

# Balles en vol: la balistique extérieure pratique

La science expliquée simplement  
aux tireurs qui ont envie de comprendre

Module 4: le vent  
(4.1: la mécanique de la dérive)

# Premier slide

[Toujours le même.]

# Le seul facteur incalculable!

- La théorie est simple, les formules sont simples, mais en pratique...
- Le vent est le seul paramètre qu'on ne peut pas mesurer, introduire dans une calculette balistique et utiliser le résultat, car
  - Peut être très différent sur la position du tireur et sur la trajectoire;
  - Pas le même à raz le sol et au pic de la trajectoire;
  - Même si on arrivait à tout mesurer (et introduire dans la calculette), ça peut changer à tout moment.
- Des LIDAR capables de mesurer le vent sur toute la trajectoire sont en développement, mais ce n'est pas pour demain (encore moins pour les armes légères – pour l'instant ce genre d'équipement se déplace en camion).



# Première conclusion triste

**4.1.** On ne peut pas calculer l'influence de vent avec précision. On peut seulement:

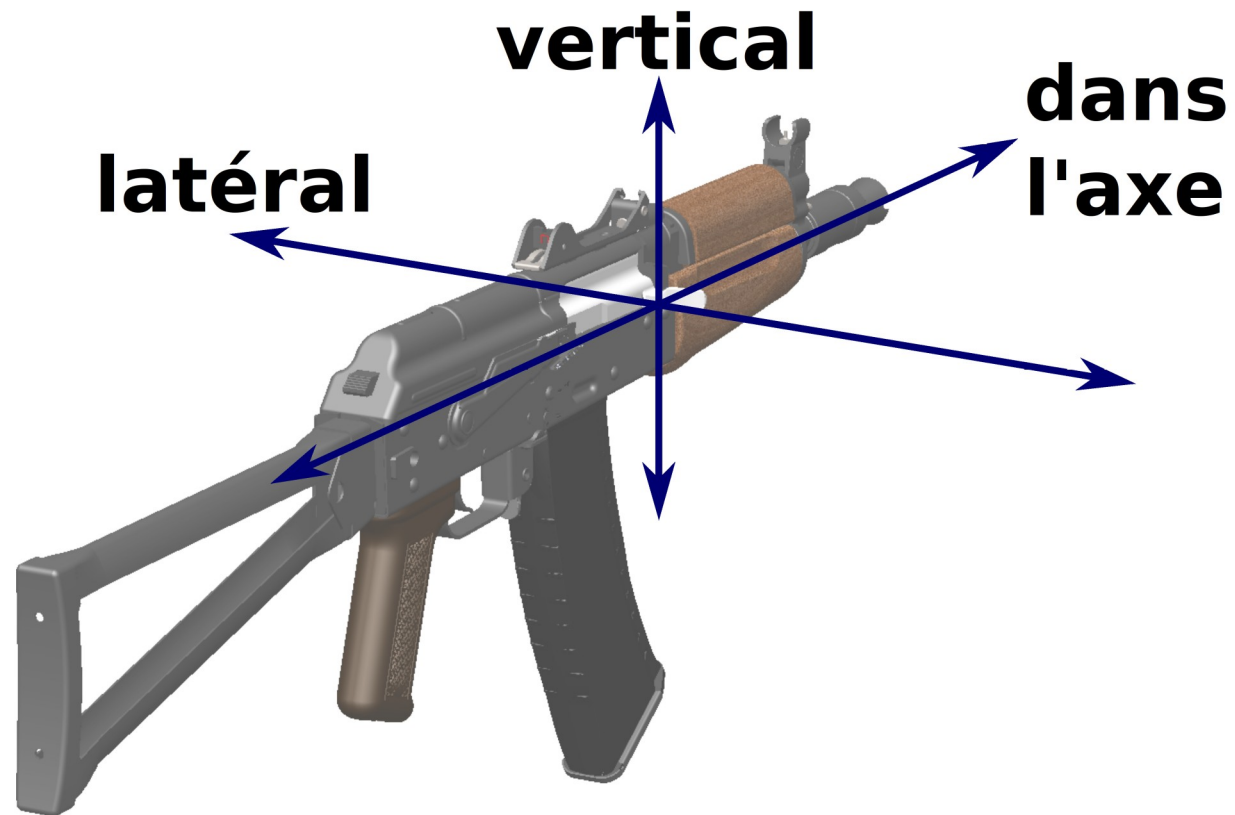
a. apprendre à "lire" le vent, pour minimiser l'erreur avec l'expérience

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 affirmerait avoir fait des corrections pour un vent vertical.
- 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.
- L'influence est souvent surestimée; une calculette balistique peut donner les chiffres pour votre calibre préféré, mais p.ex. pour les calibres du type GP11/.308/7.62x54R
  - Un vent fort de 10 m/s venant de face ou de dos fait 0.15-0.20 mrad de différence en hauteur à 800-900 m.
  - Les mêmes 10 m/s à 600-700 m restent dans le 0.1 mrad.
  - Une brise de 5 m/s reste dans le 0.1 mrad de correction jusque à 1 km

# Le vent dans l'axe: quoi en faire

- Effet mesurable, mais relativement marginal
- Un maniaque de précision peut envisager d'en tenir compte dans les calculs, quand:
  - Le vent est fort
  - La distance est longue
  - La situation et les capacités techniques (p.ex. une calculette balistique) permettent des rapports contraires à la nature avec les diptères pareils
  - On a beaucoup de patience et beaucoup de cartouches, car le tir à longue distance avec un vent très fort (imaginez – seulement la composante longitudinale est déjà de 10 m/s) peut vite tourner en loterie, même pour de très bons tireurs



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

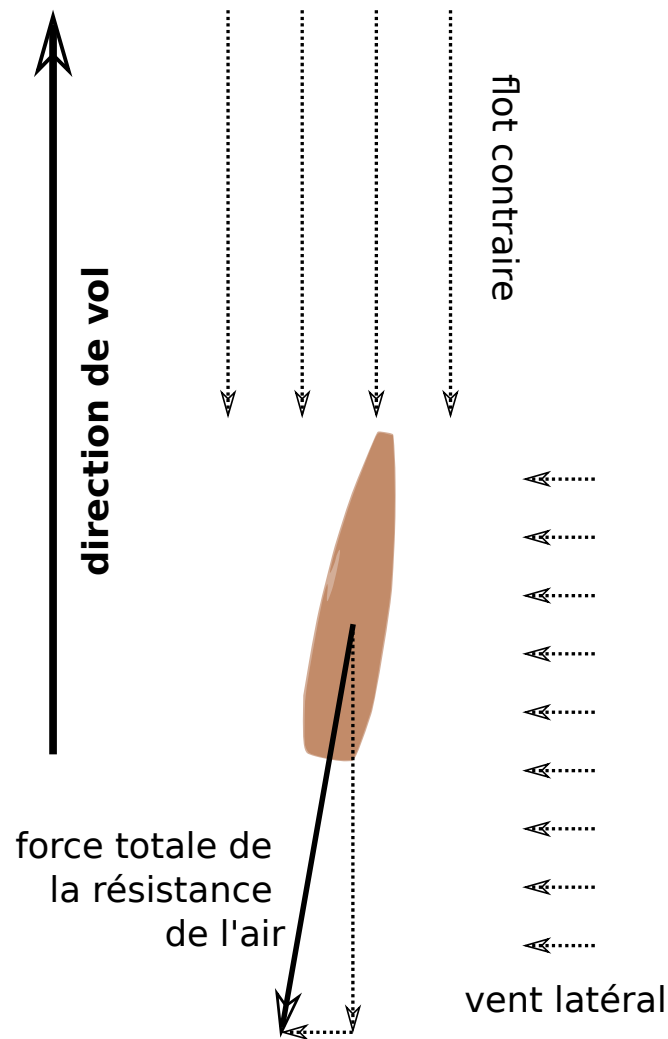
m/s	2	4	6	8	10
m					
550					*
600					*
650				*	*
700			*	*	*
750			*	*	*
800		*	*	*	*
850		*	*	*	**
900		*	*	**	**
950	*	*	*	**	**
1000	*	*	**	**	***

- Clics de 0.1 mrad
- Atmosphère standard armée suisse
- Une calculette balistique fait facilement la même chose pour votre matériel préféré

# 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 fonce le long du trajectoire
  - Le vent lui souffle dans le coté et le pousse du droit chemin
  - Donc, plus il passe du temps en vol, plus ça dévie
- Cette image intuitive et les conclusions intuitives 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 (Isidor 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

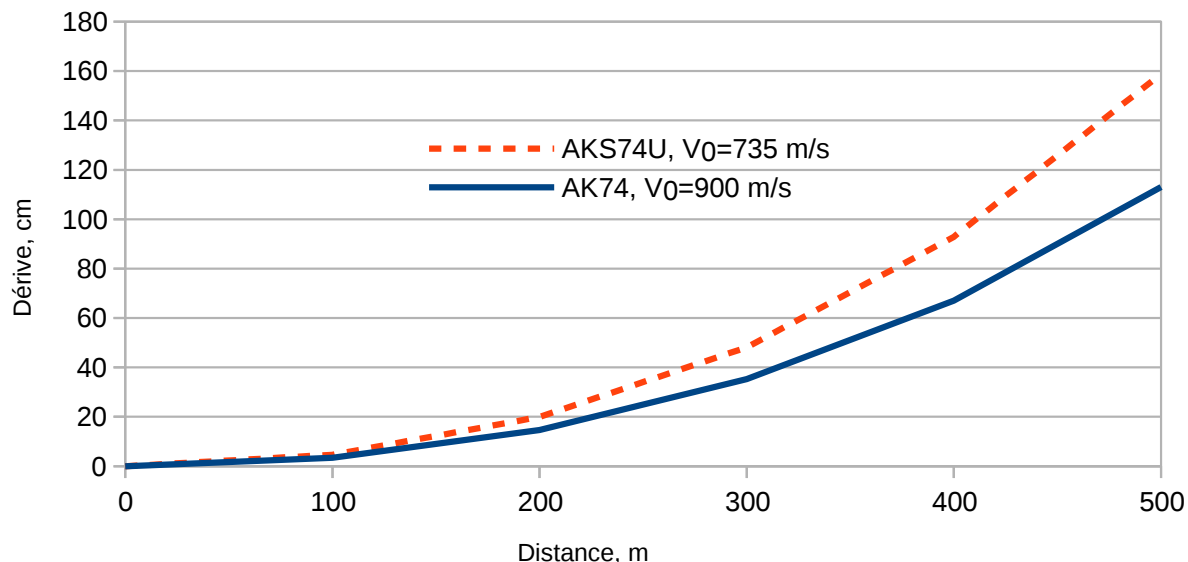
**4.2.** La dérive est proportionnelle à la vitesse de vent. Un vent deux fois plus rapide dévie la trajectoire deux fois plus. [mention spéciale Capitaine Evidence]

**4.3.** Dans un vent (et atmosphère) donné, la dérive au vent d'un projectile est déterminée par la vitesse initiale et le coefficient balistique, rien d'autre.

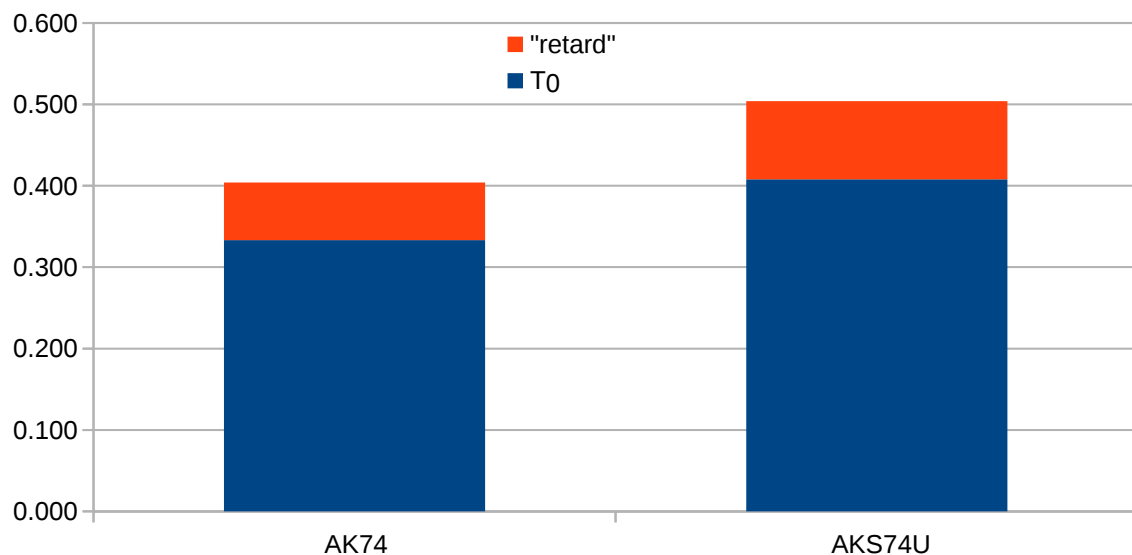
**4.4.** Pour réduire la sensibilité au vent, on peut soit réduire le temps de vol (c. à d. augmenter la vitesse), soit réduire le "retard" = ralentissement dû à la résistance de l'air (c. à d. augmenter le coefficient balistique)

# 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

**4.5.** 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 jusque au transsonique.

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

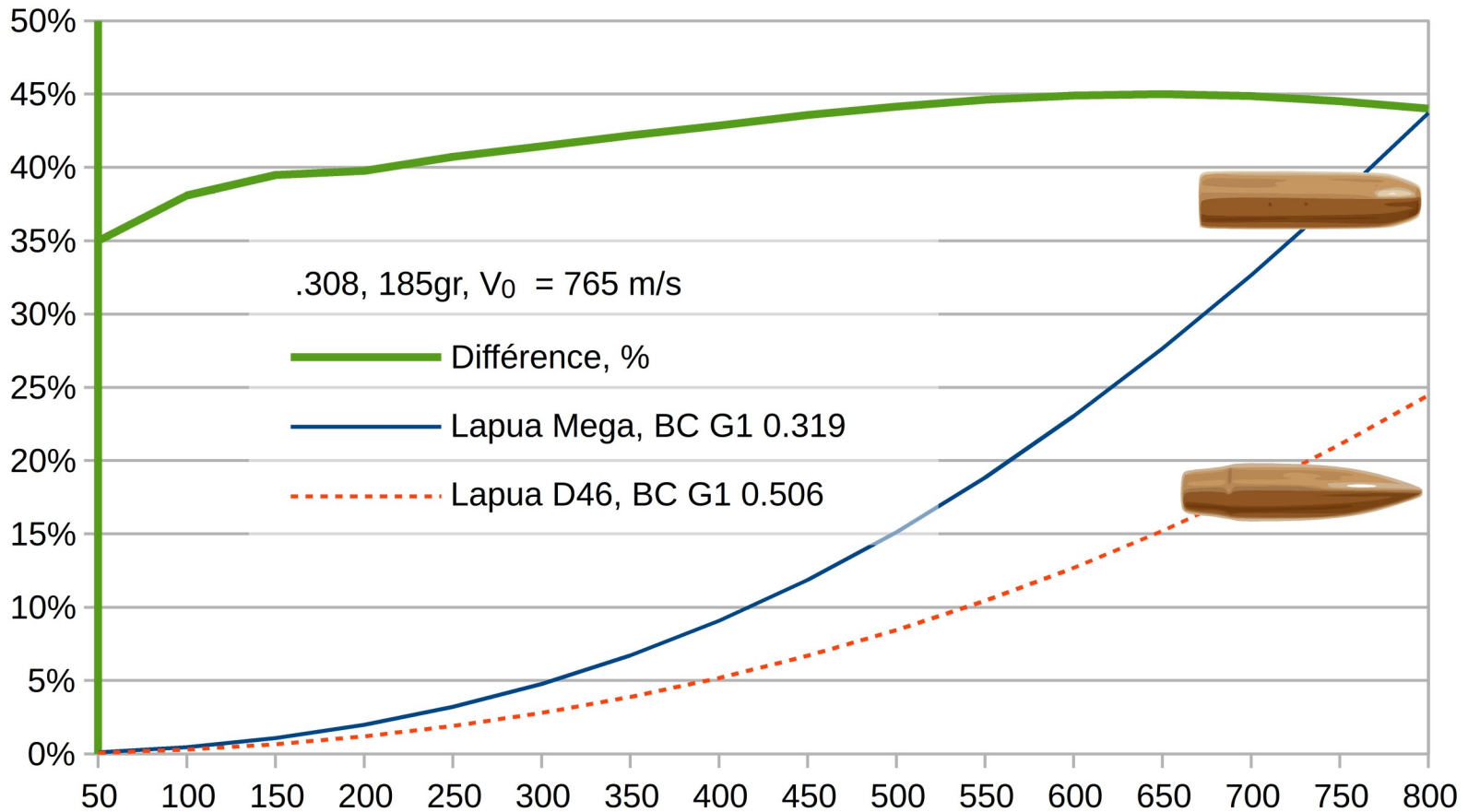
Encore une note: AK vs. AKSU, ou encore Fass90 vs. 553SB, sont des exemples assez extrêmes. Dans les longueurs raisonnables de canons pour un calibre donné, la différence de  $V_0$  dépasse rarement les 5%.

# Et si augmenter la vitesse n'était pas possible...

- Plus de  $V_0$  = moyen efficace mais qui a ses limites: pression maximale dans la chambre (et l'usure y associée), longueur maximale efficace du canon
- Solution: au même poids et à la même  $V_0$  prendre un projectile plus aérodynamique, pour augmenter le coefficient balistique



# Dérive au vent: même calibre, même $V_0$ , même poids, mais pas le même BC



# Et si augmenter le BC avait un prix?

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

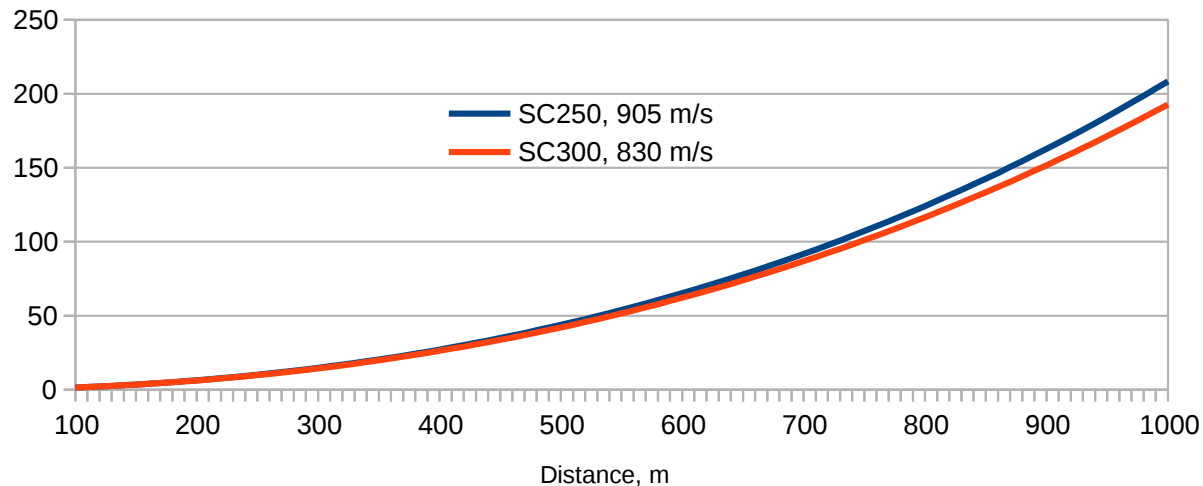
# Lent et lourd vs. rapide et léger (le match retour)

- Suite de la dispute entre Raoul et Théodore: chasse au Télétubbie Infernal au .338LM; cartouches manufacturées Lapua
- Raoul: Lapua Scenar 250gr
  - BC G7 = 0.320
  - $V_0 = 905$  m/s
- Théodore: 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

# Gros BC vs. vent: cas du .338

Dérive au vent de 5 m/s, cm

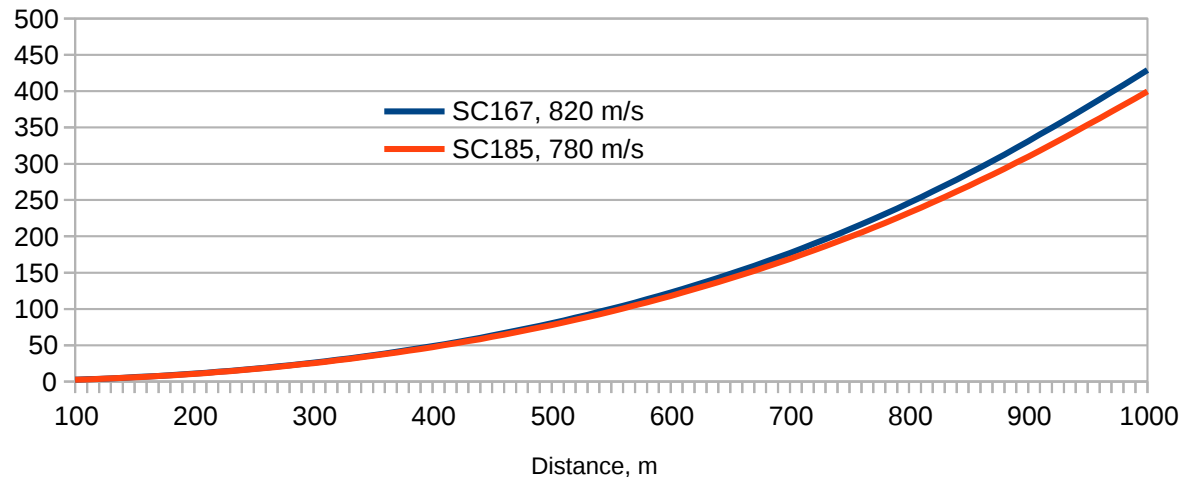
(calibre .338LM)



- 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

# Gros BC vs. vent: cas du .308

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



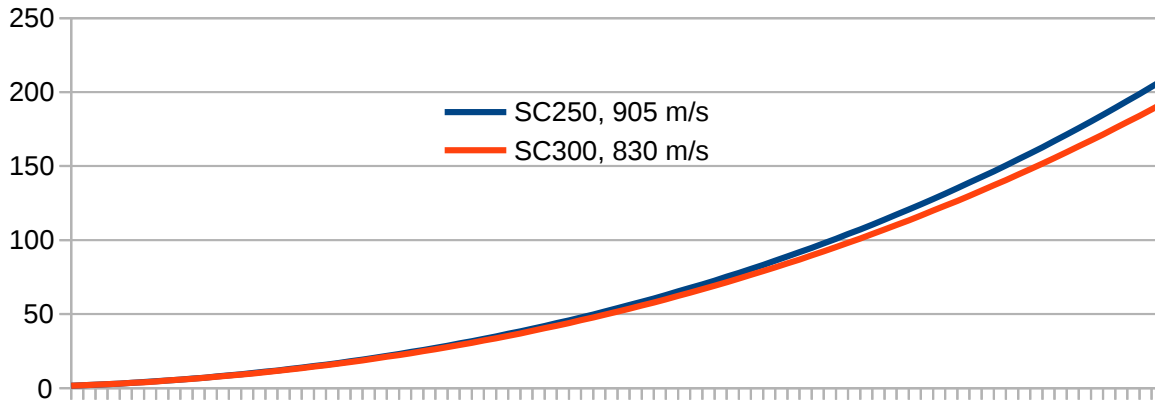
- Même exercice avec la .308:
  - Scenar 167, BC G7 = 0.219,  $V_0 = 820$  m/s
  - Scenar 185, BC G7 = 0.242,  $V_0 = 780$  m/s
- Mêmes constats



# Leçon importante (mais triste)

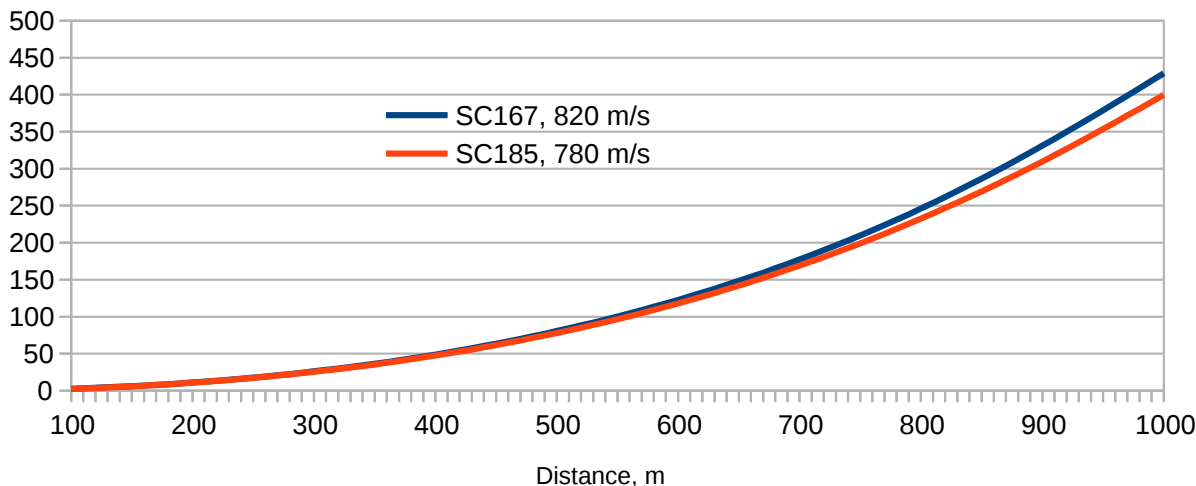
Dérive au vent de 5 m/s, cm

(calibre .338LM)



Dérive au vent de 5 m/s, cm

(calibre .308)

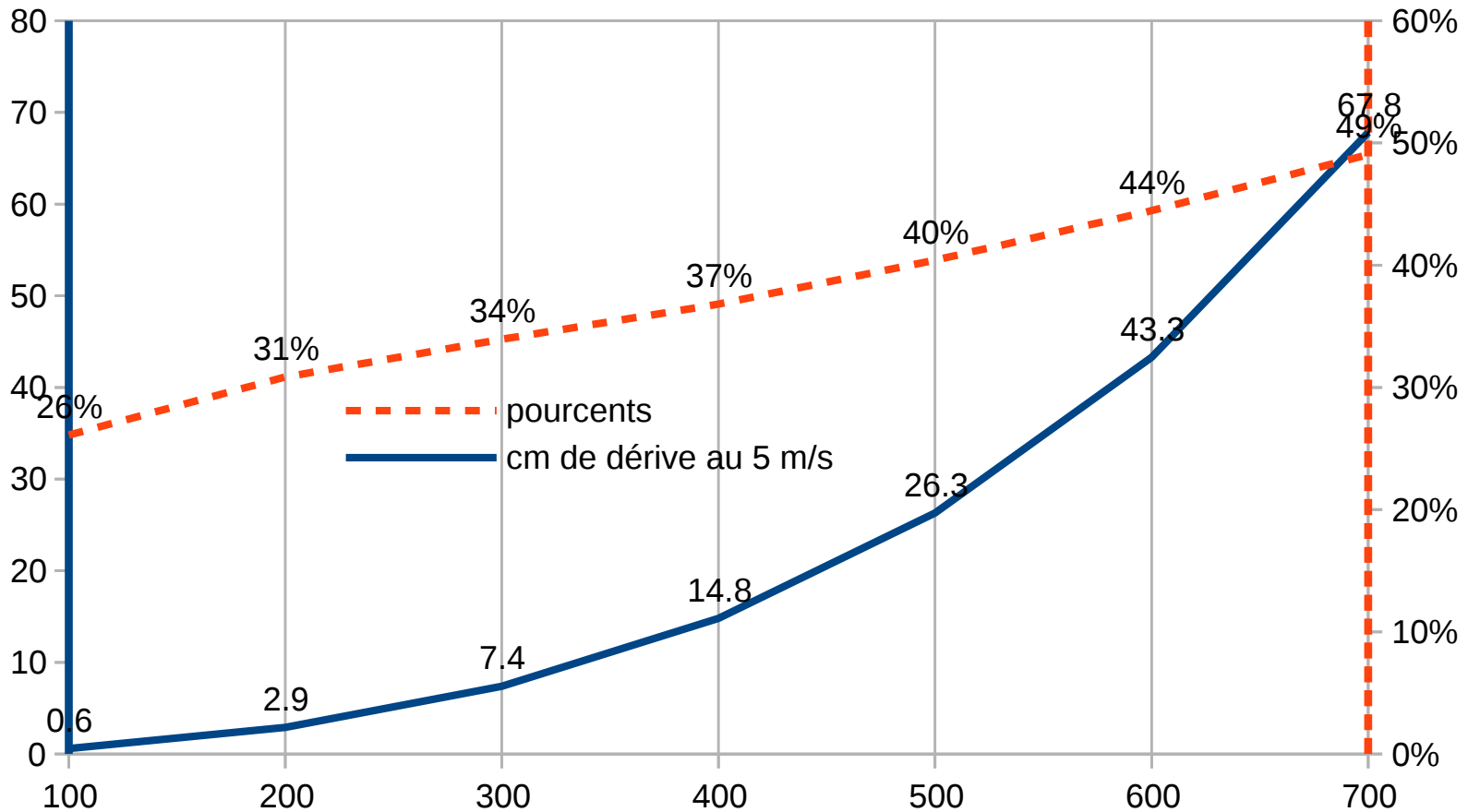


*Notez la différence de l'échelle verticale: 2x !*

**4.6.** 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 au stands 300m)



À 300m – effectivement – c'est d'un tiers plus sensible au vent