

Balles en vol: la balistique extérieure pratique

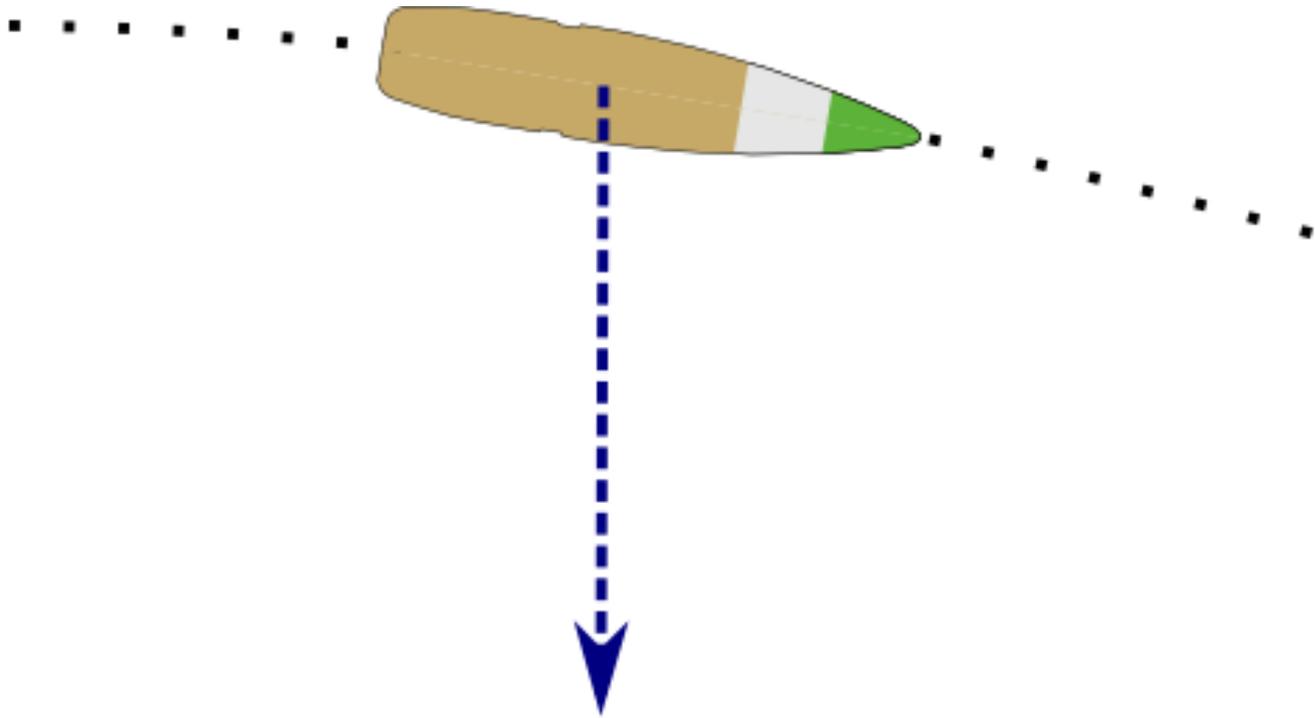
La science expliquée simplement
aux tireurs qui ont envie de comprendre

Module 3: tir incliné

Premier slide

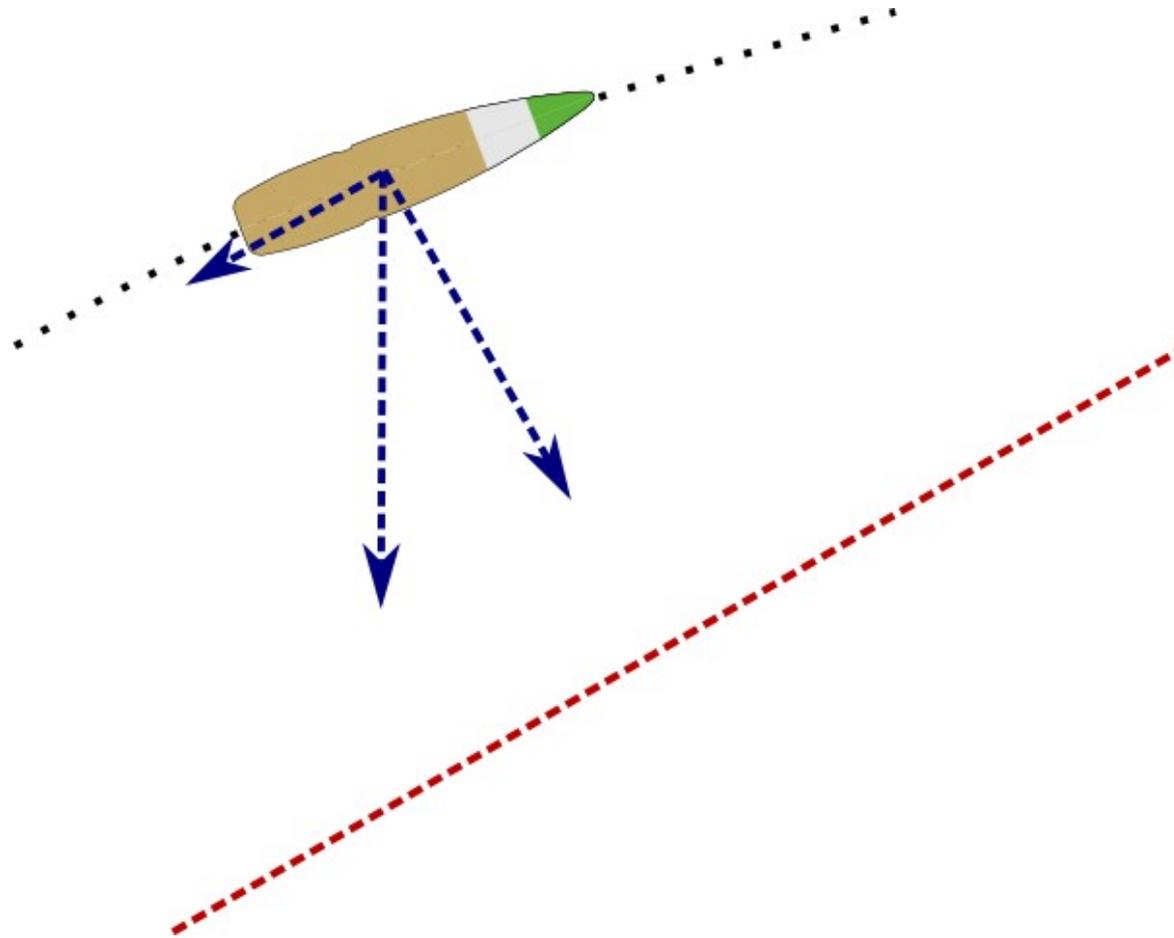
[Toujours le même.]

Trajectoire à plat

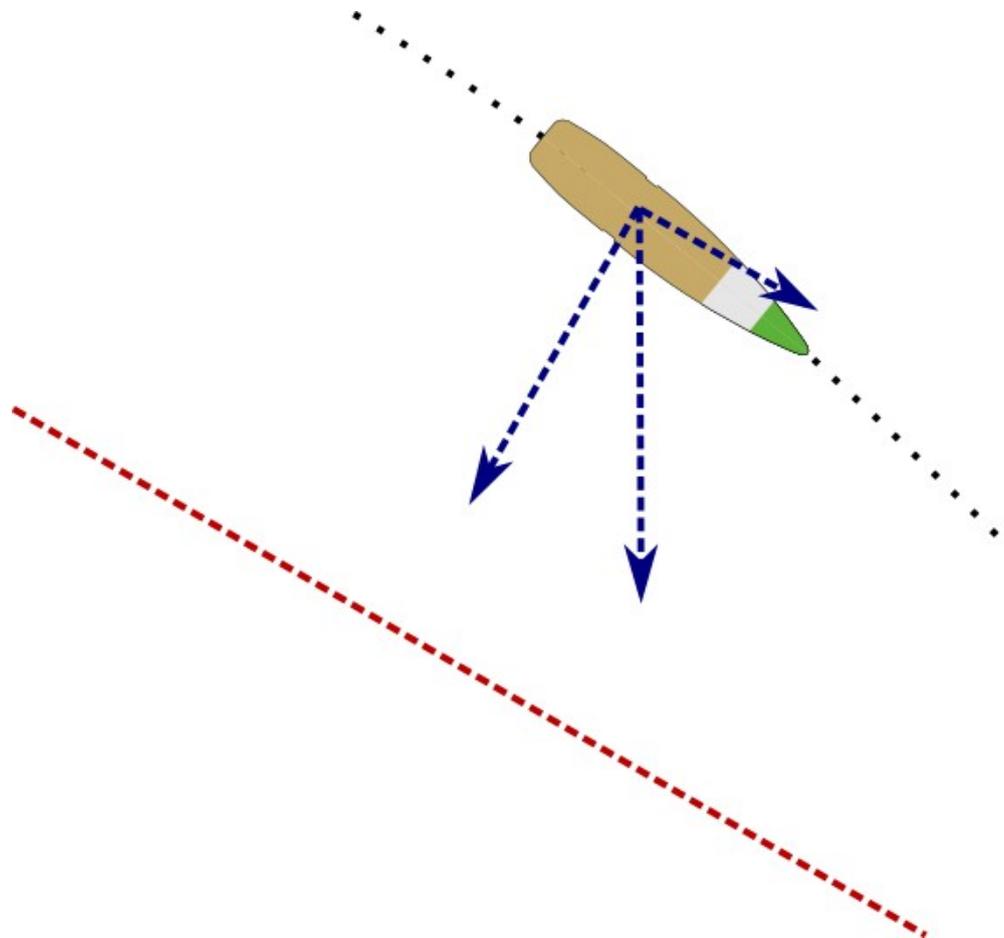


Une .50 Raufoss Mk 211 HEIAP sur son trajet canon -> zombie.

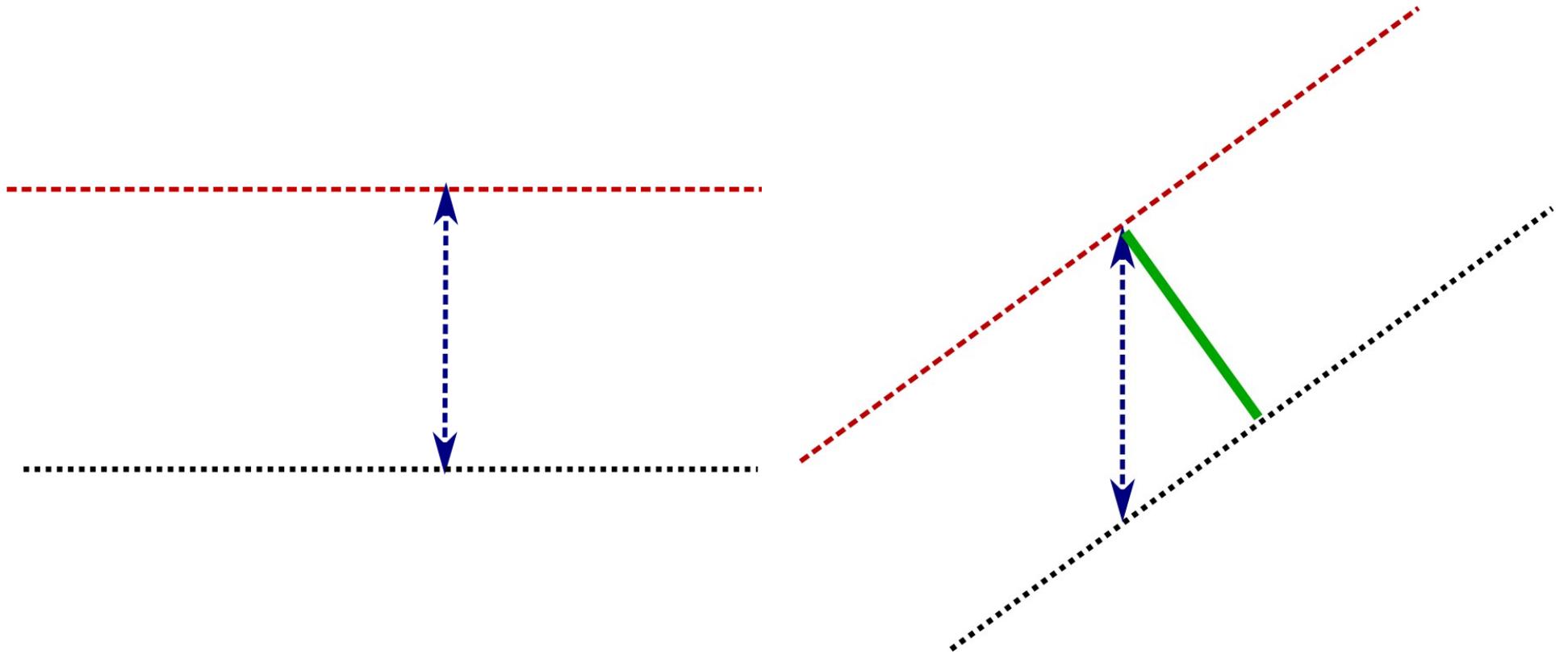
En pente / vers le haut



En pente / vers le bas



Ça tombe toujours la même chose
– juste qu'on le voie différemment



et tout de suite on passe au conclusions (des pdi à la pelle)

3.1. Que l'inclinaison de la ligne de visée soit positive (vers le haut) ou négative (vers le bas) la balle va taper plus haut (par rapport à la ligne de visée) que lors du tir à plat à la même distance.

3.2. La correction de visée à introduire pour un angle d'inclinaison donné est essentiellement la même, qu'on tire vers le haut ou vers le bas

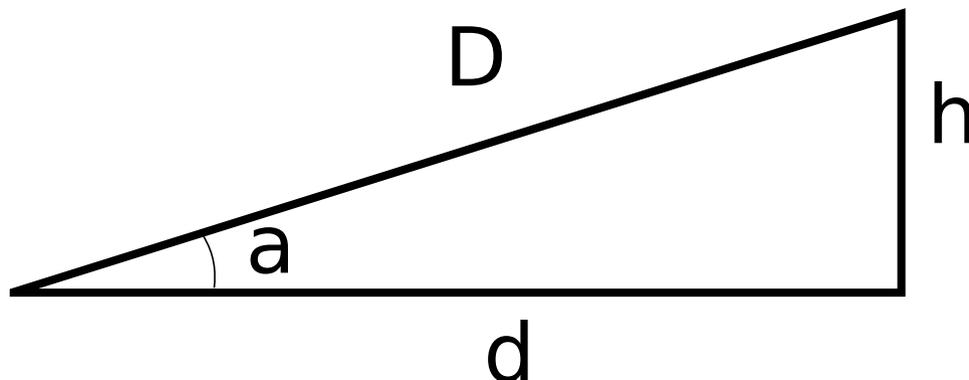
- quand on tire vers le haut, une partie de la force de gravité travaille contre la direction du vol du projectile, mais par rapport à la force de résistance de l'air, l'effet est très marginal
- cet effet est encore compensé par le fait que plus haut l'atmosphère est moins dense (p.ex. si on tire à $+30^\circ$ d'inclinaison à 1km, le but se trouve 500m plus haut que le tireur)
- en définitive, la différence de corrections entre le tir vers le bas, et vers le haut, au même angle, est généralement inférieure à 1 ou 2 clics

± le même angle (illustration du pdi 3.2)

	±10°	±15°	±20°	±25°	±30°	±35°	±40°	±45°	±50°	±55°	±60°
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
550	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
650	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
700	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
750	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
800	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
850	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
900	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
950	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1000	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1

K31/GP11: différence, en clics de 0.1 mrad, de corrections entre le tir en contre-haut et en contrebas au même angle

Rappel trigonométrique



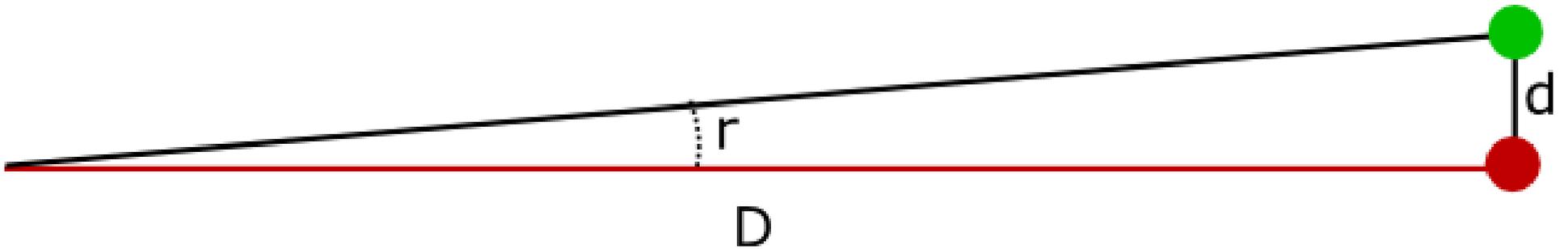
$$\cos(a) = d/D$$

$$\sin(a) = h/D$$

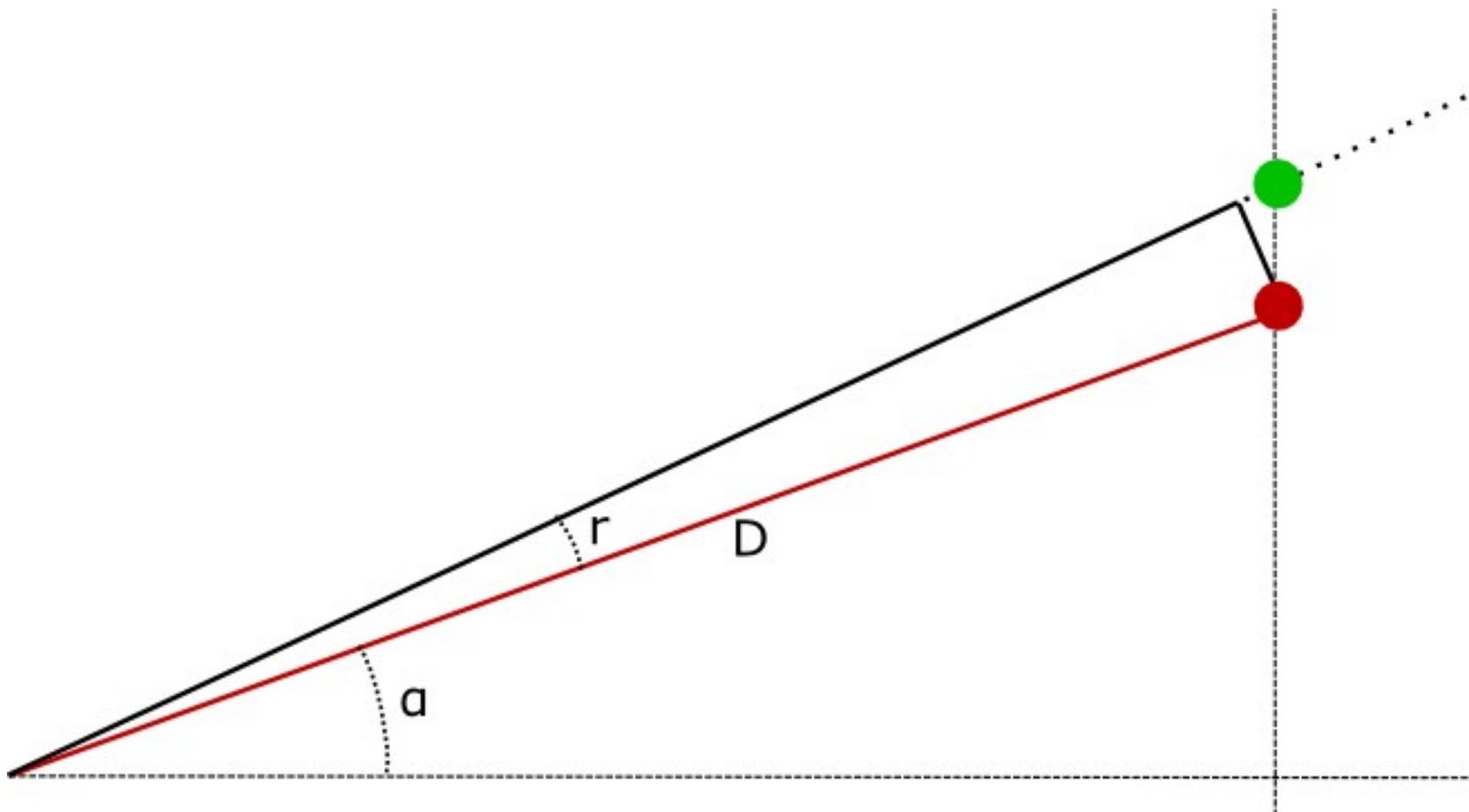
$$\tan(a) = h/d$$

- $\sin()$ et $\cos()$, en fonction de l'angle, prennent les valeurs absolues entre 0 et 1
- Les valeurs des fonctions trigonométriques sont généralement impossibles à calculer dans la tête ou à la main; il faut des tables pré-calculées ou une calculatrice électronique qui sait le faire

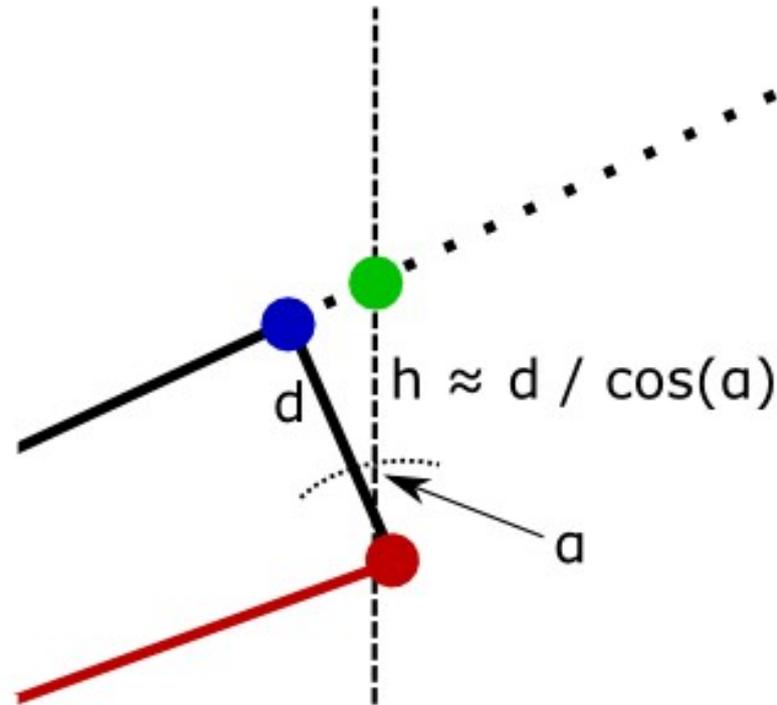
Combien fait 1 clic à X mètres?



Mais en pente?



Zoom à la pente



Pour la suite de ce module, les erreurs en cible en cm seront indiquées à la verticale (et non pas perpendiculaires à la ligne de visée). En d'autres mots, on suppose que notre cible tient droit debout.

A quoi sert ce savoir

- Pas pour le tir en tant que tel; en pente comme à plat – un mil reste un mil, et le cosinus est inutile
- Par contre, attention lors de l'estimation de distances au réticule stadimétrique (Mildot ou autre) – ça peut paraître bête, mais il faut y penser

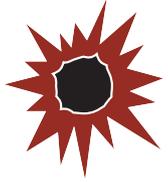
Exemple parlant



- Tir en pente à 30° d'inclinaison
- Dans le réticule on observe le rêve d'un sniper – un grand objet de taille connue
- Une porte de 2m de haut occupe 3 mrad dans le réticule
- La distance au but est donc de $1000 \times 2 / 3 = 666.66\text{m}$, n'est-ce pas?

Et bien, non (cosinus, quand tu nous tiens)

- L'estimation de la distance dans l'exemple précédant est fausse
- La porte est vue *en biais* sous un angle de 30° , et prend moins de place dans le réticule que si on la voyait *de face*
- La vraie distance à la cible est plus petite: pour être dans le juste il faut multiplier par le cosinus de l'angle de visée
- Pour l'exemple précédant, la vraie distance est de $667 \times \cos(30^\circ) = 667 \times 0.866 = 577$ m (largement assez pour faire la différence entre un touché et un raté)



Mildot en pente: à retenir

3.3. Lors de l'estimation de distance à l'aide d'un réticule stadimétrique (style Mildot), ne pas oublier qu'en pente on voit des cibles verticales en biais.

Pour en tenir compte, il faut multiplier le résultat obtenu "comme à plat" par le cosinus de l'angle de visée (comme la valeur du cosinus est ≤ 1 , la distance réelle obtenue sera plus petite).

3.4. Jusqu'à 10° d'inclinaison – ce n'est généralement pas la peine; $\cos(10^\circ) = 0.985$, on ne va pas se prendre la tête pour 1.5% d'erreur.

Angle, °	Cosinus
10	0.98
12	0.98
14	0.97
16	0.96
18	0.95
20	0.94
22	0.93
24	0.91
26	0.90
28	0.88
30	0.87
32	0.85
34	0.83
36	0.81
38	0.79
40	0.77
42	0.74
44	0.72
46	0.69
48	0.67
50	0.64
52	0.62
54	0.59
56	0.56
58	0.53
60	0.50

Perception des angles

- réalité 30° , perception = "très grand, peut-être 45° "
- réalité 45° , perception = "canon dans le ciel, j'en sais rien, probablement 60° "
- réalité 60° , perception = "presque à la verticale"
- les petits angles – au contraire; jusque à $\sim 15^\circ$ on aurait parfois tendance à ne pas y faire attention (erreur!)

Quand ce n'est pas important

	0	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0	-7.0	-7.1	-7.2	-7.4	-7.7	-8.1	-8.5	-9.1	-9.9	-10.9	-12.2	-14.0
50	4.0	4.1	4.2	4.4	4.5	4.8	5.2	5.7	6.4	7.0	8.2	9.6
100	11.7	12.0	12.3	12.9	13.6	14.4	15.6	17.2	19.1	21.8	25.1	29.8
150	15.6	16.0	16.7	17.6	18.8	20.3	22.3	24.9	28.3	32.7	38.4	46.2
200	15.3	15.9	16.9	18.1	19.8	21.9	24.8	28.5	33.2	39.4	47.4	58.4
250	10.3	11.2	12.3	13.8	16.0	18.9	22.6	27.3	33.4	41.2	51.8	66.0
300	0.0	1.0	2.4	4.4	7.0	10.5	15.0	20.8	28.1	37.8	50.7	68.2
350	-16.4	-15.1	-13.6	-11.3	-8.2	-3.9	1.3	8.2	17.0	28.5	43.6	64.4
400	-39.6	-38.3	-36.4	-33.7	-30.1	-25.3	-19.2	-11.2	-1.1	12.1	29.6	53.8
450	-70.7	-69.2	-67.1	-64.1	-59.9	-54.5	-47.5	-38.5	-27.0	-12.0	7.8	35.2
500	-110.8	-109.1	-106.7	-103.4	-98.8	-92.7	-84.8	-74.8	-61.9	-45.1	-22.8	7.6
550	-161.3	-159.4	-156.8	-153.1	-148.0	-141.3	-132.6	-121.5	-107.2	-88.7	-64.0	-30.2
600	-223.9	-221.8	-219.0	-214.9	-209.2	-201.8	-192.4	-180.3	-164.6	-144.2	-117.2	-80.2

Fass 90, hausse 300m, erreur en cm par rapport au point visé

Cas d'étude #1: Fass90 hausse 300

- Le règlement de l'armée ne va pas trop dans les détails

Lorsque le but est en contre-haut ou en contrebas ($> \pm 30^\circ$), le tireur doit prendre un point à viser bas.

- Dans le slide précédant on a quelque chiffres (pour ceux qui aiment les chiffres) pour quantifier le "viser bas" du règlement. Pour un Fass90 hausse 300m, ça se résume à quelque chose comme:
 - Si l'angle est $< 30^\circ$, tirer centre masse
 - Si l'angle est plus grand, viser le bassin
- Pas mal jusque à ~300-400m
- Le paysage balistique est très similaire pour la GP11, .308, 5.45x39, etc.

Cas d'étude #2: S4G au Fass90

	Ne sort pas du gabarit (cible de campagne E "Silhouette - mannequin")
	Sort à peine du gabarit
	Bien dehors

	à plat	10	15	20	25	30
50	8.2	8.2	8.3	8.3	8.3	8.4
100	22.1	22.2	22.3	22.5	22.7	23.0
150	32.2	32.4	32.7	33.1	33.6	34.2
200	38.1	38.5	39.1	39.8	40.7	41.8
250	39.3	40.0	40.9	42.0	43.6	45.4
300	35.2	36.2	37.5	39.3	41.6	44.4
350	85.0	86.5	88.3	90.9	94.1	98.0
400	68.0	70.0	72.5	76.0	80.5	85.8
450	43.1	45.8	49.1	53.8	59.7	66.8
500	9.1	12.6	16.9	22.9	30.6	39.8
550	-35.1	-30.7	-25.1	-17.5	-7.7	4.1
600	-91.5	-85.9	-79.0	-69.3	-57.1	-42.3
650	-161.9	-155.0	-146.3	-134.4	-119.1	-100.7

Les chiffres représentent la déviation du point d'impact en hauteur par rapport au milieu (le "bassin") de la cible E. Pour rester dedans on a une marge de ± 85 cm.

Conclusion: l'élégance n'a pas de faille; la méthode est très peu sensible à l'inclinaison, et marche fort bien telle quelle jusque à 30° de pente (ce qui est déjà très conséquent).

Mais encore

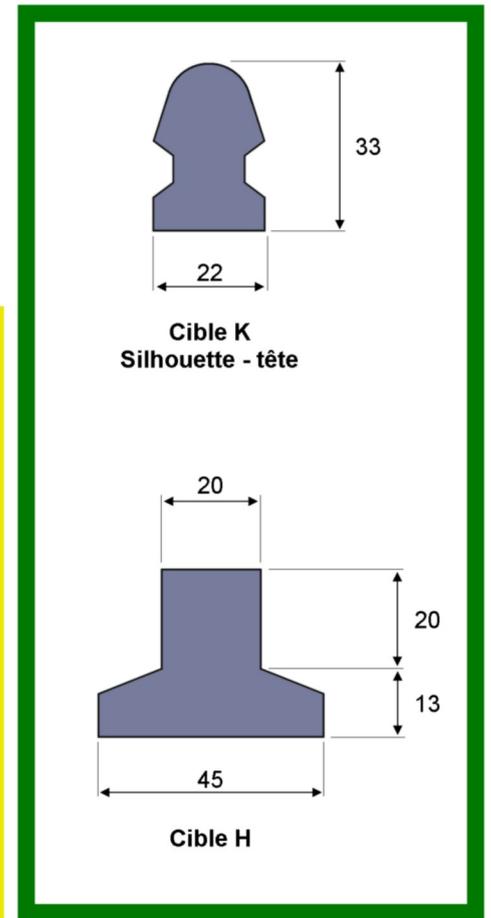
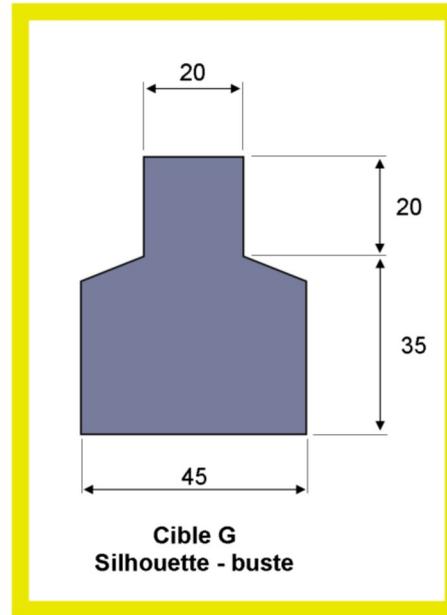
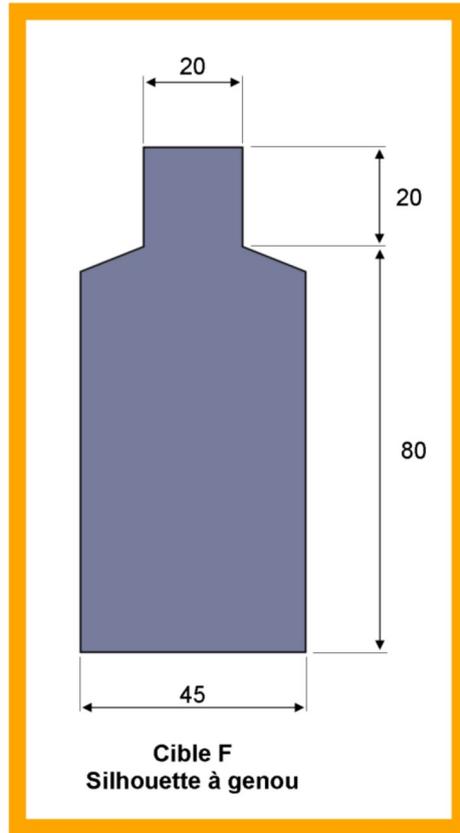
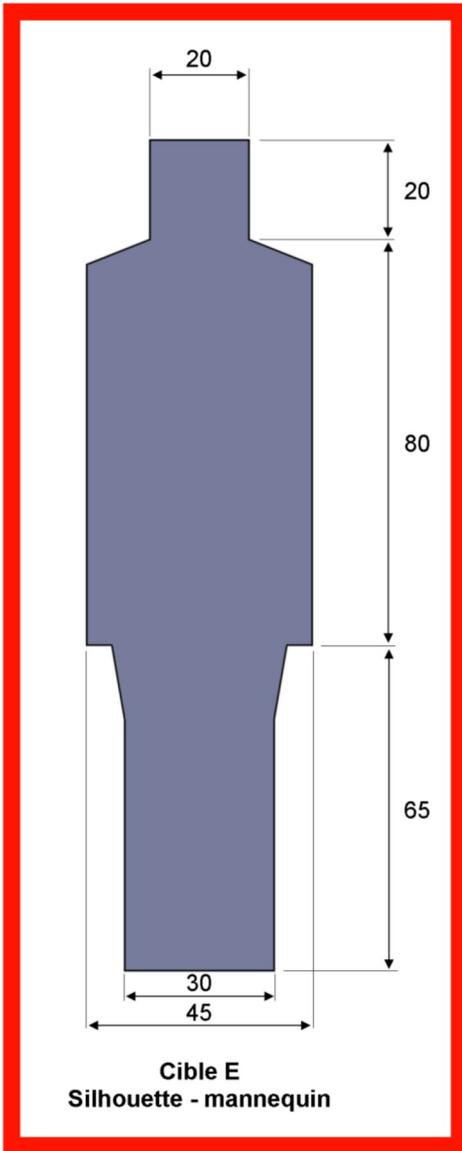
- Plus loin que 400-500 m?
- Plus précis que ± 50 cm?
- Moyennes et longues distances, incliné = le reste de ce module

Couleurs dans les tableaux

- Vert: $< \pm 15$ cm = excellent (cibles K et H "tête")
- Jaune: $< \pm 30$ cm = bien (cible G "buste")
- Orange: $< \pm 50$ cm = ok (cible F, "à genou")
- Rouge: $< \pm 85$ cm = limite (cible E, "mannequin debout")
- : $> \pm 85$ = raté



Cibles de campagne



Mot de précaution

- Les tableaux qui suivent dessinent un monde parfait, où
 - La visée est parfaite
 - La dispersion du fusil + cartouche + tireur = zéro
 - Il n'y a aucune erreur d'estimation de distance
- En réalité la perfection pareille n'existe pas.

Exemples: armes et calibres

- Sauf indication contraire, les exemples utilisent les paramètres suivants:
 - K31 + GP11 ord.
 - Entre-axe = 70 mm
 - Zéroté à 100 m
 - Atmosphère standard ICAO alt. 0 niveau de la mer
- Sauf indication contraire, les conclusions sont valables pour d'autres armes, calibres et atmosphères (vérifié au minimum avec 5.6 et .338, zérotés à 100 et 300)

Sans tenir compte de l'inclinaison

	10	15	20	25	30	35	40	45	55	60
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.4	-0.5	-0.8	-1.4	-2.0
100	-0.1	-0.3	-0.5	-0.9	-1.3	-1.8	-2.6	-3.5	-6.3	-8.4
150	-0.3	-0.7	-1.3	-2.0	-3.0	-4.3	-5.9	-8.1	-14.5	-19.4
200	-0.5	-1.2	-2.2	-3.6	-5.4	-7.8	-10.8	-14.7	-26.3	-35.4
250	-0.9	-2.0	-3.6	-5.8	-8.8	-12.5	-17.4	-23.5	-42.2	-56.8
300	-1.3	-2.9	-5.3	-8.6	-12.9	-18.4	-25.6	-34.8	-62.4	-84.0
350	-1.7	-4.0	-7.4	-12.0	-18.0	-25.8	-35.6	-48.5	-87.2	-117.4
400	-2.2	-5.3	-9.8	-16.0	-24.0	-34.4	-47.6	-64.8	-116.8	-157.2
450	-2.9	-6.9	-12.8	-20.7	-31.2	-44.7	-62.0	-84.3	-151.9	-204.6
500	-3.8	-8.8	-16.2	-26.3	-39.6	-56.6	-78.7	-106.9	-192.7	-259.6
550	-4.7	-10.9	-20.1	-32.7	-49.2	-70.4	-97.9	-133.1	-239.9	-323.2
600	-5.6	-13.3	-24.5	-39.9	-60.2	-86.2	-119.7	-162.9	-293.8	-396.0
650	-6.7	-15.9	-29.6	-48.1	-72.5	-104.1	-144.6	-196.9	-355.1	-478.8
700	-8.0	-19.0	-35.3	-57.5	-86.7	-124.4	-173.0	-235.3	-424.7	-572.6
750	-9.4	-22.5	-41.6	-68.0	-102.5	-147.2	-204.7	-278.6	-503.2	-678.4
800	-11.0	-26.3	-48.8	-79.7	-120.3	-172.9	-240.3	-327.2	-591.2	-797.2
850	-12.7	-30.5	-56.8	-92.8	-140.2	-201.4	-280.3	-381.8	-690.1	-930.6
900	-14.6	-35.2	-65.7	-107.4	-162.4	-233.5	-324.9	-442.8	-800.4	-1079.8
950	-16.9	-40.6	-75.7	-123.8	-187.2	-269.3	-374.9	-511.0	-924.0	-1246.8
1000	-19.2	-46.4	-86.6	-141.9	-214.8	-309.1	-430.4	-586.9	-1061.8	-1432.8

K31+GP11. Au-delà des 10° d'inclinaison et de distance de tir moyennes, il faut une calculatrice balistique, des tables pré-calculées, ou au moins une méthode d'estimation un peu plus précise que "viser bas".

La zone rose

- Au-delà de 300 m, jusque à 30°
- C'est ce qui nous intéresse en premier
- 30° – c'est beaucoup; la plupart des tirs en pente sont bien moins escarpés que ça
- Pour ces angles, jusqu'à 300 m ça rentre même sans ajuster pour l'inclinaison. C'est au-delà des 300m que ça devient délicat et vraiment intéressant.

Méthodes d'estimation

(comment tenir compte de l'inclinaison)

- "De 1 à 1000" (NDS?)
- "Rifleman's rule"
- "Improved rifleman's rule"
- Sierra's
- EBRR (RR++? 2I2R?)

"De 1 à 1000"

- Tiré du livre "De 1 à 1000" par PP
- Pas de correction dans les 160 mil ($\approx 9.1^\circ$)
- Au delà:
 - Calculer la différence d'altitude entre le tireur et la cible (carte ou $\sin(\text{angle})$)
 - La diviser par 3
 - Soustraire le résultat de la distance linéaire pour obtenir la "distance horizontale équivalente" (DHE)
 - Faire des corrections en élévation comme si on tirait à la DHE
- En d'autres termes: $De = D - D * \sin(a) / 3$

"De 1 à 1000" :: en tableau (ou la chute du favori)

	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	-0.3	-0.4	-0.6	-1.0	-1.0	-1.3	-1.7	-2.3	-2.8	-3.5	-4.6
100	0.0	-0.2	-0.4	-0.8	-1.3	-1.8	-2.6	-3.7	-4.8	-6.6	-8.8
150	0.6	0.6	0.5	0.2	-0.5	-1.2	-2.3	-4.0	-6.2	-9.1	-13.0
200	2.0	2.5	2.6	2.3	1.7	0.6	-1.2	-3.3	-6.5	-11.0	-17.2
250	3.9	5.0	5.5	5.6	5.0	3.7	1.6	-1.4	-5.9	-11.7	-20.4
300	6.5	8.4	9.9	10.3	9.6	8.5	6.0	1.8	-3.7	-12.0	-23.6
350	10.1	13.3	15.0	16.3	16.3	14.5	11.6	7.1	0.0	-10.6	-25.6
400	14.4	18.9	22.2	24.2	24.4	23.1	19.7	14.3	5.4	-7.8	-27.2
450	19.8	25.9	31.1	34.0	34.5	34.1	30.0	23.5	12.1	-3.8	-27.8
500	25.4	35.1	41.9	45.8	47.6	46.5	42.8	34.5	21.9	3.0	-25.6
550	33.0	45.2	53.8	60.0	62.7	62.9	57.7	49.1	34.5	12.0	-23.0
600	42.0	57.1	69.3	76.9	80.6	81.2	76.9	66.9	49.9	22.7	-16.8
650	52.8	72.7	87.3	97.1	103.2	104.3	99.6	88.5	68.0	37.8	-9.4
700	65.3	89.2	106.9	120.6	128.3	130.1	125.2	112.9	91.0	57.0	3.0
750	79.8	108.4	131.7	148.0	157.6	162.0	157.2	143.5	119.2	78.3	17.0
800	96.8	132.8	160.4	180.1	193.8	197.5	194.6	179.9	152.8	107.0	35.2
850	116.5	158.9	191.4	217.1	233.7	241.2	238.6	222.6	192.6	141.6	61.2
900	139.2	188.9	230.0	260.2	280.0	291.8	287.5	272.8	237.2	180.4	90.6
950	162.4	223.5	274.2	309.8	336.2	347.9	346.8	328.7	292.5	230.1	130.4
1000	192.2	266.6	325.5	367.1	398.3	415.8	415.9	396.7	357.7	289.1	175.2

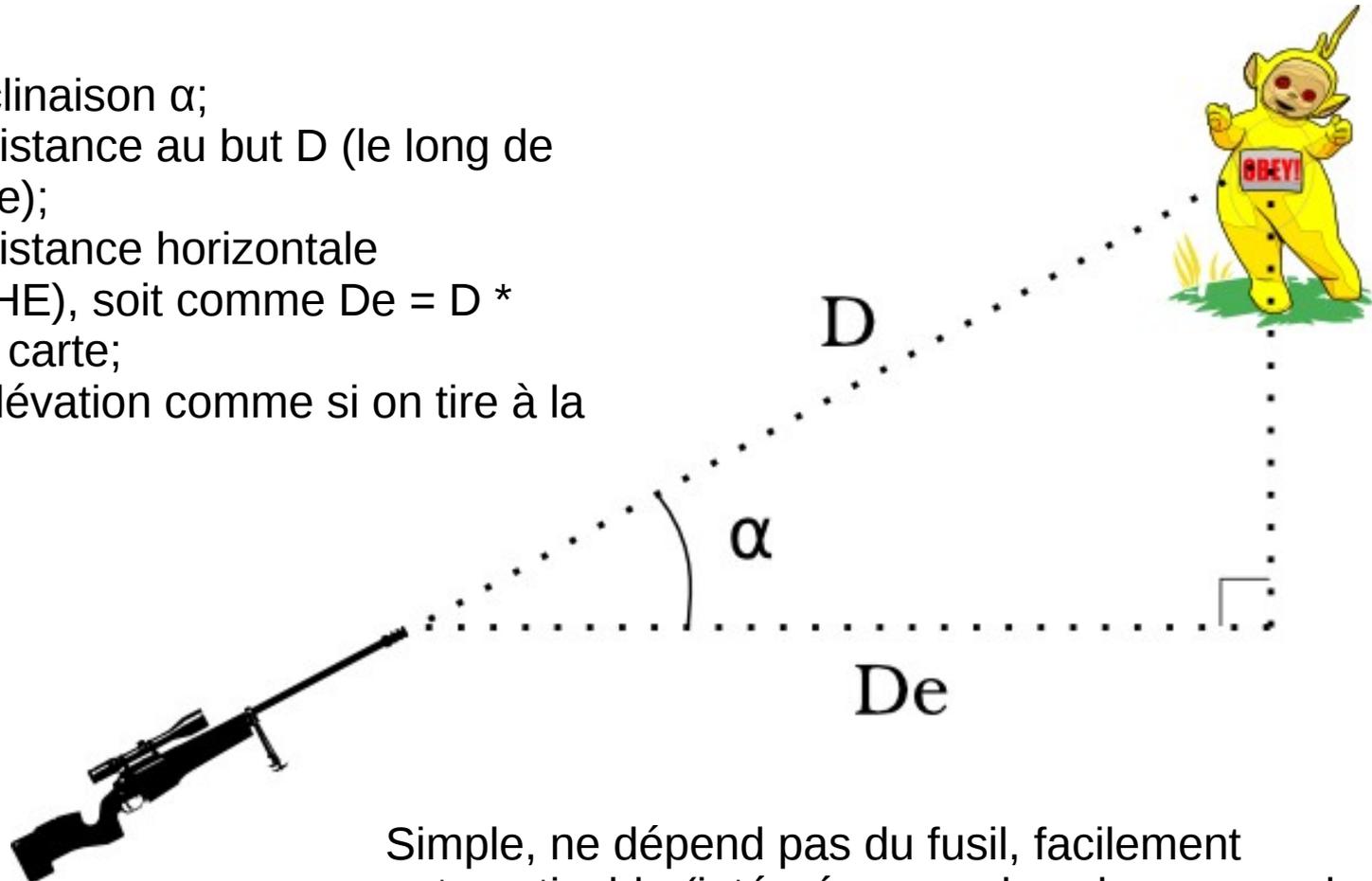
- Déception (j'ai vérifié maintes fois avec des calibres et des zéros différents).
- Dans les 30° à moyenne et longue distance, c'est pire que pas de correction du tout.
- Il fallait s'y attendre, le procédé ne correspond à aucune réalité physique.
- Je n'arrive toujours pas à comprendre comment cette méthode s'est retrouvée dans le meilleur manuel de TLD qu'il m'est arrivé de lire.

"De 1 à 1000" :: en résumé

Précision:	mauvaise (en dessous des 30° c'est pire que rien; ça commence à ressembler à quelque-chose seulement vers de très grands angles)
Domaine d'application:	≈500m
Complexité:	moyenne, 1 opération trigonométrique (ou calcul sur carte), 3 opérations arithmétiques
Avantages:	?
Inconvénients:	résultats aléatoires, ne marche pas
Conclusion:	les zombies ne craignent pas grand-chose

"Rifleman's Rule" (La "règle du fantassin"?)

1. Mesurer l'inclinaison α ;
2. Mesurer la distance au but D (le long de la ligne de visée);
3. Calculer la distance horizontale équivalente (DHE), soit comme $D_e = D * \cos(\alpha)$, soit sur carte;
4. Introduire l'élévation comme si on tire à la distance D_e .



Simple, ne dépend pas du fusil, facilement automatisable (intégré, p.ex., dans beaucoup de télémètres laser).

RR :: en tableau

	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	-0.1	-0.2	-0.4	-0.7	-0.9	-1.3	-1.8	-2.7	-3.6	-4.9	-6.6
100	-0.1	-0.2	-0.4	-0.8	-1.2	-1.8	-2.7	-4.0	-5.4	-7.8	-11.0
150	0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.7	-1.3	-2.1	-3.5	-5.6	-8.5	-13.0
200	0.3	0.3	0.5	0.6	0.5	0.2	-0.5	-1.7	-3.7	-6.8	-12.2
250	0.4	1.0	1.7	2.2	2.7	3.2	3.0	2.4	0.6	-2.6	-8.4
300	1.0	2.1	3.4	4.7	6.0	7.3	8.2	8.2	7.6	4.7	-1.0
350	1.8	3.0	5.4	7.5	10.2	13.1	15.1	16.8	17.4	15.5	10.0
400	2.7	4.9	8.4	11.9	16.1	20.6	24.7	28.3	29.9	29.6	25.4
450	3.1	7.0	11.9	17.4	23.7	30.2	36.8	42.1	46.5	48.1	45.2
500	4.6	9.9	16.3	23.4	32.1	42.1	50.9	60.2	67.2	71.8	70.6
550	6.3	12.4	21.7	31.8	43.4	56.5	69.2	82.2	92.6	99.9	101.6
600	8.5	16.5	28.2	41.7	57.2	73.9	91.2	107.5	122.7	133.9	139.0
650	9.5	21.5	35.9	52.4	73.6	94.5	117.5	138.9	159.2	175.2	183.8
700	12.5	25.7	45.0	66.5	91.3	119.0	147.0	176.1	201.8	222.8	236.6
750	15.9	32.5	56.0	83.3	114.2	147.8	183.3	217.9	250.2	278.4	298.4
800	20.1	40.7	68.6	101.0	141.0	181.7	226.0	268.6	308.3	344.9	370.4
850	22.4	47.7	83.6	123.9	170.2	221.2	273.5	325.6	375.9	420.0	453.4
900	27.8	58.9	101.2	150.8	206.7	267.1	330.9	393.7	454.0	507.0	549.4
950	34.3	71.8	121.7	182.4	249.2	320.6	397.5	472.6	543.9	608.8	659.6
1000	41.9	87.2	145.7	215.7	295.4	382.6	471.8	560.9	647.5	723.7	786.0

- Le modèle physique sous-jacent de RR suppose que la balle voyage dans le vide sans atmosphère
- Sur Terre, par contre, avec des armes légères supersoniques, ce n'est pas bien convaincant
- Dans les 30° – pas meilleur que sans correction du tout.
- Ok pour la chasse (max 300-400m) ce qui explique peut-être la popularité
- RR surestime généralement l'effet de l'inclinaison

RR :: en résumé

Précision:	médiocre (peu ou pas de valeur ajoutée dans les 30°)
Domaine d'application:	≈500m
Complexité:	simple, 1 opération trigonométrique + 1 opération arithmétique, ou mesure sur carte
Avantages:	simple, ne dépend pas d'arme ou de calibre
Inconvénients:	précision et applicabilité décevantes, limite inutile dans pas mal de circonstances
Conclusion:	c'est pas comme ça qu'on va gagner

Improved Rifleman's Rule (RR amélioré)

- On doit l'idée à Señor Tiro Fijo de Paraguay
- Un peu comme RR, sauf qu'on applique la correction (multiplication par le cosinus de l'angle) à l'élévation, et non pas à la distance
 1. Mesurer l'inclinaison α ;
 2. Mesurer la distance au but D (le long de la ligne de visée);
 3. Trouver dans les tables balistiques le nombre de clics d'élévation pour la distance D pour le tir à l'horizontale;
 4. Multiplier ce nombre de clics (et pas la distance D) par $\cos(\alpha)$.

IRR :: en tableau

	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0	0.1	0.2	0.4	0.7	1.1	1.5	2.1	2.9	3.9	5.2	7.0
50	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.3	-0.4	-0.4	-0.7
100	-0.1	-0.3	-0.5	-0.9	-1.3	-1.8	-2.6	-3.5	-4.7	-6.3	-8.4
150	-0.3	-0.6	-1.1	-1.6	-2.5	-3.5	-4.9	-6.7	-9.1	-12.0	-16.1
200	-0.3	-0.8	-1.5	-2.4	-3.6	-5.3	-7.3	-9.9	-13.3	-17.7	-23.8
250	-0.5	-1.1	-2.0	-3.2	-4.9	-6.9	-9.6	-13.0	-17.5	-23.4	-31.5
300	-0.6	-1.3	-2.4	-4.0	-6.0	-8.5	-11.9	-16.2	-21.8	-29.1	-39.2
350	-0.6	-1.6	-2.9	-4.7	-7.1	-10.2	-14.1	-19.3	-25.9	-34.8	-46.9
400	-0.6	-1.6	-3.2	-5.4	-8.1	-11.7	-16.2	-22.1	-29.9	-40.3	-54.3
450	-0.7	-1.9	-3.6	-6.0	-9.1	-13.2	-18.4	-25.2	-34.0	-45.8	-61.9
500	-0.8	-2.1	-4.0	-6.6	-10.2	-14.6	-20.6	-28.0	-37.9	-51.1	-69.2
550	-0.9	-2.2	-4.3	-7.2	-11.0	-16.0	-22.6	-30.9	-41.8	-56.5	-76.5
600	-0.8	-2.2	-4.4	-7.7	-11.8	-17.2	-24.3	-33.6	-45.6	-61.6	-83.7
650	-0.7	-2.3	-4.7	-8.0	-12.5	-18.4	-26.1	-36.1	-49.1	-66.6	-90.7
700	-0.7	-2.3	-4.8	-8.4	-13.2	-19.5	-27.9	-38.5	-52.7	-71.5	-97.5
750	-0.6	-2.2	-4.8	-8.6	-13.7	-20.5	-29.3	-40.8	-56.0	-76.3	-104.2
800	-0.4	-2.1	-4.8	-8.7	-14.1	-21.3	-30.6	-42.8	-59.0	-80.7	-110.5
850	-0.1	-1.8	-4.6	-8.7	-14.3	-21.7	-31.7	-44.7	-61.9	-85.0	-116.7
900	0.1	-1.4	-4.2	-8.4	-14.3	-22.2	-32.5	-46.3	-64.3	-88.7	-122.5
950	0.4	-1.1	-3.9	-8.2	-14.1	-22.3	-33.3	-47.6	-66.7	-92.3	-128.1
1000	0.9	-0.5	-3.2	-7.5	-13.7	-22.1	-33.4	-48.5	-68.4	-95.4	-133.0

Ce n'est pas pour rien que ça s'appelle "amélioré"

NB: la méthode est prévisible, sous-estime l'influence d'inclinaison

IRR: le prix à payer

- L'approche est dépendante de la balistique d'une arme spécifique; les calculs ne rentrent plus dans un télémètre universel.
- Par ailleurs, le modèle physique sous-jacent de IRR suppose que (1) la hauteur de l'axe de visée, (2) la distance de zéroage, et par conséquent (3) l'élévation initiale (angle de zéroage) sont toutes égales à zéro – bonjour le monde réel! (Par exemple, pour une arme zéroage [à plat] à 300m, IRR va toujours donner zéro correction pour 300m en incliné.)
- Les résultats (plus ou moins corrects) de la méthode dépendent donc de la hauteur de l'axe optique au-dessus de l'axe du canon, et de la distance de zéroage.

Le revers de l'IRR :: zéro à 300m?

	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0	0.1	0.2	0.4	0.7	1.1	1.5	2.1	2.9	3.9	5.2	7.0
50	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.3	-0.4	-0.4	-0.7
100	-0.1	-0.3	-0.5	-0.9	-1.3	-1.8	-2.6	-3.5	-4.7	-6.3	-8.4
150	-0.3	-0.6	-1.1	-1.6	-2.5	-3.5	-4.9	-6.7	-9.1	-12.0	-16.1
200	-0.3	-0.8	-1.5	-2.4	-3.6	-5.3	-7.3	-9.9	-13.3	-17.7	-23.8
250	-0.5	-1.1	-2.0	-3.2	-4.9	-6.9	-9.6	-13.0	-17.5	-23.4	-31.5
300	-0.6	-1.3	-2.4	-4.0	-6.0	-8.5	-11.9	-16.2	-21.8	-29.1	-39.2
350	-0.6	-1.6	-2.9	-4.7	-7.1	-10.2	-14.1	-19.3	-25.9	-34.8	-46.9
400	-0.6	-1.6	-3.2	-5.4	-8.1	-11.7	-16.2	-22.1	-29.9	-40.3	-54.3
450	-0.7	-1.9	-3.6	-6.0	-9.1	-13.2	-18.4	-25.2	-34.0	-45.8	-61.9
500	-0.8	-2.1	-4.0	-6.6	-10.2	-14.6	-20.6	-28.0	-37.9	-51.1	-69.2
550	-0.9	-2.2	-4.3	-7.2	-11.0	-16.0	-22.6	-30.9	-41.8	-56.5	-76.5
600	-0.8	-2.2	-4.4	-7.7	-11.8	-17.2	-24.3	-33.6	-45.6	-61.6	-83.7
650	-0.7	-2.3	-4.7	-8.0	-12.5	-18.4	-26.1	-36.1	-49.1	-66.6	-90.7
700	-0.7	-2.3	-4.8	-8.4	-13.2	-19.5	-27.9	-38.5	-52.7	-71.5	-97.5
750	-0.6	-2.2	-4.8	-8.6	-13.7	-20.5	-29.3	-40.8	-56.0	-76.3	-104.2
800	-0.4	-2.1	-4.8	-8.7	-14.1	-21.3	-30.6	-42.8	-59.0	-80.7	-110.5
850	-0.1	-1.8	-4.6	-8.7	-14.3	-21.7	-31.7	-44.7	-61.9	-85.0	-116.7
900	0.1	-1.4	-4.2	-8.4	-14.3	-22.2	-32.5	-46.3	-64.3	-88.7	-122.5
950	0.4	-1.1	-3.9	-8.2	-14.1	-22.3	-33.3	-47.6	-66.7	-92.3	-128.1
1000	0.9	-0.5	-3.2	-7.5	-13.7	-22.1	-33.4	-48.5	-68.4	-95.4	-133.0

Zéro à 100 m
(déjà présenté)

	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0	0.1	0.2	0.4	0.7	1.1	1.5	2.1	2.9	3.9	5.2	7.0
50	-0.2	-0.3	-0.5	-0.9	-1.3	-1.8	-2.5	-3.4	-4.5	-6.1	-8.1
100	-0.3	-0.8	-1.5	-2.4	-3.6	-5.1	-7.2	-9.7	-12.9	-17.4	-23.3
150	-0.6	-1.3	-2.4	-4.0	-6.0	-8.5	-11.7	-16.0	-21.3	-28.7	-38.5
200	-0.9	-1.9	-3.4	-5.5	-8.4	-11.8	-16.4	-22.2	-29.9	-40.0	-53.8
250	-1.1	-2.4	-4.4	-7.1	-10.6	-15.1	-21.0	-28.4	-38.2	-51.1	-68.8
300	-1.2	-2.9	-5.3	-8.6	-12.9	-18.4	-25.6	-34.6	-46.7	-62.4	-84.0
350	-1.5	-3.4	-6.3	-10.1	-15.2	-21.7	-30.2	-40.9	-55.0	-73.7	-99.1
400	-1.7	-3.9	-7.1	-11.6	-17.4	-25.0	-34.7	-47.1	-63.4	-84.8	-114.3
450	-1.9	-4.4	-8.0	-13.0	-19.6	-28.1	-39.0	-53.3	-71.6	-96.0	-129.2
500	-2.0	-4.7	-8.9	-14.4	-21.8	-31.2	-43.5	-59.2	-79.7	-106.9	-144.2
550	-2.1	-5.2	-9.7	-15.8	-23.8	-34.3	-47.8	-65.2	-87.7	-117.9	-159.0
600	-2.2	-5.5	-10.4	-17.0	-25.9	-37.4	-52.1	-71.1	-95.9	-128.8	-173.8
650	-2.4	-5.9	-11.1	-18.3	-27.9	-40.2	-56.2	-76.8	-103.7	-139.5	-188.6
700	-2.4	-6.1	-11.7	-19.4	-29.6	-42.9	-60.2	-82.4	-111.4	-150.1	-203.0
750	-2.4	-6.4	-12.3	-20.5	-31.5	-45.6	-64.0	-88.0	-119.1	-160.5	-217.3
800	-2.3	-6.5	-12.7	-21.3	-33.0	-48.1	-67.7	-93.1	-126.4	-170.7	-231.5
850	-2.3	-6.6	-13.2	-22.3	-34.6	-50.6	-71.3	-98.4	-133.7	-180.8	-245.5
900	-2.2	-6.6	-13.4	-23.0	-35.8	-52.8	-74.7	-103.3	-140.6	-190.6	-259.1
950	-2.0	-6.4	-13.5	-23.5	-36.9	-54.6	-77.7	-107.7	-147.2	-200.0	-272.3
1000	-1.7	-6.2	-13.4	-23.8	-37.8	-56.3	-80.6	-112.1	-153.5	-209.0	-285.4

Et voilà ce qui se passe avec IRR si on zérote à 300m. C'est toujours mieux que rien, mais du coup c'est beaucoup moins impressionnant.

IRR vs. entre-axe

	50 mm											90 mm										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.1	1.5	2.1	2.8	3.7	5.0	0.1	0.3	0.6	0.9	1.4	2.0	2.7	3.7	5.0	6.7	9.0
50	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.4	-0.7	-0.9	-1.2	-1.7	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3
100	-0.1	-0.3	-0.5	-0.9	-1.3	-1.8	-2.6	-3.5	-4.7	-6.3	-8.4	-0.1	-0.3	-0.5	-0.9	-1.3	-1.8	-2.6	-3.5	-4.7	-6.3	-8.4
150	-0.2	-0.6	-1.0	-1.5	-2.3	-3.3	-4.6	-6.3	-8.3	-11.3	-15.1	-0.3	-0.6	-1.1	-1.7	-2.6	-3.8	-5.2	-7.1	-9.6	-12.8	-17.1
200	-0.3	-0.8	-1.4	-2.2	-3.3	-4.8	-6.7	-9.1	-12.2	-16.2	-21.8	-0.4	-0.9	-1.6	-2.6	-3.9	-5.7	-7.9	-10.7	-14.4	-19.2	-25.8
250	-0.5	-1.0	-1.8	-2.9	-4.4	-6.2	-8.7	-11.8	-15.9	-21.2	-28.5	-0.6	-1.2	-2.2	-3.5	-5.3	-7.7	-10.6	-14.2	-19.2	-25.8	-34.7
300	-0.6	-1.2	-2.2	-3.6	-5.4	-7.7	-10.7	-14.6	-19.6	-26.1	-35.2	-0.7	-1.5	-2.7	-4.4	-6.6	-9.5	-13.1	-17.9	-24.0	-32.1	-43.4
350	-0.6	-1.4	-2.6	-4.2	-6.3	-9.1	-12.6	-17.1	-23.1	-31.0	-41.9	-0.7	-1.7	-3.2	-5.3	-7.9	-11.3	-15.6	-21.4	-28.8	-38.5	-51.9
400	-0.6	-1.4	-2.8	-4.6	-7.2	-10.3	-14.4	-19.7	-26.6	-35.7	-48.3	-0.7	-2.0	-3.6	-6.0	-9.0	-13.0	-18.2	-24.8	-33.3	-44.8	-60.3
450	-0.6	-1.7	-3.2	-5.3	-8.0	-11.6	-16.3	-22.3	-30.1	-40.6	-54.7	-0.9	-2.1	-4.1	-6.7	-10.2	-14.7	-20.6	-28.1	-38.0	-51.0	-68.9
500	-0.7	-1.8	-3.4	-5.8	-8.8	-12.8	-18.0	-24.7	-33.5	-45.2	-61.2	-0.9	-2.4	-4.5	-7.4	-11.4	-16.5	-23.0	-31.5	-42.5	-57.2	-77.2
550	-0.7	-1.9	-3.7	-6.2	-9.6	-14.0	-19.7	-27.2	-36.8	-49.6	-67.3	-1.0	-2.5	-4.9	-8.1	-12.4	-18.1	-25.3	-34.6	-47.0	-63.2	-85.7
600	-0.6	-1.9	-3.8	-6.5	-10.2	-15.0	-21.3	-29.3	-39.9	-54.0	-73.5	-0.9	-2.6	-5.2	-8.7	-13.4	-19.6	-27.5	-37.7	-51.2	-69.2	-93.7
650	-0.5	-1.9	-3.9	-6.8	-10.8	-15.9	-22.6	-31.4	-43.0	-58.3	-79.5	-0.9	-2.6	-5.4	-9.2	-14.3	-20.9	-29.6	-40.8	-55.4	-75.0	-101.7
700	-0.5	-1.9	-4.0	-7.1	-11.2	-16.9	-24.1	-33.4	-45.9	-62.4	-85.3	-0.9	-2.7	-5.6	-9.7	-15.1	-22.3	-31.5	-43.6	-59.5	-80.6	-109.7
750	-0.4	-1.6	-3.9	-7.2	-11.6	-17.5	-25.2	-35.2	-48.6	-66.4	-90.8	-0.8	-2.7	-5.7	-10.0	-15.7	-23.4	-33.3	-46.3	-63.4	-86.1	-117.4
800	-0.2	-1.5	-3.8	-7.1	-11.8	-18.0	-26.2	-36.9	-51.0	-70.1	-96.3	-0.7	-2.6	-5.7	-10.2	-16.4	-24.5	-35.0	-48.7	-67.1	-91.3	-124.7
850	0.1	-1.2	-3.5	-7.0	-11.8	-18.3	-27.0	-38.2	-53.2	-73.5	-101.3	-0.5	-2.4	-5.6	-10.3	-16.7	-25.2	-36.4	-51.1	-70.4	-96.3	-131.9
900	0.4	-0.8	-3.1	-6.6	-11.7	-18.4	-27.4	-39.4	-55.3	-76.5	-106.1	-0.1	-2.1	-5.4	-10.2	-16.8	-25.8	-37.6	-53.0	-73.5	-101.0	-138.9
950	0.8	-0.4	-2.7	-6.3	-11.4	-18.4	-27.8	-40.3	-57.0	-79.3	-110.5	0.1	-1.7	-5.1	-10.0	-17.0	-26.3	-38.6	-54.9	-76.5	-105.3	-145.5
1000	1.2	0.2	-1.9	-5.6	-10.8	-17.9	-27.7	-40.8	-58.1	-81.7	-114.4	0.6	-1.2	-4.5	-9.5	-16.7	-26.4	-39.2	-56.2	-78.8	-109.3	-151.6

- L'exemple initial (70 mm) se trouve entre les deux.
- L'influence de la hauteur de l'axe de visée sur la précision de IRR est moins dramatique que celle de la distance de zéro tage.

IRR :: en résumé

Précision:	bonne (pour un zéro tage à 100m avec des hauteurs de l'axe de visée dans les 50-80 mm)
Domaine d'application:	jusque à 30° – toutes les distances; au-delà des 30° – ~800m, éventuellement en contre-visant "plus bas"
Complexité:	simple, 1 opération trigonométrique, 1 opération arithmétique
Avantages:	simplicité, bonne précision
Inconvénients:	dépend de la distance de zéro tage; plus le deuxième zéro est loin, moins la méthode est précise dépend de la hauteur de l'axe de visée; plus elle est grande, moins la méthode est précise
Conclusion:	les zombies reçoivent enfin un peu de miséricorde

Sierra's

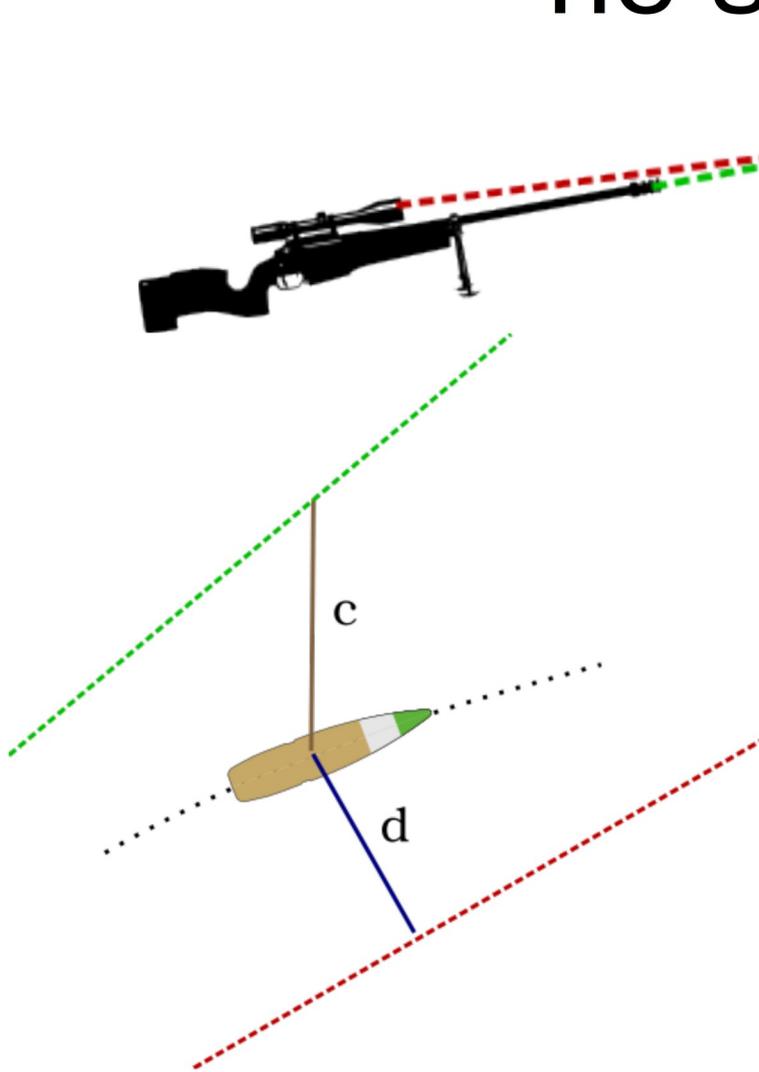
- Méthode développée par William T. McDonald pour le fabricant de projectiles Sierra (publié en 1985)
- La plus précise des méthodes "manuelles"; seulement une calculatrice balistique sophistiquée peut faire mieux
- Le modèle physique sous-jacent est le plus complet: ça fait seulement abstraction de la différence de pression atmosphérique à des altitudes différentes, ainsi que de la composante de gravité allant le long du trajectoire; pas d'autres compromis contre la Nature.
- Mais tout ça à un prix.

Sierra's :: en tableau

	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1
100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	-0.1	0.0	0.1
200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
250	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1
300	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
350	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2
400	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.5	0.4	0.5
450	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.7	0.6
500	0.3	0.4	0.6	0.7	0.7	0.9	0.9	1.1	1.1	1.2	1.1
550	0.3	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5
600	0.6	0.8	1.1	1.2	1.4	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.0
650	0.7	1.0	1.3	1.7	2.0	2.2	2.4	2.6	2.9	2.9	2.8
700	0.9	1.3	1.6	2.1	2.4	2.8	3.0	3.3	3.5	3.7	3.6
750	1.1	1.6	2.2	2.6	3.1	3.6	3.9	4.3	4.5	4.7	4.7
800	1.4	2.0	2.7	3.4	4.0	4.5	5.0	5.5	5.8	6.0	6.1
850	1.8	2.6	3.4	4.2	5.0	5.7	6.3	6.8	7.2	7.4	7.6
900	2.2	3.2	4.3	5.3	6.2	7.0	7.8	8.5	9.1	9.5	9.6
950	2.6	3.8	5.1	6.3	7.5	8.5	9.4	10.3	11.0	11.6	11.7
1000	3.1	4.7	6.3	7.7	9.1	10.4	11.6	12.6	13.5	14.2	14.5

Impressionnant, n'est-ce pas?

Sierra's :: les tables ordinaires ne suffisent pas



Ligne verte = axe du canon

Ligne rouge = axe de visée œil->but

L'élévation d (ligne bleue) par rapport à l'axe de visée est ce qu'on compense avec les réglages de la lunette. Peut être négative (plus bas que l'axe de visée) ou positive (plus haut).

c est la chute pure par rapport à l'axe du canon – toujours négative. Cette information n'est normalement pas présente dans les tables balistiques ordinaires, il faut une table supplémentaire.

La méthode à Sierra pour la distance au but D et l'angle d'inclinaison α :

1. Pour la distance D , trouver l'élévation d et la chute c dans les tables
2. Changer de signe de c (prendre la même valeur, mais positive)
3. Compensation = $d + (1 - \cos(\alpha)) * c$

Sierra's :: en résumé

Précision:	excellente!
Domaine d'application:	tous les angles, toutes les distances
Complexité:	complexe! deux tables au lieu d'une, 1 opération trigonométrique, 3 opération arithmétiques
Avantages:	la précision est inégalée
Inconvénients:	trop complexe pour être utile sur le terrain, nécessite des informations qui ne se trouvent pas dans les tables balistiques ordinaires
Conclusion:	le temps de faire les calculs (et ne pas s'y planter), les zombies auraient le loisir de bouffer la moitié du tireur

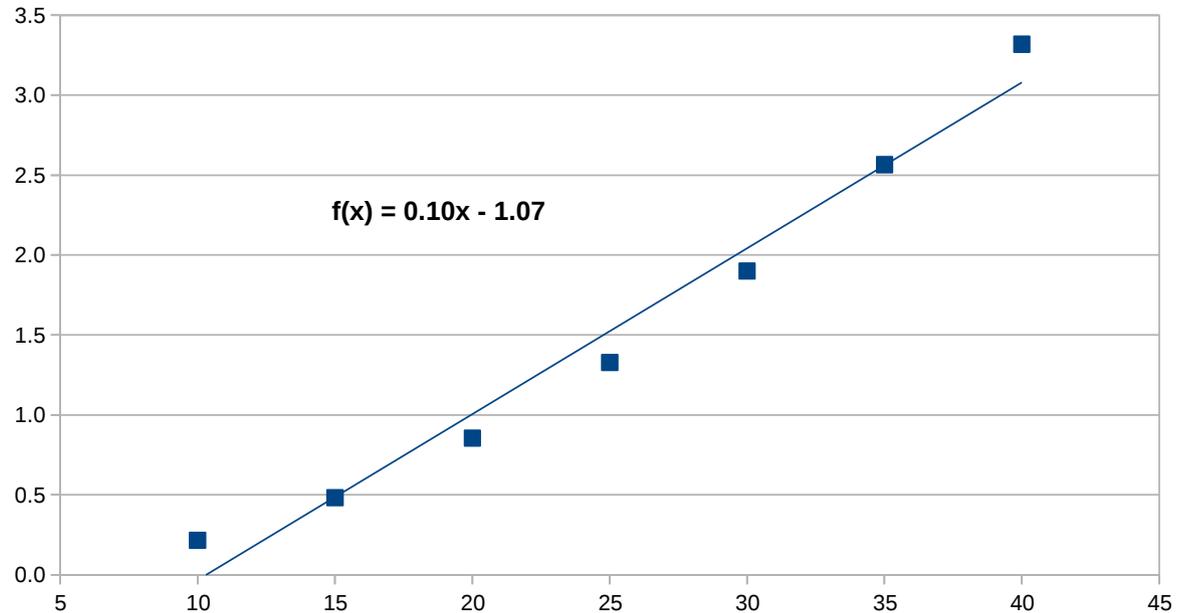
La lumière au bout du tunnel incliné

Erreurs de la méthode IRR
en clics de 0.1 mrad

	10	15	20	25	30	35	40
300	-0.2	-0.4	-0.8	-1.2	-1.7	-2.3	-3.0
350	-0.2	-0.4	-0.8	-1.2	-1.8	-2.4	-3.1
400	-0.2	-0.4	-0.7	-1.2	-1.8	-2.4	-3.1
450	-0.2	-0.4	-0.8	-1.2	-1.8	-2.4	-3.1
500	-0.2	-0.4	-0.7	-1.2	-1.8	-2.4	-3.2
550	-0.2	-0.4	-0.7	-1.2	-1.7	-2.4	-3.1
600	-0.1	-0.4	-0.7	-1.2	-1.7	-2.4	-3.1
650	-0.1	-0.3	-0.7	-1.1	-1.7	-2.3	-3.1
700	-0.1	-0.3	-0.6	-1.1	-1.6	-2.3	-3.0
750	-0.1	-0.3	-0.6	-1.0	-1.6	-2.2	-3.0
800	0.0	-0.3	-0.6	-1.0	-1.5	-2.2	-2.9
850	0.0	-0.2	-0.5	-0.9	-1.5	-2.1	-2.9
900	0.0	-0.2	-0.4	-0.8	-1.4	-2.0	-2.8
950	0.0	-0.1	-0.4	-0.8	-1.3	-1.9	-2.7
1000	0.1	-0.1	-0.3	-0.7	-1.2	-1.8	-2.6
<u>AVG</u>	-0.1	-0.3	-0.6	-1.1	-1.6	-2.2	-3.0

	-10.0	-15.0	-20.0	-25.0	-30.0	-35.0	-40.0
300	-0.2	-0.5	-0.8	-1.3	-1.8	-2.4	-3.1
350	-0.2	-0.5	-0.9	-1.3	-1.9	-2.5	-3.2
400	-0.2	-0.5	-0.9	-1.3	-1.9	-2.5	-3.3
450	-0.3	-0.5	-0.9	-1.4	-2.0	-2.6	-3.4
500	-0.3	-0.6	-0.9	-1.4	-2.0	-2.7	-3.4
550	-0.3	-0.6	-1.0	-1.5	-2.1	-2.7	-3.5
600	-0.3	-0.6	-1.0	-1.5	-2.1	-2.8	-3.6
650	-0.3	-0.6	-1.0	-1.6	-2.2	-2.9	-3.6
700	-0.3	-0.7	-1.1	-1.6	-2.2	-2.9	-3.7
750	-0.4	-0.7	-1.1	-1.7	-2.3	-3.0	-3.8
800	-0.4	-0.7	-1.2	-1.7	-2.4	-3.1	-3.9
850	-0.4	-0.8	-1.2	-1.8	-2.4	-3.2	-4.0
900	-0.5	-0.8	-1.3	-1.9	-2.5	-3.3	-4.0
950	-0.5	-0.9	-1.4	-2.0	-2.6	-3.4	-4.2
1000	-0.5	-1.0	-1.5	-2.1	-2.7	-3.5	-4.3
<u>AVG</u>	-0.3	-0.7	-1.1	-1.6	-2.2	-2.9	-3.7

AVG± **0.2** **0.5** **0.9** **1.3** **1.9** **2.6** **3.3**



Observation 1: Pour un angle donné, les erreurs de la méthode IRR sont à *peu près* proportionnelles à la distance (et sont donc à *peu près* les mêmes, si exprimés en clics angulaires)

Observation 2: les erreurs en clics sont à *peu près* proportionnelles à l'angle d'inclinaison.

Bingo!

Dites bonjour à RR++ (ou EBRR?)

- Les dépendances "linéaires / proportionnelles" ne sont pas linéaires à strictement parler (c'est beaucoup plus complexe que ça), mais sont largement "assez linéaires" pour une méthode estimative
- La formule dans le graphique du slide précédant, calculée pour un zéro à 100 m et des clics de 0.1 mrad, nous dit en clair:

Pour corriger les erreurs de IRR, et rendre le modèle plus précis, il faut enlever un clic pour chaque 10 degrés au-dessus de 10: -1 clic à partir de 20°, -2 clics à partir de 30°, etc.

EBRR :: en tableau – K31+GP11

	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0	0.1	0.2	0.4	0.7	1.1	1.5	2.1	2.9	3.9	5.2	7.0
50	0.0	0.0	0.5	0.5	1.1	1.1	1.8	1.8	2.7	3.1	4.3
100	-0.1	-0.3	0.5	0.2	1.0	0.6	1.3	0.7	1.6	0.7	1.6
150	-0.3	-0.6	0.5	0.0	1.0	0.1	1.0	-0.3	0.3	-1.6	-1.1
200	-0.3	-0.8	0.6	-0.2	1.0	-0.4	0.5	-1.4	-0.9	-3.8	-3.8
250	-0.5	-1.1	0.7	-0.5	0.9	-0.8	0.2	-2.4	-2.0	-5.9	-6.5
300	-0.6	-1.3	0.7	-0.7	0.9	-1.2	-0.2	-3.5	-3.1	-8.2	-9.2
350	-0.6	-1.6	0.8	-0.9	1.0	-1.6	-0.4	-4.5	-4.1	-10.4	-11.9
400	-0.6	-1.6	1.1	-0.9	1.1	-1.9	-0.6	-5.2	-5.0	-12.4	-14.3
450	-0.7	-1.9	1.2	-1.0	1.3	-2.2	-0.8	-6.1	-6.0	-14.4	-16.9
500	-0.8	-2.1	1.4	-1.1	1.4	-2.4	-1.0	-6.8	-6.8	-16.2	-19.2
550	-0.9	-2.2	1.6	-1.1	1.7	-2.5	-1.0	-7.6	-7.6	-18.1	-21.5
600	-0.8	-2.2	2.0	-1.0	2.0	-2.6	-0.8	-8.1	-8.3	-19.7	-23.7
650	-0.7	-2.3	2.2	-0.8	2.5	-2.6	-0.7	-8.5	-8.7	-21.3	-25.7
700	-0.7	-2.3	2.6	-0.6	2.9	-2.4	-0.5	-8.8	-9.2	-22.7	-27.5
750	-0.6	-2.2	3.2	-0.3	3.6	-2.1	0.0	-8.9	-9.3	-24.0	-29.2
800	-0.4	-2.1	3.7	0.2	4.4	-1.7	0.7	-8.9	-9.2	-24.9	-30.5
850	-0.1	-1.8	4.5	0.7	5.4	-1.0	1.6	-8.6	-9.0	-25.7	-31.7
900	0.1	-1.4	5.4	1.5	6.5	-0.2	2.7	-8.1	-8.3	-26.0	-32.5
950	0.4	-1.1	6.2	2.3	7.8	0.9	4.0	-7.3	-7.6	-26.1	-33.1
1000	0.9	-0.5	7.4	3.5	9.4	2.3	5.7	-6.1	-6.2	-25.7	-33.0

EBRR :: en tableau – Fass90+GP90

	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0	0.1	0.2	0.4	0.7	1.1	1.5	2.1	2.9	3.9	5.2	7.0
50	0.0	0.1	0.5	0.6	1.2	1.3	2.1	2.3	3.3	3.8	5.4
100	-0.1	-0.2	0.6	0.4	1.3	1.0	2.0	1.6	2.6	2.1	3.6
150	-0.2	-0.5	0.8	0.3	1.4	0.8	1.9	0.9	2.0	0.7	1.9
200	-0.3	-0.6	0.8	0.2	1.6	0.5	1.8	0.3	1.5	-0.9	0.2
250	-0.4	-1.0	0.9	0.0	1.7	0.3	1.6	-0.4	0.7	-2.3	-1.7
300	-0.5	-1.1	1.1	0.0	1.8	0.0	1.7	-1.1	0.2	-3.8	-3.2
350	-0.6	-1.4	1.1	-0.3	1.9	-0.3	1.6	-1.7	-0.5	-5.3	-5.1
400	-0.7	-1.6	1.3	-0.3	2.1	-0.5	1.5	-2.3	-1.0	-6.9	-6.8
450	-0.7	-1.8	1.4	-0.4	2.3	-0.6	1.5	-2.8	-1.5	-8.2	-8.3
500	-0.8	-2.0	1.7	-0.5	2.5	-0.9	1.5	-3.5	-2.1	-9.7	-10.0
550	-1.0	-2.2	1.7	-0.6	2.6	-1.1	1.4	-4.1	-2.7	-11.2	-11.8
600	-1.0	-2.5	1.8	-0.7	2.8	-1.3	1.3	-4.8	-3.2	-12.6	-13.4
650	-1.1	-2.7	2.0	-0.8	2.9	-1.5	1.3	-5.3	-3.8	-14.1	-15.2
700	-1.3	-2.9	2.0	-1.0	3.0	-1.8	1.1	-6.1	-4.6	-15.8	-17.1
750	-1.4	-3.2	2.2	-1.3	3.0	-2.2	0.9	-6.8	-5.3	-17.4	-19.0
800	-1.5	-3.4	2.3	-1.4	3.2	-2.4	0.9	-7.5	-6.0	-19.0	-20.8
850	-1.3	-3.3	2.7	-1.1	3.8	-2.2	1.3	-7.7	-6.1	-20.0	-22.0
900	-1.1	-3.1	3.4	-0.5	4.8	-1.4	2.3	-6.9	-5.4	-20.1	-22.3
950	-0.7	-2.5	4.7	0.9	6.6	0.4	4.4	-5.3	-3.4	-18.9	-21.4
1000	0.1	-1.3	6.7	3.0	9.3	3.1	7.7	-2.2	-0.1	-16.2	-18.6

EBRR :: en tableau – 8.6 mm

	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0	0.1	0.2	0.4	0.7	1.1	1.5	2.1	2.9	3.9	5.2	7.0
50	0.0	0.1	0.5	0.6	1.2	1.2	1.9	2.1	3.1	3.5	4.8
100	-0.1	-0.3	0.6	0.3	1.2	0.9	1.7	1.1	2.2	1.6	2.6
150	-0.2	-0.5	0.7	0.1	1.3	0.5	1.5	0.4	1.3	-0.4	0.5
200	-0.4	-0.8	0.7	-0.1	1.2	0.1	1.1	-0.6	0.4	-2.2	-1.8
250	-0.5	-1.1	0.8	-0.2	1.3	-0.3	1.0	-1.4	-0.5	-4.1	-4.0
300	-0.6	-1.2	0.9	-0.4	1.4	-0.6	0.8	-2.2	-1.4	-5.9	-6.0
350	-0.7	-1.5	1.1	-0.5	1.5	-0.9	0.7	-2.9	-2.1	-7.6	-8.2
400	-0.7	-1.6	1.2	-0.6	1.7	-1.0	0.6	-3.6	-2.9	-9.4	-10.1
450	-0.7	-1.8	1.4	-0.6	1.8	-1.3	0.5	-4.3	-3.5	-11.0	-12.2
500	-0.8	-2.0	1.5	-0.7	2.0	-1.5	0.4	-4.9	-4.2	-12.7	-14.2
550	-0.9	-2.2	1.7	-0.8	2.3	-1.6	0.5	-5.6	-4.9	-14.3	-16.0
600	-0.8	-2.2	2.0	-0.7	2.6	-1.6	0.6	-6.0	-5.2	-15.6	-17.8
650	-0.8	-2.4	2.3	-0.6	3.0	-1.7	0.6	-6.5	-5.7	-17.0	-19.6
700	-0.9	-2.4	2.6	-0.6	3.3	-1.7	0.8	-6.9	-6.2	-18.4	-21.3
750	-0.8	-2.5	2.9	-0.4	3.7	-1.6	1.1	-7.1	-6.4	-19.5	-22.6
800	-0.9	-2.5	3.3	-0.2	4.2	-1.5	1.5	-7.3	-6.6	-20.7	-24.1
850	-0.6	-2.4	3.8	0.1	5.0	-1.1	2.0	-7.4	-6.5	-21.6	-25.3
900	-0.5	-2.3	4.3	0.5	5.6	-0.7	2.6	-7.3	-6.5	-22.5	-26.5
950	-0.4	-2.2	4.9	0.8	6.3	-0.3	3.3	-7.2	-6.3	-23.3	-27.6
1000	-0.3	-2.0	5.5	1.4	7.2	0.2	4.1	-6.9	-5.9	-23.8	-28.5

EBRR vs. entre-axe

50 mm												90 mm											
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.1	1.5	2.1	2.8	3.7	5.0	0	0.1	0.3	0.6	0.9	1.4	2.0	2.7	3.7	5.0	6.7	9.0
50	0.0	0.0	0.4	0.4	1.0	0.9	1.5	1.4	2.2	2.3	3.3	50	0.0	0.1	0.6	0.6	1.3	1.4	2.1	2.2	3.3	3.8	5.3
100	-0.1	-0.3	0.5	0.2	1.0	0.6	1.3	0.7	1.6	0.7	1.6	100	-0.1	-0.3	0.5	0.2	1.0	0.6	1.3	0.7	1.6	0.7	1.6
150	-0.2	-0.6	0.6	0.1	1.1	0.3	1.3	0.1	1.0	-0.8	-0.1	150	-0.3	-0.6	0.5	-0.1	0.8	-0.1	0.7	-0.7	-0.3	-2.3	-2.1
200	-0.3	-0.8	0.8	0.0	1.3	0.1	1.2	-0.6	0.2	-2.3	-1.8	200	-0.4	-0.9	0.5	-0.4	0.7	-0.8	-0.1	-2.2	-2.0	-5.2	-5.8
250	-0.5	-1.0	0.9	-0.2	1.4	-0.1	1.1	-1.1	-0.3	-3.7	-3.5	250	-0.6	-1.2	0.5	-0.8	0.4	-1.5	-0.8	-3.6	-3.6	-8.4	-9.7
300	-0.6	-1.2	1.0	-0.3	1.5	-0.3	1.1	-1.8	-0.9	-5.2	-5.2	300	-0.7	-1.5	0.5	-1.1	0.3	-2.2	-1.4	-5.2	-5.3	-11.2	-13.4
350	-0.6	-1.4	1.1	-0.4	1.7	-0.5	1.1	-2.2	-1.3	-6.6	-6.9	350	-0.7	-1.7	0.5	-1.4	0.2	-2.8	-1.9	-6.5	-7.0	-14.1	-16.9
400	-0.6	-1.4	1.5	-0.2	2.1	-0.5	1.3	-2.7	-1.7	-7.8	-8.3	400	-0.7	-2.0	0.7	-1.6	0.2	-3.3	-2.5	-7.8	-8.4	-16.9	-20.3
450	-0.6	-1.7	1.6	-0.3	2.4	-0.6	1.3	-3.2	-2.1	-9.2	-9.7	450	-0.9	-2.1	0.7	-1.7	0.2	-3.7	-2.9	-9.0	-10.0	-19.6	-23.9
500	-0.7	-1.8	1.9	-0.2	2.7	-0.6	1.6	-3.5	-2.4	-10.3	-11.2	500	-0.9	-2.4	0.9	-1.9	0.2	-4.3	-3.4	-10.3	-11.4	-22.4	-27.2
550	-0.7	-1.9	2.2	-0.2	3.1	-0.6	1.9	-3.8	-2.6	-11.3	-12.3	550	-1.0	-2.5	1.0	-2.0	0.3	-4.7	-3.8	-11.3	-12.7	-24.8	-30.7
600	-0.6	-1.9	2.6	0.1	3.7	-0.4	2.2	-3.8	-2.6	-12.1	-13.5	600	-0.9	-2.6	1.2	-2.1	0.5	-4.9	-4.0	-12.2	-13.9	-27.4	-33.7
650	-0.5	-1.9	3.1	0.3	4.2	0.0	2.8	-3.8	-2.5	-12.9	-14.5	650	-0.9	-2.6	1.5	-2.1	0.7	-5.0	-4.1	-13.2	-14.9	-29.6	-36.7
700	-0.5	-1.9	3.5	0.6	4.9	0.2	3.3	-3.7	-2.3	-13.6	-15.3	700	-0.9	-2.7	1.8	-2.0	1.1	-5.2	-4.1	-13.9	-16.0	-31.8	-39.7
750	-0.4	-1.6	4.1	1.1	5.7	0.8	4.1	-3.4	-1.9	-14.1	-15.8	750	-0.8	-2.7	2.3	-1.7	1.6	-5.1	-3.9	-14.5	-16.7	-33.8	-42.4
800	-0.2	-1.5	4.7	1.7	6.7	1.5	5.1	-2.9	-1.2	-14.3	-16.3	800	-0.7	-2.6	2.8	-1.4	2.1	-4.9	-3.7	-14.8	-17.3	-35.5	-44.7
850	0.1	-1.2	5.5	2.4	7.8	2.4	6.3	-2.2	-0.3	-14.2	-16.3	850	-0.5	-2.4	3.5	-0.9	2.9	-4.4	-3.1	-15.0	-17.5	-37.0	-46.9
900	0.4	-0.8	6.5	3.3	9.1	3.6	7.8	-1.2	0.7	-13.7	-16.1	900	-0.1	-2.1	4.2	-0.2	3.9	-3.9	-2.3	-14.8	-17.5	-38.2	-48.9
950	0.8	-0.4	7.4	4.2	10.6	4.7	9.4	0.1	2.2	-13.1	-15.5	950	0.1	-1.7	5.0	0.5	5.0	-3.1	-1.4	-14.6	-17.4	-39.1	-50.5
1000	1.2	0.2	8.7	5.5	12.3	6.5	11.5	1.7	4.1	-12.0	-14.4	1000	0.6	-1.2	6.2	1.5	6.4	-1.9	0.0	-13.8	-16.5	-39.6	-51.6

- Légère sensibilité à la hauteur de l'axe de visée; héritée d'IRR.
- Reste toutefois largement digne de confiance avec les valeurs d'entre-axe raisonnables.

EBRR :: l'approche

- Commencer par IRR
 - Multiplier l'élévation "à plat" par le cosinus de l'angle de visée
- Ingrédient secret pour une arme zérotée à 100m, clics de 0.1 mrad
 - Enlever un clic d'élévation pour chaque 10 degrés au-dessus de 10: -1 clic à partir de 20°, -2 clics à partir de 30°, etc.

EBRR ::

ça existe aussi pour les pervers

- Pour les victimes de lunettes en $\frac{1}{4}$ MOA (zéro à 100 m)
 - Enlever un clic pour chaque 5 degrés au-dessus de 20: -1 clic à partir de 25°, -2 clics à partir de 30°, -3 clics à partir de 35°, etc.
- Pour ceux qui ont les lunettes comme tous les gens normaux (c. à d. en 0.1 mrad), mais les zérocent à 300m
 - Enlever un clic pour chaque 5 degrés au-dessus de 10
- Les pervers ont la vie un peu plus compliquée, mais ça marche aussi

EBRR :: en résumé

Précision:	très bonne
Domaine d'application:	tous les angles, toutes les distances
Complexité:	simple. 1 opération trigonométrique, 1½ opération arithmétique
Avantages:	précision, simplicité
Inconvénients:	le procédé est déterminé par la distance de zéro tage et la valeur de clic
Conclusion:	les zombies n'ont aucune chance

Récapitulatif des méthodes d'estimation pour le tir incliné

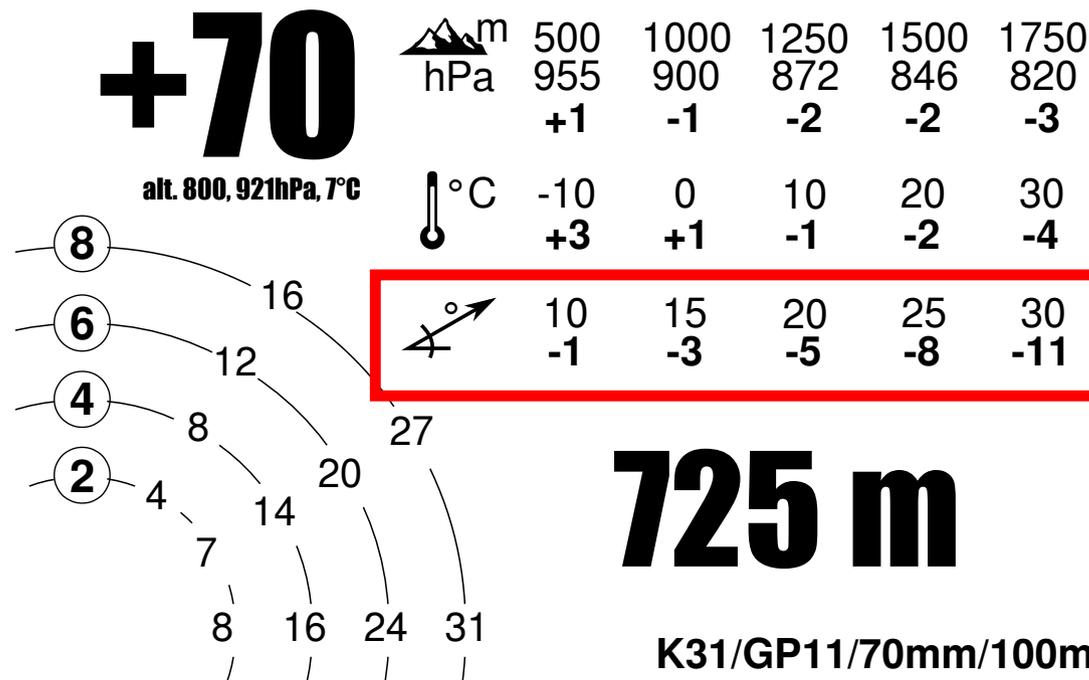
- 3.5.** Si besoin d'une méthode universelle qui marche avec toutes les valeurs de clic et toutes les distances de zéro tage, IRR est la réponse. Zéro tage à 100m recommandé.
- 3.6.** Pour un fusil zéro té à 100 m avec des clics de 0.1 mrad, l'emploi de EBRR en place de IRR peut grandement améliorer la précision à des angles de visée au-delà de 20°.
- 3.7.** Les autres approches soit (a) n'apportent pas grand chose d'utile ("De 1 à 1000", RR), soit (b) sont trop complexes pour le terrain (Sierra's).

En pratique :: les conditions-cadre

- Dans quelle situation ces méthodes auraient du sens?
La logique est simple:
 1. Une calculatrice électronique est généralement nécessaire pour toute opération plus complexe que l'addition ou la soustraction de nombres à deux chiffres;
 2. Si une calculatrice électronique est nécessaire de toute manière, on a meilleur temps de prendre une calculatrice balistique, et ne pas se prendre la tête avec des estimations;
 3. Les méthodes estimatives ont donc du sens seulement en version "low-tech", sans piles, et sans opérations mathématiques complexes.

Option 0 :: direct dans les tables

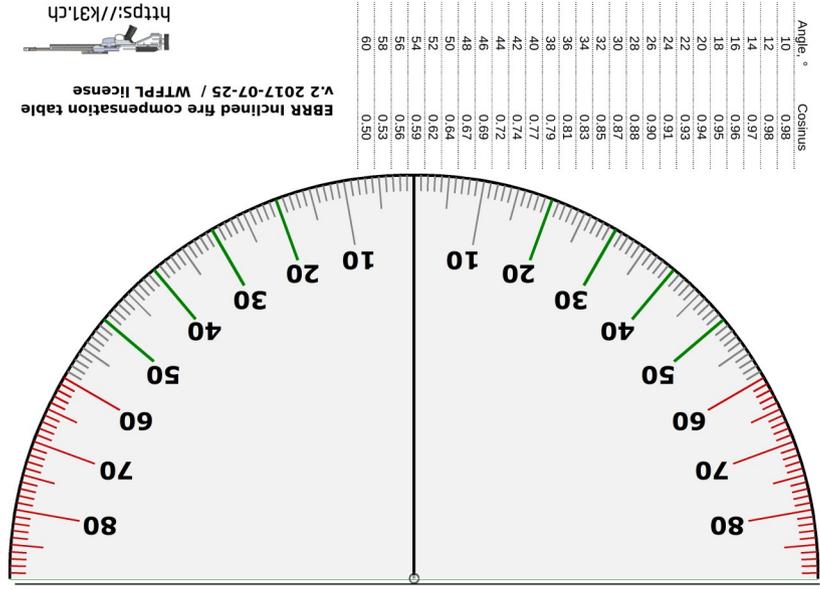
Utiliser une calculette balistique ou la méthode Sierra pour mettre des corrections pour le tir incliné directement dans les abaques / cartes / tables pour le terrain, du genre:



Option 1 :: table de valeurs IRR

(ou EBRR si distance de zérotagage et valeur de clic connues)

https://k31.ch
v.2 2017-07-25 / WTFPL license
EBRR Inclined fire compensation table



Angle °	Cosinus
10	0.98
12	0.98
14	0.97
16	0.96
18	0.95
20	0.94
22	0.93
24	0.91
26	0.90
28	0.88
30	0.87
32	0.85
34	0.83
36	0.81
38	0.79
40	0.77
42	0.74
44	0.72
46	0.69
48	0.67
50	0.64
52	0.62
54	0.59
56	0.56
58	0.53
60	0.50

Intersection nombre de clics (ligne) ↔ angle (colonne) donne la valeur corrigée pour l'inclinaison.

<https://guns.ptosis.ch/sites/default/files/irr-grid-v2.pdf>

<https://guns.ptosis.ch/sites/default/files/ebrr-grid-v2.pdf>

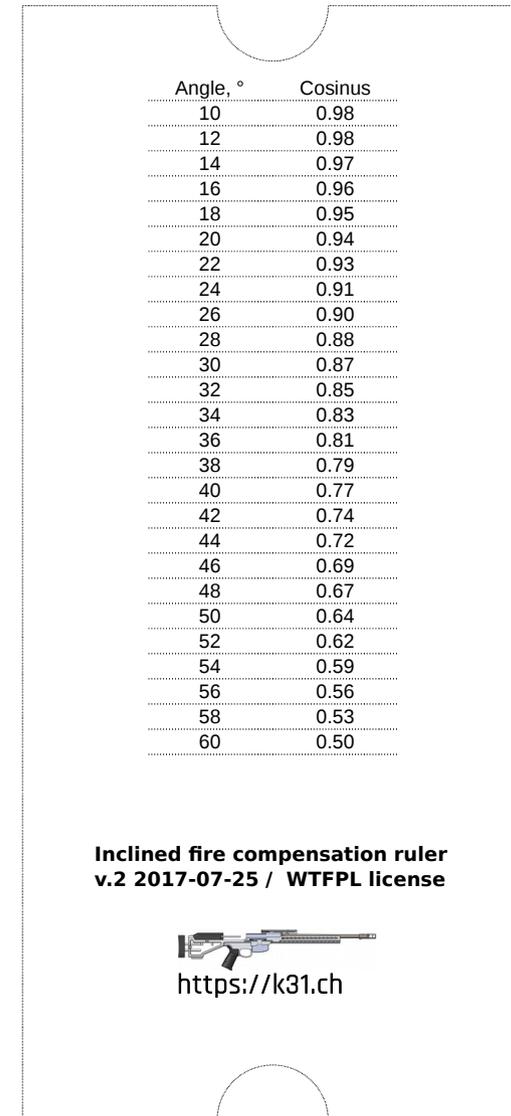
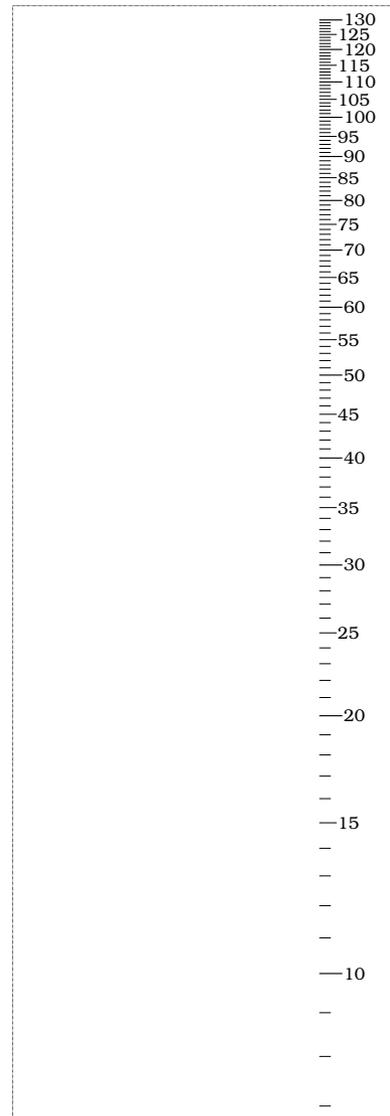
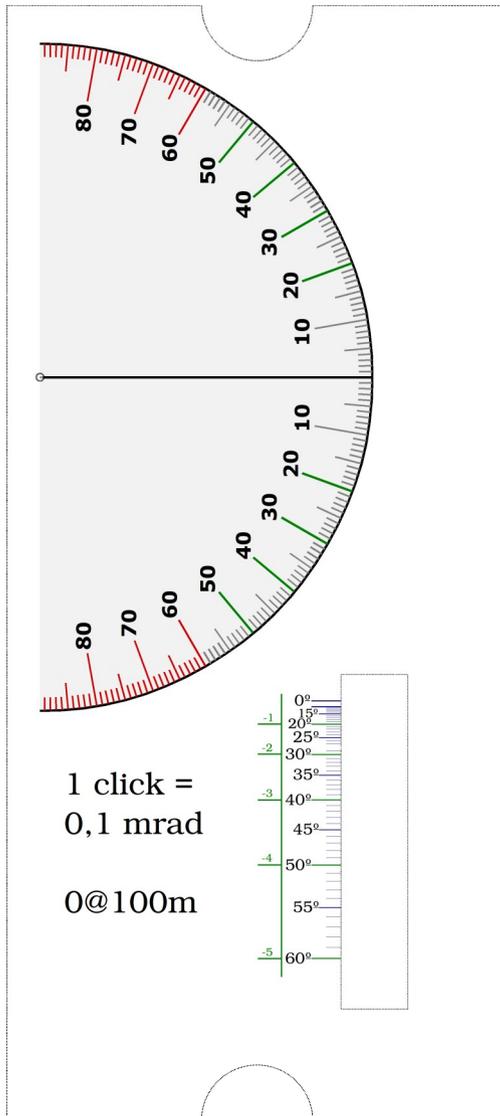
(liens dispo sur la page du cours)

	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
7	7	7	6	5	4	4	2	2
8	8	8	7	6	5	5	3	3
9	9	9	7	7	6	5	4	3
10	10	10	8	8	7	6	5	4
11	11	11	9	9	8	7	5	5
12	12	12	10	10	9	8	6	6
13	13	13	11	11	9	9	7	6
14	14	14	12	12	10	9	8	7
15	15	14	13	13	11	10	8	8
16	16	15	14	14	12	11	9	8
17	17	16	15	14	13	12	10	9
18	18	17	16	15	14	13	11	10
19	19	18	17	16	14	14	12	10
20	20	19	18	17	15	14	12	11
21	21	20	19	18	16	15	13	12
22	22	21	20	19	17	16	14	13
23	23	22	21	20	18	17	15	13
24	24	23	22	21	19	18	15	14
25	25	24	22	22	20	18	16	15
26	26	25	23	23	21	19	17	15
27	27	26	24	23	21	20	18	16
28	28	27	25	24	22	21	18	17
29	29	28	26	25	23	22	19	18
30	30	29	27	26	24	23	20	18
31	31	30	28	27	25	23	21	19
32	32	31	29	28	26	24	22	20
33	33	32	30	29	27	25	23	21
34	33	33	31	30	27	26	23	21
35	34	34	32	31	28	27	24	22
36	35	35	33	32	29	27	25	22
37	36	36	34	33	30	28	25	23
38	37	37	35	33	31	29	26	24
39	38	38	36	34	32	30	27	25
40	39	39	37	35	33	31	28	25
41	40	40	38	36	34	32	28	26
42	41	41	39	37	34	32	29	26
43	42	42	39	38	35	33	30	27
44	43	43	40	39	36	34	31	28
45	44	43	41	40	37	35	31	28
46	45	44	42	41	38	36	32	30
47	46	45	43	42	39	37	33	30
48	47	46	44	43	40	38	34	31
49	48	47	45	44	40	38	35	32
50	49	48	46	44	41	39	35	32
51	50	49	47	45	42	40	36	33
52	51	50	48	46	43	41	37	34
53	52	51	49	47	44	41	38	34
54	53	52	50	48	45	42	38	35

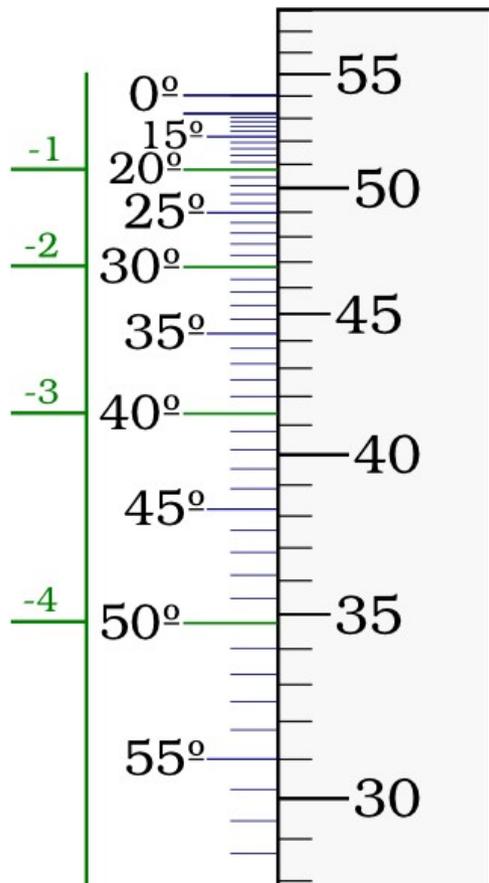
EBRR Inclined fire compensation table, v.2 2017-07-25 / https://k31.ch / WTFPL license

BRR: zero @ 100m, 1 click = 0.1 mrad

Option 2 :: échelle logarithmique (Le "EBRRorator"?)



L'EBRRorator: comment ça marche?



- Aligner dans la fenêtre le nombre de clics nécessaires à plat contre la marque 0°;
- Lire le nombre de clics pour le tir incliné contre la marque de l'angle correspondant;
- L'échelle bleue est simplement IRR. L'échelle verte représente l'ingrédient magique de EBRR.
- Par exemple, les tables balistiques nous disent que pour tirer [à plat] à une distance donnée il faut 54 clics d'élévation. Pour le tir à 30° d'inclinaison, la marque est à 47, et il faut enlever encore 2 (en vert à côté). Résultat: 45.

Commentaires? Suggestions?

L'EBRRorator à imprimer habite ici

<https://guns.ptosis.ch/sites/default/files/a4-angle-ruler-card-v2-mrad.pdf>

(lien dispo sur la page du cours)