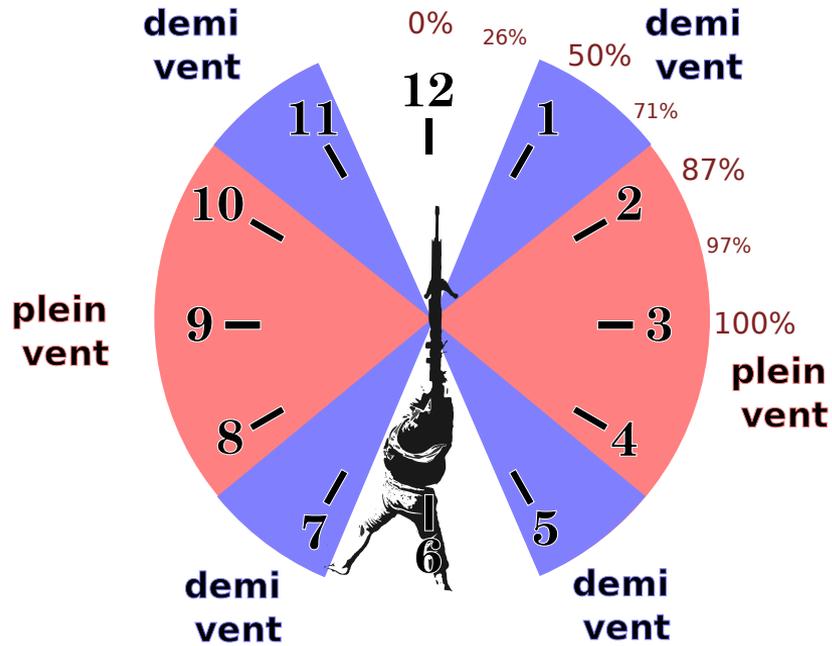
Si on compte le vent de face comme 0%, et le vent latéral de 90° comme 100%



# Problème pratique: D'où sortir le sinus?

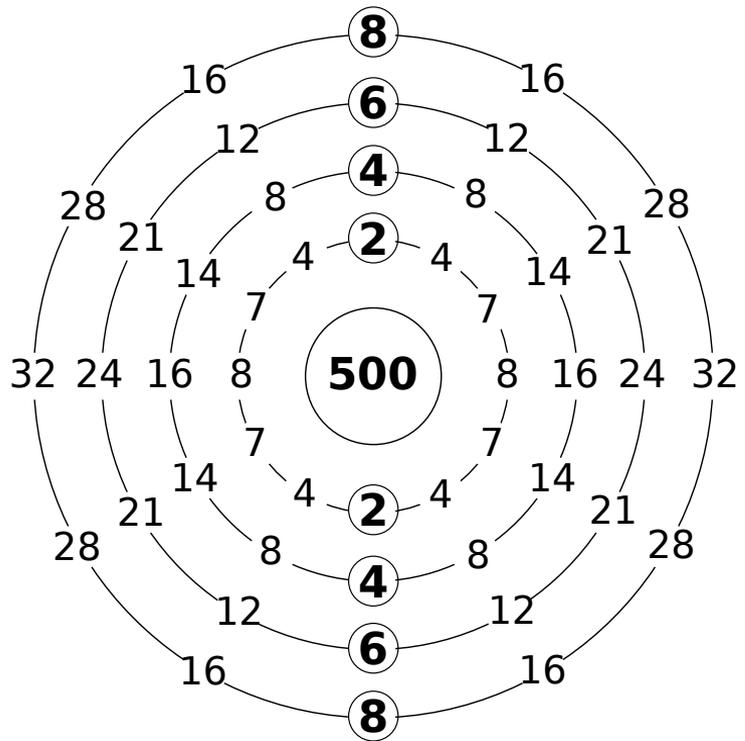
- Certains anémomètres sophistiqués (tir, aéronautique) ont un compas et un petit processeur. On fixe la direction de tir, et on mesure le vent dans l'axe du vent; l'instrument calcule le sinus de l'angle entre deux, et peut directement afficher la composante latérale.
- Les calculettes balistiques électroniques ont aussi cette fonction. Il suffit de donner la vitesse du vent et sa direction.

# Cadran horloge: simplification pratique

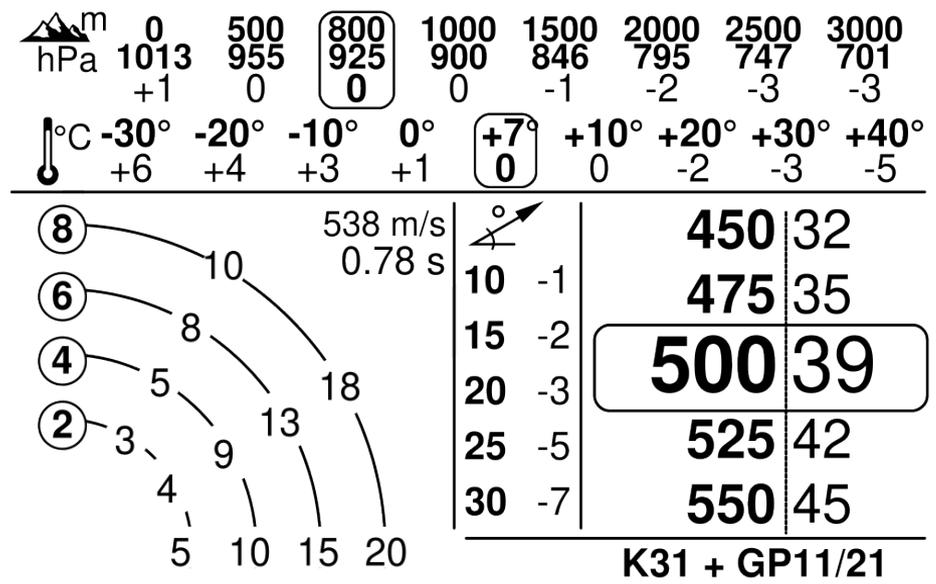


- Direction du canon = 12h
- 12h et 6h – pas de composante latérale
- 1, 5, 7 et 11h (zones bleues) – on compte la moitié
- 2 à 4 et 8 à 10 – on compte plein

# Abaques/éventails/rosettes: le sinus directement dans les cartes balistiques



[Fass90+GP90, ICAO 0m]



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.

# 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.)

# 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

# Sans tir

- Essayer d'estimer le vent, et tout de suite vérifier les estimations avec un anémomètre.
- Simple et très utile; avec des repères connus on arrive vite à une précision de  $\pm 0.5$  m/s
- Après un certain nombre d'essais dans des terrains et conditions météo différents, vient finalement la corrélation avec 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'ait 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 inconvénient – dépendamment des conditions il faut savoir attendre (parfois plusieurs minutes) en position de tir.

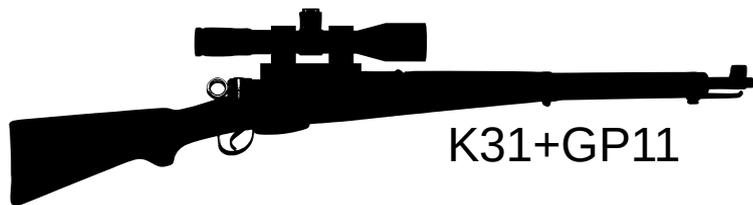
# Autres observations en vrac

## (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° de l'axe de tir (3/4 effet ou moins). Les vents qui sont *presque* dans l'axe sont les plus traîtres.
- De forts 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.

# Il n'y a pas(!) de règle universelle, mais...

Vent latéral de 4 m/s, 400-1000 m



K31+GP11

$$w = \frac{d - 2}{3}$$



Fass90+GP90

$$w = \frac{d - 2}{2}$$

d : distance en centaines de mètres

w : dérive en millièmes

Exemple :  
distance = 800 m  
d = 8

K31 :  
dérive estimée :  
 $w = (8 - 2) / 3 = 2$  mil  
= 20 clics  
(vraie dérive : 18 clics)

Fass90 :  
 $w = (8 - 2) / 2 = 3$  mil  
= 30 clics  
(vraie dérive : 29 clics)