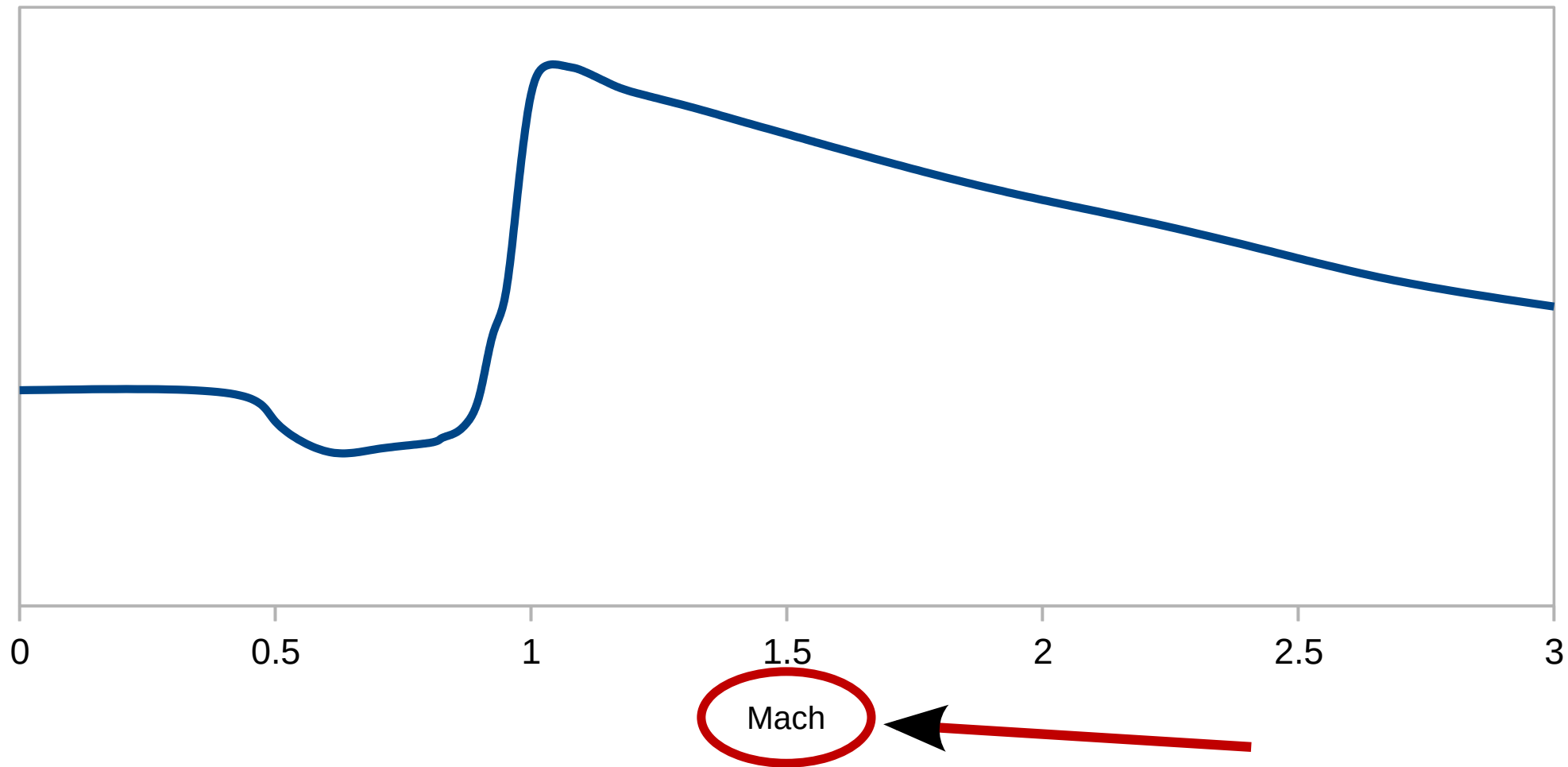


# Balles en vol: la balistique extérieure pratique

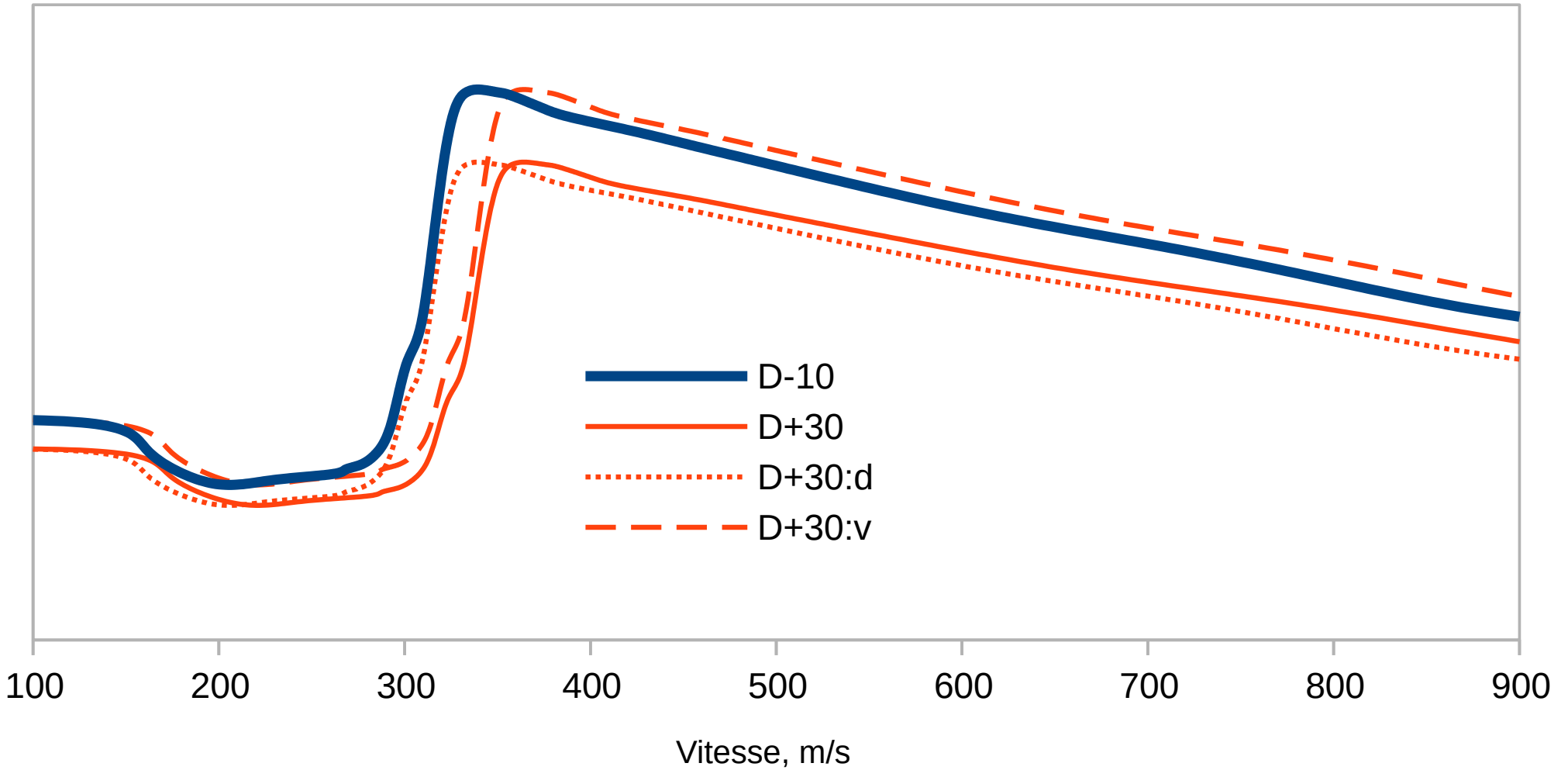
La science expliquée simplement  
aux tireurs qui ont envie de comprendre

Module 6: l'atmosphère  
(6.3 la température)

Coefficient de traînée (Cd), Lapua Scenar 7.62, 10.85g



# Coefficient de traînée, influence de la température





[pas de surprise]

**6.12.** À des températures plus élevées, la balle rencontre moins de résistance en vol. Le point d'impact est donc plus élevé.

# "Altitude-densité" ?

- Conditions observés (P, T)
- Correspondent à une densité de l'air D
- L'altitude-densité est l'altitude dans le modèle d'atmosphère standard, où on retrouve la même densité de l'air D
- Certaines stations météo peuvent donner ce chiffre directement, et certaines calculatrices balistiques l'acceptent comme paramètre unique qui décrit toute l'atmosphère
- On suppose alors que la vitesse du son est une valeur standard (parce qu'on ne connaît pas la température)



# L'altitude-densité comme paramètre unique ?

**6.13.** Lorsqu'on utilise l'altitude-densité dans un calculateur balistique (au lieu de température et pression séparément), une petite erreur est inévitable, en raison de la non-prise en compte de la vitesse du son par rapport à la température.

*Exemple : 1000 hPa (alt. ~100m), +20°C vs. 931,8 hPa (alt. ~700 m), 0°C = même densité de l'air, 1,1884 kg/m<sup>3</sup>, correspond à "altitude densité" 321 m. Pour la Lapua Scenar 7.62/10.85 à 1000 m, la différence de trajectoire (plus ou moins l'erreur potentielle) est d'environ 0.3 mrad.*

**6.13bis.** Cette erreur est minime (pour un gain de temps tout aussi minime).

**6.13ter.** Pour la plupart des poudres (cf. Module 5 – Vitesse initiale), il faut prendre la température en compte de toute manière, à cause des variations de la vitesse initiale.

(bref, "altitude-densité" – je déconseille)

# Température : points de départ

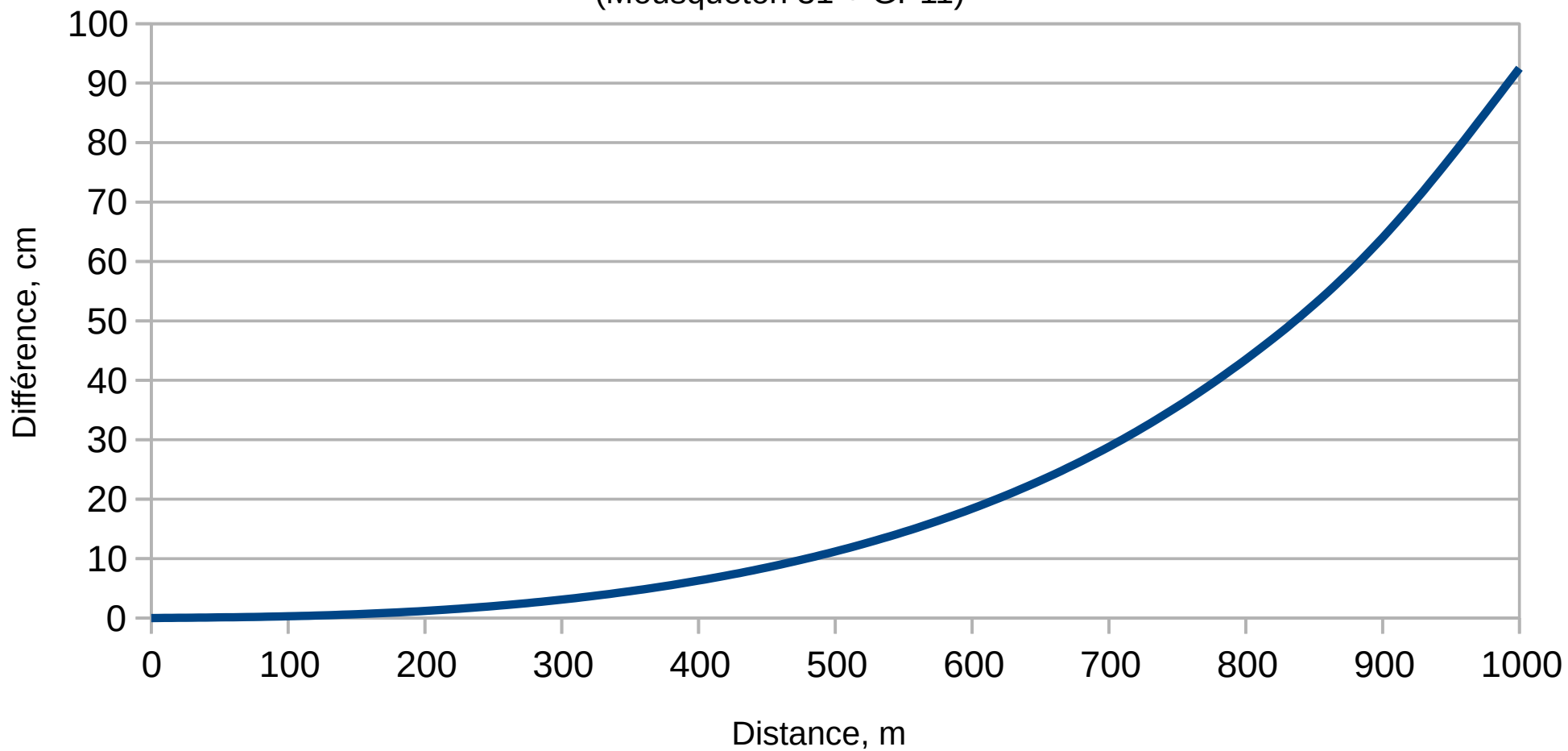
**Mauvaise nouvelle** : comme pour la pression atmosphérique, il n'existe pas de règle simple ou d'heuristique permettant d'estimer "à la main" les corrections de température pour un système d'armes arbitraire.

**Autre mauvaise nouvelle** : la température est un phénomène extrêmement variable.

**[Petite] bonne nouvelle** : dans des climats non extrêmes, à courte distance (jusque à 200-300m) la température n'a que très peu d'influence, et la plupart du temps peut être négligée.

# Différence de trajectoires, +10°C vs. +30°C

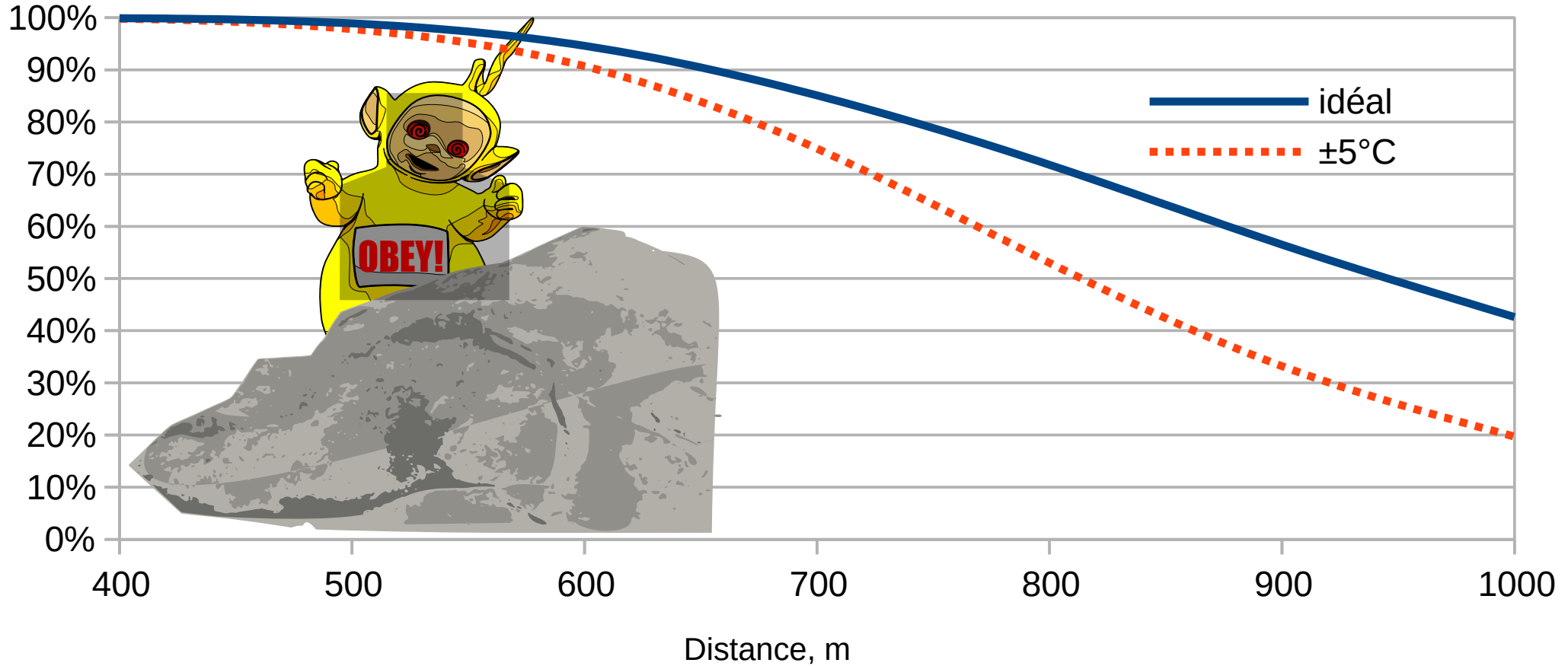
(Mousqueton 31 + GP11)





# Probabilité de toucher la cible de campagne "G" au premier coup

(précision de mesure de la température)



# NOAA Heat Index

H, %	T, °C							
	27	28	29	30	31	32	33	34
40	27	27	28	29	31	33	34	36
45	27	28	29	31	32	34	36	38
50	27	28	29	31	33	35	37	39
55	27	29	30	32	34	36	38	41
60	28	29	31	33	35	38	41	43
65	28	29	32	34	37	39	42	46
70	28	30	32	35	38	41	44	48
75	29	31	33	36	39	43	47	51
80	29	32	34	38	41	45	49	54
85	29	32	36	39	43	47	52	57
90	30	33	37	41	45	50	55	
95	30	34	38	42	47	53		
100	31	35	39	44	49	56		

# Wind Chill (per Siple + Passel)

V, km/h	T, °C						
	10	5	0	-5	-10	-15	-20
<b>0</b>	10	5	0	-5	-10	-15	-20
<b>5</b>	9.8	4.1	-1.6	-7.3	-12.9	-18.6	-24.3
<b>10</b>	8.6	2.7	-3.3	-9.3	-15.3	-21.2	-27.2
<b>15</b>	7.9	1.7	-4.4	-10.6	-16.7	-22.9	-29.1
<b>20</b>	7.4	1.1	-5.2	-11.6	-17.9	-24.2	-30.5
<b>25</b>	6.9	0.5	-5.9	-12.3	-18.8	-25.2	-31.6
<b>30</b>	6.6	0.1	-6.5	-13	-19.5	-26	-32.6
<b>35</b>	6.3	-0.4	-7	-13.6	-20.2	-26.8	-33.4
<b>40</b>	6	-0.7	-7.4	-14.1	-20.8	-27.4	-34.1
<b>45</b>	5.7	-1	-7.8	-14.5	-21.3	-28	-34.8
<b>50</b>	5.5	-1.3	-8.1	-15	-21.8	-28.6	-35.4



# Corps humain = mauvais thermomètre

**6.14.** En dehors de conditions de chambre (15-20°C, à l'ombre et sans vent), les estimations subjectives de la température peuvent être radicalement fausses. La température doit être mesurée avec un instrument et non pas au feeling du corps humain.

# Obstacle principal : mesurer la bonne chose

- Il nous faut la température de l'air sur la trajectoire (et pas celle du corps de l'instrument, du sol etc.)
- Cf. mots-clés "abri météo" ou "abri Stevenson"
- Image très instructive





# Pour ne pas mesurer ce qu'il ne faut pas mesurer

Les capteurs électroniques modernes ont une précision (un  $\sigma$ ) de  $\pm 0.2-0.3^\circ\text{C}$  – largement assez précis pour le tir. Le souci est qu'ils mesurent la température du corps de l'appareil.

**6.15.** Pour prendre la température de l'air, laisser le temps (30 minutes) pour que le corps de l'instrument égalise de température avec l'air ambiant. Le thermomètre doit passer cette demi-heure (1) à l'ombre, (2) loin du sol.

# L'atout magique

- Ne marche qu'avec les appareils à capteur externe
- Les deux thermomètres viennent juste de se retrouver à l'extérieur, celui de droite à subi l'atout
- Atout = tourner l'appareil sur la ficelle, tel une fronde, pendant 30 secondes, et lire les indications tout de suite après
- (ce conseil magique vient de Kestrel)



# Une demi-heure plus tard



tout est stable, divergence maximale =  $0.4^{\circ}\text{C}$  (= rien du tout)  
plus besoin de l'atout





## Thermomètre de poche : le choix décisif

**6.16.** Pour les besoins de TLD, il est préférable de choisir l'équipement au capteur de température externe, car on peut "tourner la ficelle", et en une demi-minute lire des chiffres utiles. Avec les autres modèles, voir **6.15** (pas d'autre choix).

# Que faire si...

**Pas de capteur externe, et pas le temps d'attendre une demi-heure pour tirer** (ou pas d'ombre) : vers l'extérieur du sac à dos, loin du corps, à l'ombre autant que possible et, à moins que vous ne soyez sous les tropiques, avec une bonne réserve de piles. (Pas de recette miracle, vous l'avez compris).

**Pas de thermomètre du tout** : la vie d'un TLDeur est alors difficile (les estimations "au feeling" sont plutôt aléatoires). Parfois, le fameux "piano dans la brousse" se présente : un centre météorologique proche (dans un rayon de 50 km), situé à une altitude connue, qui diffuse son thermomètre en temps réel, et une connexion Internet pour lire ces relevés. Le modèle atmosphérique standard suggère que la température baisse de 6,5°C pour chaque 1000 m d'altitude. L'expérience prouve que c'est vrai - environ 0,65°C tous les 100 mètres.



# Conclusion

**6.17.** La température est le deuxième facteur quantifiable le plus important en TLD, juste après la distance à la cible (et le troisième facteur le plus important, après l'ineffable vitesse du vent).

Après un bon télémètre laser (une priorité absolue pour le TLD, avant même les optiques coûteuses, et tout autre "équipement pro"), un bon thermomètre – pour le prix d'une boîte ou deux de cartouches – permettra d'économiser beaucoup de munitions à l'avenir.