

## Jet oblique

### SAISIE POINT PAR POINT DES « PARABOLES DE JET »

- Calcul de la portée du jet en fonction de l'angle et de la vitesse de jet.
- Calcul de la vitesse de jet à partir de la portée maximale du jet.
- Saisie point par point des « parabolles de jet » en fonction de l'angle et de la vitesse de jet.
- Validation du principe de superposition.

UE1030400

03/16 JS

### NOTIONS DE BASE GENERALES

**Le mouvement d'une bille lancée dans le champ de gravitation dans un certain angle par rapport au plan horizontal, se compose, selon le principe de superposition, d'un mouvement à vitesse constante dans le sens du jet et d'un mouvement de chute. Il résulte d'une courbe de vol de forme parabolique, dont la hauteur et la portée dépendent de l'angle de jet  $\alpha$  et de la vitesse de jet  $v_0$ .**

Pour calculer cette courbe de vol, on place dans un esprit de simplification, l'origine des axes de coordonnées au centre de la bille au moment du lancement et on néglige par ailleurs le frottement de l'air par la boule. La bille conserve ensuite sa vitesse initiale dans le sens horizontal

$$v_x(0) = v_0 \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

et atteint donc au moment  $t$  la distance horizontale

$$x(t) = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t \quad (2)$$

Dans le sens vertical, sous l'influence du champ de gravitation, la bille subit l'accélération de chute  $g$ . Au moment  $t$ , sa vitesse est donc

$$v_y(t) = v_0 \cdot \sin \alpha - g \cdot t \quad (3)$$

et la distance verticale

$$y(t) = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (4).$$

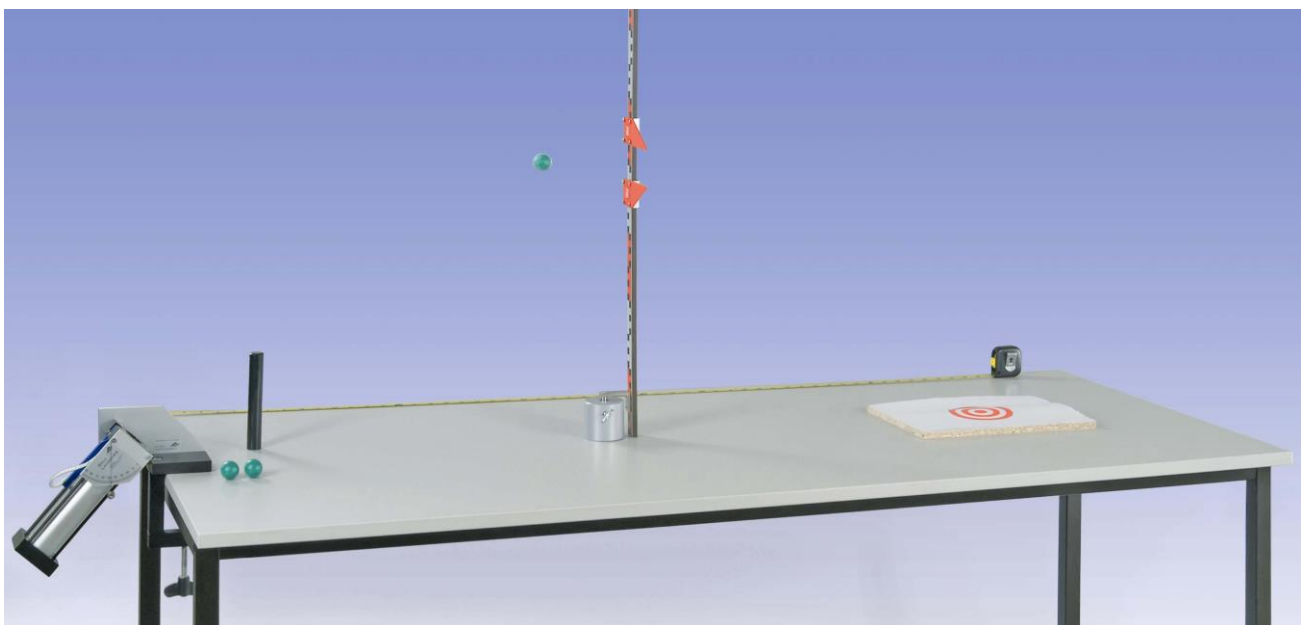


Fig. 1 : Agencement expérimental permettant l'enregistrement points par points des « parabolles de jet »

**LISTE DES APPAREILS**

1 Lanceur balistique	1002654 (U10360)
1 Support pour lanceur balistique	1002655 (U10361)
1 Règle graduée verticale, 1 m	1000743 (U8401560)
1 Jeu d'indices pour règle graduée	1006494 (U8401570)
1 Socle de serrage, 1 kg	1002834 (U13265)
1 Décimètre à ruban de poche, 2 m	1002603 (U10073)

La courbe de vol de la bille a la forme d'une parabole étant donné qu'elle répond à l'équation

$$y(x) = \tan \alpha \cdot x - \frac{1}{2} \cdot \frac{g}{(v_0 \cdot \cos \alpha)^2} \cdot x^2 \tag{5}$$

Au moment

$$t_1 = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g} \tag{6}$$

la bille atteint le point le plus élevé de la parabole et au moment

$$t_2 = 2 \cdot \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g} \tag{7}$$

la hauteur initiale 0. La hauteur de la parabole est donc

$$h = y(t_1) = \frac{v_0^2}{2 \cdot g} \cdot \sin^2 \alpha \tag{8}$$

et la portée

$$s = x(t_2) = 2 \cdot \frac{v_0^2}{g} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \tag{9}$$

Au cours de l'expérience, les courbes de vol d'une bille en bois sont mesurées point par point en fonction de l'angle et de la vitesse de jet, en utilisant une règle graduée verticale dotée de deux aiguilles (voir fig. 3). La composante horizontale  $x$  de la courbe de vol se calculera à partir de la distance horizontale  $X$ , mesurée à l'aide d'un décimètre à ruban de poche, par rapport au bord droit du support :

$$x = X + 110 \text{ mm} \tag{10}$$

La composante verticale  $y$  se calculera à partir des positions  $Y_1$  et  $Y_2$

des deux aiguilles en partant de l'hypothèse que la bille vole en passant exactement par le centre. Il faut tenir compte du fait que le point zéro de nivellement se trouve à la hauteur du rebord supérieur de la table, la bille démarrant 37,5 mm plus haut :

$$y = \frac{Y_2 + Y_1}{2} - 37,5 \text{ mm} \tag{11}$$

L'écart maximal de la valeur calculée par rapport à la valeur réelle est :

$$\Delta y = \frac{Y_2 - Y_1}{2} - 12,5 \text{ mm} \tag{12}$$

**MONTAGE**

- Fixez le support pour lanceur balistique sur la partie frontale d'une table d'une longueur minimale de 2 m, puis assemblez le lanceur balistique conformément aux instructions d'utilisation.
- Déroulez le décimètre à ruban de poche – en commençant au bord droit du support pour lanceur balistique – et fixez-le sur la table.
- Disposez la cible de la figure 2 sur un support d'une épaisseur de 25 mm, placé sur la table à une certaine distance du lanceur balistique.
- Montez derrière le tout une surface de projection sur laquelle la bille rebondira.



Fig. 2 : Cible pour l'atterrissage de la bille

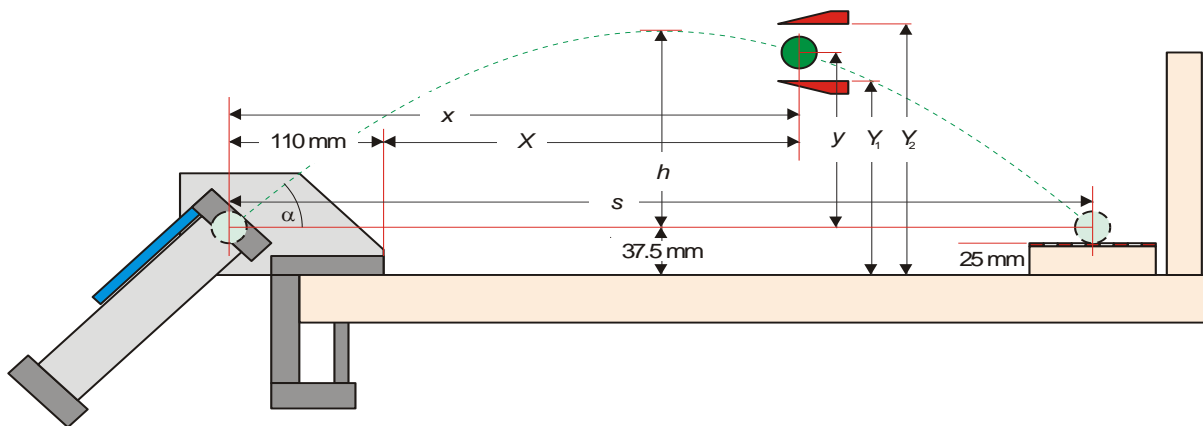


Fig. 3 : Représentation schématique

## CONSIGNES DE SECURITE

Bien que l'énergie de lancement de la bille soit très faible, la bille ne doit en aucun cas atteindre les yeux.

- Ne regardez jamais directement la trajectoire du lanceur balistique !
- Ne vérifiez la position de la bille qu'en utilisant les alésages latéraux du lanceur balistique.
- Avant le lancement de la bille, vérifiez qu'aucune personne ne se trouve dans le cheminement de la trajectoire.

## REALISATION

### Détermination de la portée du jet en fonction de l'angle de jet :

- Réglez l'angle de jet  $\alpha = 30$  degrés.
- Placez la cible à une distance d'environ 1 m.
- Chargez le lanceur balistique conformément aux instructions d'utilisation jusqu'à sa plus petite tension de ressort.
- Lancez la bille et suivez sa trajectoire.
- Déplacez la cible en direction du point d'impact de la bille.
- Répétez le lancement de la bille, et corrigez la position de la cible jusqu'à ce que la bille aboutisse au centre de la cible.
- Déterminez la distance  $X$  par rapport au centre de la cible, et portez le résultat dans le tableau 1.
- Réalisez successivement cette mesure également pour les angles de jet  $\alpha = 45$  degrés, 60 degrés et 75 degrés.
- Dans le tableau 1, calculez les portées de jet  $s$  à partir des distances  $X$  selon (10).

### Détermination de la portée du jet maximale en fonction de la vitesse de jet :

- Réglez l'angle de jet  $\alpha = 45$  degrés.
- Chargez le lanceur balistique conformément aux instructions d'utilisation jusqu'à la tension de ressort moyenne.
- Lancez la bille et suivez sa trajectoire.
- Déplacez la cible en direction du point d'impact de la bille.
- Répétez le lancement de la bille, et corrigez la position de la cible jusqu'à ce que la bille aboutisse au centre de la cible.
- Déterminez la distance  $X$  du centre de la cible, et portez le résultat dans le tableau 2.
- Réalisez également cette mesure pour la tension du ressort maximale.
- Dans le tableau 2, calculez les portées maximales de jet  $s_{\max}$  à partir des distances  $X$  selon (10).

### Enregistrement point par point des « paraboles de jet » en fonction de l'angle de jet :

- Réglez l'angle de jet  $\alpha = 30$  degrés et positionnez la cible afin que la bille aboutisse au centre pour une tension de ressort minimale.
- Montez la règle graduée verticale dans le socle de serrage et réglez-la à  $X = 100$  mm.
- Placez la paire d'aiguilles à  $Y_1 = 110$  mm et  $Y_2 = 140$  mm.
- Lancez la bille pour une tension de ressort minimale et vérifiez si elle aboutit au centre de la cible sans rencontrer d'obstacles.
- Corrigez, le cas échéant, la position des aiguilles jusqu'à ce que la bille aboutisse au centre de la cible.
- Portez les valeurs  $X$ ,  $Y_1$  et  $Y_2$  dans le tableau 3, et calculez  $x$ ,  $y$  et  $\Delta y$  à partir de ces valeurs.
- Augmentez les distances  $X$  par incréments de 50 mm, et corrigez à chaque nouvelle distance la position des aiguilles jusqu'à ce que la bille aboutisse au centre de la cible pour une tension de ressort minimale.
- Réalisez également ces mesures pour les angles de jet  $\alpha = 45$  degrés, 60 degrés et 75 degrés, et portez les résultats dans les tableaux 4, 5 et 6.
- Si vous disposez de suffisamment de place pour les expériences, réalisez également ces mesures pour des tensions de ressort plus élevées.

## EXEMPLE DE MESURE

### Détermination de la portée du jet en fonction de l'angle de jet :

Tableau 1 : Portée du jet en fonction de l'angle de jet pour une vitesse de jet minimale

$\alpha$	$X / \text{mm}$	$s / \text{mm}$
30°	920	1030
45°	1100	1210
60°	910	1020
75°	465	575

Tableau 2 : Portée du jet maximale en fonction de la vitesse de jet

Tension de ressort	$X / \text{mm}$	$s_{\max} / \text{mm}$	$v_0 / \text{m/s}$
1	1100	1210	3,45
2	2230	2340	4,79
3	4490	4600	6,72

**Enregistrement point par point des « paraboles de jet » en fonction de l'angle de jet :**

Tableau 3 : Coordonnées de la courbe de vol par rapport à l'angle de jet  $\alpha = 30$  degrés :

X / mm	x / mm	Y <sub>1</sub> / mm	Y <sub>2</sub> / mm	y / mm	$\Delta y$ / mm
100	210	110	140	87,5	2,5
150	260	135	165	112,5	2,5
200	310	155	185	132,5	2,5
250	360	165	195	142,5	2,5
300	410	175	205	152,5	2,5
350	460	180	210	157,5	2,5
400	510	185	215	162,5	2,5
450	560	185	215	162,5	2,5
500	610	180	210	157,5	2,5
550	660	175	205	152,5	2,5
600	710	165	200	145,0	5
650	760	150	185	130,0	5
700	810	140	170	117,5	2,5
750	860	120	155	100,0	5

Tableau 4 : Coordonnées de la courbe de vol par rapport à l'angle de jet  $\alpha = 45$  degrés :

X / mm	x / mm	Y <sub>1</sub> / mm	Y <sub>2</sub> / mm	y / mm	$\Delta y$ / mm
0	110	120	155	100	5
50	160	160	195	140	5
100	210	195	225	172,5	2,5
150	260	225	260	205	5
200	310	255	290	235	5
250	360	275	310	255	5
300	410	295	330	275	5
350	460	310	345	290	5
400	510	325	355	302,5	2,5
450	560	330	360	307,5	2,5
500	610	330	360	307,5	2,5
550	660	325	355	302,5	2,5
600	710	320	350	297,5	2,5
650	760	310	340	287,5	2,5
700	810	290	320	267,5	2,5
750	860	270	305	250	5
800	910	245	285	227,5	7,5
850	960	220	255	200	5
900	1010	185	225	167,5	7,5
950	1060	145	190	130	10
1000	1110	110	150	92,5	7,5

Tableau 5 : Coordonnées de la courbe de vol par rapport à l'angle de jet  $\alpha = 60$  degrés :

X / mm	x / mm	Y <sub>1</sub> / mm	Y <sub>2</sub> / mm	y / mm	$\Delta y$ / mm
0	11	195	245	182,5	12,5
50	16	260	305	245	10
100	21	310	350	292,5	7,5
150	26	370	410	352,5	7,5
200	31	405	440	385	5
250	36	440	485	425	10
300	41	465	495	442,5	2,5
350	46	480	510	457,5	2,5
400	51	480	510	457,5	2,5
450	56	475	505	452,5	2,5
500	61	460	490	437,5	2,5
550	66	435	470	415	5
600	71	405	445	387,5	7,5
650	76	355	400	340	10
700	81	310	355	295	10
750	86	245	295	232,5	12,5
800	91	170	240	167,5	22,5

Tableau 6 : Coordonnées de la courbe de vol par rapport à l'angle de jet  $\alpha = 75$  degrés :

X / mm	x / mm	Y <sub>1</sub> / mm	Y <sub>2</sub> / mm	y / mm	$\Delta y$ / mm
0	110	310	430	332,5	47,5
50	160	450	510	442,5	17,5
100	210	525	570	510	10
150	260	575	605	552,5	2,5
200	310	575	610	555	5
250	360	540	585	525	10
300	410	470	525	460	15
350	460	360	440	362,5	27,5
400	510	225	320	235	35

## EVALUATION

### Détermination de la portée du jet en fonction de l'angle de jet :

La figure 4 illustre sous forme graphique la dépendance de la portée du jet  $s$  de l'angle de jet  $\alpha$  en s'appuyant sur les valeurs mesurées du tableau 1. La courbe tracée, passant par les points de mesure, a été calculée pour  $v_0 = 3,42$  m/s selon (9).

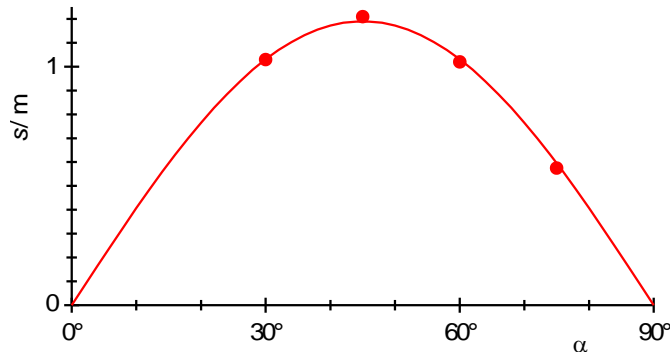


Fig. 4 : Portée du jet en fonction de l'angle de jet

L'angle de jet  $\alpha = 45^\circ$  a permis d'atteindre la portée la plus grande  $s_{\max}$  de toutes les courbes de vol.

### Détermination de la portée du jet maximale $s_{\max}$ en fonction de la vitesse de jet $v_0$ :

La vitesse de jet  $v_0$  peut se calculer à partir de la portée du jet maximale  $s_{\max}$ , obtenue à 45 degrés. En raison de l'équation 9, l'équation suivante s'applique :

$$v_0 = \sqrt{g \cdot s_{\max}}$$

Les résultats sont listés au tableau 2.

### Enregistrement point par point des « paraboles de jet » en fonction de l'angle de jet :

La figure 5 illustre les courbes de vol listées dans les tableaux 3 à 6 sous forme graphique. Une analyse précise montre que les courbes de vol ne dévient que de manière insignifiante de la forme parabolique en raison du frottement de l'air exercé sur la bille dont il faut tenir compte.

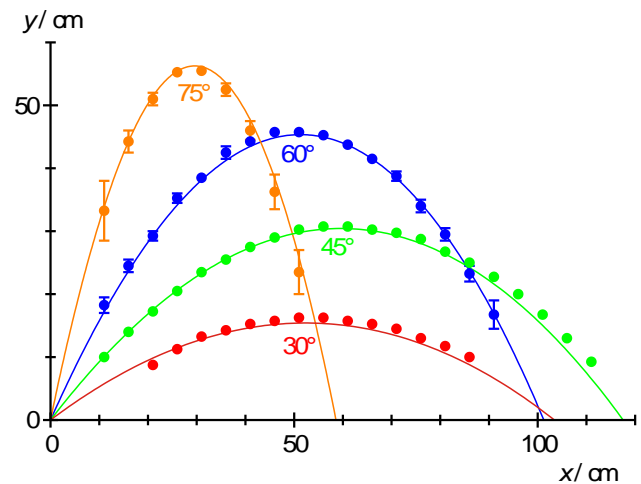


Fig. 5 : Paraboles de jet mesurées en tenant compte du frottement de l'air à une vitesse de jet minimale et à divers angles de jet.