

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DE SKI

**Normes de construction
des
Tremplins de Saut à Skis
2008**

Modalités d'exécution de l'art 411 de l'IWO Band III

(Juin 2008)

Auteur : Hans-Heini GASSER
Document traduit en 2008 par Laure COSTIOU (FFS)

Table des matières

1. Remarques préliminaires

2. Eléments géométriques d'un tremplin de saut à ski

3. Classification des tremplins

4. Formules et diagrammes

- 4.1 Profil d'élan
- 4.2 Profil de réception
- 4.3 Arc de transition
- 4.4 Piste de dégagement
- 4.5 Combinaison d'autres directives et limites

5. Illustration par un exemple

- 5.1 Eléments de référence
- 5.2 Détermination de l'inclinaison de la table α et de la vitesse d'élan v_0
- 5.3 Piste d'élan
- 5.4 Profil de réception
- 5.5 Arc de transition
- 5.6 Piste de dégagement
- 5.7 Largeurs préparées

6. Exigences de construction d'un tremplin de saut à ski

- 6.1 Plate-forme de départ
- 6.2 Pente de réception
- 6.3 Tour des juges
- 6.4 Tribune des entraîneurs
- 6.5 Remontées mécaniques
- 6.6 Stand chauffé

7. Remarques

1. Remarques préliminaires

Les tremplins de saut devant être homologués par la FIS, devront être construits selon les normes fixées par celle-ci.

Les mêmes normes-FIS sont applicables à la construction de tous les tremplins qui ne sont pas homologués par la FIS.

L'article 411 de l'IWO Band III définit les éléments géométriques d'un tremplin de saut à skis, et présente les exigences minimales de construction nécessaires à la sécurité des sauteurs, du staff et des spectateurs. Il sert de référence aux contrôleurs des tremplins et aux jurys de compétitions.

Pour le projet d'une nouvelle installation ou pour la reconstruction d'une installation existante, le comité de saut a créé les normes de construction présentées. Il se réfère aux ingénieurs et architectes en charge du projet.

De même, par souci d'exhaustivité, les règles et consignes de l'article 411 de l'IWO sont entièrement répertoriées.

Les graphiques et des formules sont basés sur les enquêtes de biomécanique et physique d'un saut réalisé sur le grand tremplin « Titlis » à Engelberg(CH), lors de la Weltcupskispringens, en décembre 2006.

Les enregistrements des trajectoires, leur évaluation et l'évaluation des forces aérodynamiques ont été exécutés par l'Institut de biomécanique de l'Ecole polytechnique fédérale (ETH) de Zurich sous la direction du Dr et Dr Jachen Denoth Hans Gerber.

Au travers de simulations informatiques des trajectoires, des sauts et de leurs atterrissages, Dr. Hans-Heini Gasser, membre du sous-comité du saut à skis, a défini les éléments géométriques d'un tremplin qui serviront de base à l'élaboration des différents graphiques.

Dr. Hans-Heini Gasser a remis à jour, dans un écrit, les bases géométriques et physiques, ainsi que les aspects de sécurité. Celui-ci peut être commandé à la FIS (adresse page 23).

Considérant que les analyses scientifiques sont le résultat d'opérations expérimentales, les instructions présentées serviront de référence, dans le but de prévenir les trop grosses variations de calcul résultant de la simplification des formules, par exemple la linéarité, qui fournit des résultats exacts, uniquement dans des domaines étroitement limités.

Les éléments présentés ne constituent en aucun cas un complément à l'article 412 ni aux suivants. Ils ne sont également pas valables pour les tremplins de vol à skis.

Important

Dans la version 2004 de l'IWO, qui tient compte des décisions prises par le comité du saut à skis lors du Congrès International du Ski à Miami, les nouvelles caractéristiques de chaque élément du tremplin ont été présentées. Ces caractéristiques ne sont pas homologuées pour la construction d'un tremplin, et ne sont compatibles, ni avec les normes des diagrammes et des formules, ni avec les supports informatiques. Les normes présentées ici tiennent donc compte des caractéristiques de la version 2000 de l'IWO édité à l'issue du Congrès International de Melbourne. Pour parer à toute confusion et afin

d'éviter de sérieuses erreurs, les plans et leurs descriptions doivent être conçus sur la base des anciennes caractéristiques.

2. Eléments géométriques d'un tremplin de saut à ski

Cf. Illustration 1

Piste d'élan :

A	Début de la piste
B	Point de départ le plus bas
E ₁	Début de l'arc de transition
E ₂	Fin de l'arc de transition, Début de la table
T	Bordure de table
e	Longueur total de l'élan entre la plate-forme la plus haute A et le début de la table E ₁
e _s	Zone de départ de A à B
t	Longueur de la table
γ	Inclinaison de la partie droite de la piste d'élan
α	Inclinaison de la table
r ₁	Rayon de la courbe en E ₂

Piste de Réception :

T	Bordure de la table
s	Hauteur de la table
P	Début de la zone de réception
K	Point critique
L	Fin de la zone de réception
U	Fin de l'arc de transition et début de la zone de dégagement
HS	Distance entre la bordure de la table T et la fin de la zone de réception L
w	Distance entre la bordure de la table T et le point critique K
h	Différence de hauteur entre la bordure de la table T et K
n	Distance horizontale entre la bordure de la table T et K
Zu	Différence de hauteur entre la bordure de la table T et le point le plus bas U
L ₁	Longueur de l'arc P-K
L ₂	Longueur de l'arc K-L
l	Longueur de la zone de réception P-L
a	Longueur de la zone de dégagement
β_0	Inclinaison de la tangente de la partie saillante au pied de la table
β_P	Inclinaison de la tangente au point P
β	Inclinaison de la tangente au point K
β_L	Inclinaison de la tangente au point L
r _L	Rayon de la zone de réception
r _{2L}	Rayon de l'arc de transition de L à U par L
r ₂	Rayon de l'arc de transition de L à U par U
b ₁	Largeur préparée de la piste d'élan
b ₂	Largeur de la partie saillante au pied de la table
b _K	Largeur au point K

b_U Largeur au point U

Tour des juges :

d Distance horizontale entre la bordure de la table et le milieu de la cabine inférieure de la tour des juges

q Distance horizontale entre le devant de la tour des juges et l'axe du tremplin

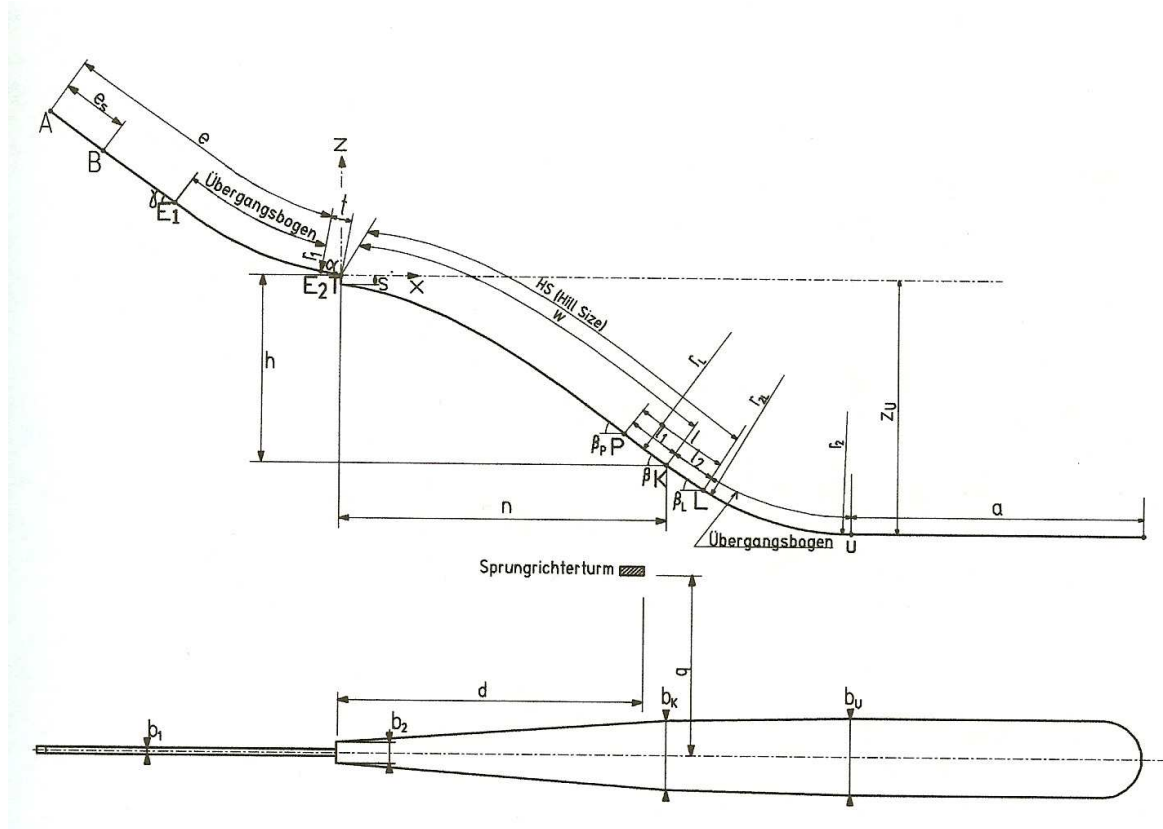


Illustration n°1

3. Classification des tremplins

La taille d'un tremplin est définie par l'éloignement de son point L (HS). Les appellations suivantes

Appellations	HS	Eloignement correspondant
Petit tremplin	49 m et moins	44 m et moins
Tremplin moyen	De 50 à 89 m	De 45 à 74 m
Tremplin normal	De 85 à 109 m	De 75 à 99 m
Grand tremplin	110 m et plus	100 m et plus
Tremplin de vol	185 m et plus	170 m et plus

sont
utilisées :

Les grands tremplins, dont la hauteur Z_u dépasse les 88 m, ne sont pas homologués par la FIS (Art. 411.2 IWO). Pour la construction d'un grand tremplin et d'un tremplin normal au même endroit, la différence HS doit être de 25 mètres minimum.

4. Formules et diagrammes

Dans toutes les formules, les longueurs sont exprimées en mètres, les vitesses en mètres par seconde et les angles en degrés.

La plupart des coefficients ont une dimension (temps, accélération...); pour une meilleure lisibilité, ces dimensions ont été mises de côté.

Pour la présentation des expressions mathématiques, la syntaxe algébrique, avec les règles habituelles de priorité, a été utilisée.

L'éloignement de la sortie est représentée sous le sigle « w » dans les formules de calcul pour les éléments géométriques d'un tremplin. La formule « $HS = w + l_2$ » parue dans l'édition 2004 de l'IWO nous amène à l'équation rapprochée suivante :

$$w = 0.885 * HS + 1.5$$

A chaque distance « HS » doit correspondre une mesure « w », calculée sur cette base. La mesure « l_2 » est à ajouter à « w » afin d'obtenir « HS ». Une éventuelle variation de « HS » exige un nouveau calcul, avec une correction de « w ».

4.1 Profil d'élan

La piste d'élan est composée d'une partie droite d'inclinaison « γ », suivie d'un arc de transition de forme clothoïdale d'un rayon final « r_1 », et terminée par une table d'inclinaison « α » et de longueur « t ».

« v_0 » est la composante de la vitesse du saut, relative à l'inclinaison de la table, qu'un sauteur doit atteindre, pour rejoindre le point K, en l'absence de vent.

Cette composante peut être remarquée dans les illustrations 4 à 11. Plus à ce sujet dans le chapitre 4.2.

Afin de ne pas pénaliser les sauteurs les plus frêles, et pour parer aux situations de vents contraires, la composante v_0 doit être augmentée à Δv_0 ; voici les mesures adéquates :

Petit tremplin	$\Delta v_0 =$ de 1.8 à 2.0 m/s
Tremplin moyen	$\Delta v_0 =$ de 1.5 à 1.8 m/s
Tremplin normal	$\Delta v_0 =$ de 0.8 à 1.0 m/s
Grand tremplin	$\Delta v_0 =$ de 0.4 à 0.5 m/s

Cette vitesse augmentée définit les éléments géométriques de la piste d'élan, rayon et longueur de table.

$$R1 = 0.14 * (v_0 + \Delta v_0)^2$$

$$t = 0.25 * (v_0 + \Delta v_0)$$

La longueur « e » est la distance de « A » à « E₂ », qu'un sauteur doit descendre, en l'absence de vent, et dans des conditions défavorables d'enneigement de la piste (angle de frottement de la neige 3°), pour atteindre la vitesse ($v_0 + \Delta v_0$) en bout de table. La longueur « e » résulte de l'intégration de l'équation différentielle descriptive de l'élan. Le logiciel « Jump2 » fournit les résultats de ces calculs. Pour un calcul approximatif, l'illustration 2, et la formule d'approximation pour « e_s », sont à utiliser. Le meilleur des sauteurs doit être assuré de ne pas dépasser le point « K » s'il démarre de la place « B » sur une piste d'élan rapide ($\rho = 0^\circ$). La place de départ est déterminée en fonction de la valeur « evo » correspondant à « V_0 » (non augmentée) réduite à « $e_s = evo / (2.3 + \gamma/6)$ ».

Afin de tenir également compte des vents ascendants, nous recommandons d'augmenter « e_s » de 15% pour les tremplins normaux et petits, et de 25% pour les grands.

Dans l'illustration 2, « e » est représenté en fonction des valeurs « γ » et « v_0 » d'un élan produit par un tremplin aux valeurs suivantes :

$$\text{« } r_1 \text{ »} = 0.14 * v_0^2$$

$$\text{« } t \text{ »} = 0.25 * v_0$$

$$\text{« } \alpha \text{ »} = 10^\circ$$

$$\text{« } \rho \text{ »} = 3^\circ$$

La formule approximative d'« e_s » précise la longueur de l'élan retenue en cas de valeur « $\rho = 0^\circ$ »

Si l'inclinaison de la table est supérieure, « e » doit être raccourcie de 2% par degré ; si elle est inférieure, « e » doit être rallongée de 2% par degré. Il en découle automatiquement une nouvelle valeur de « e_s »

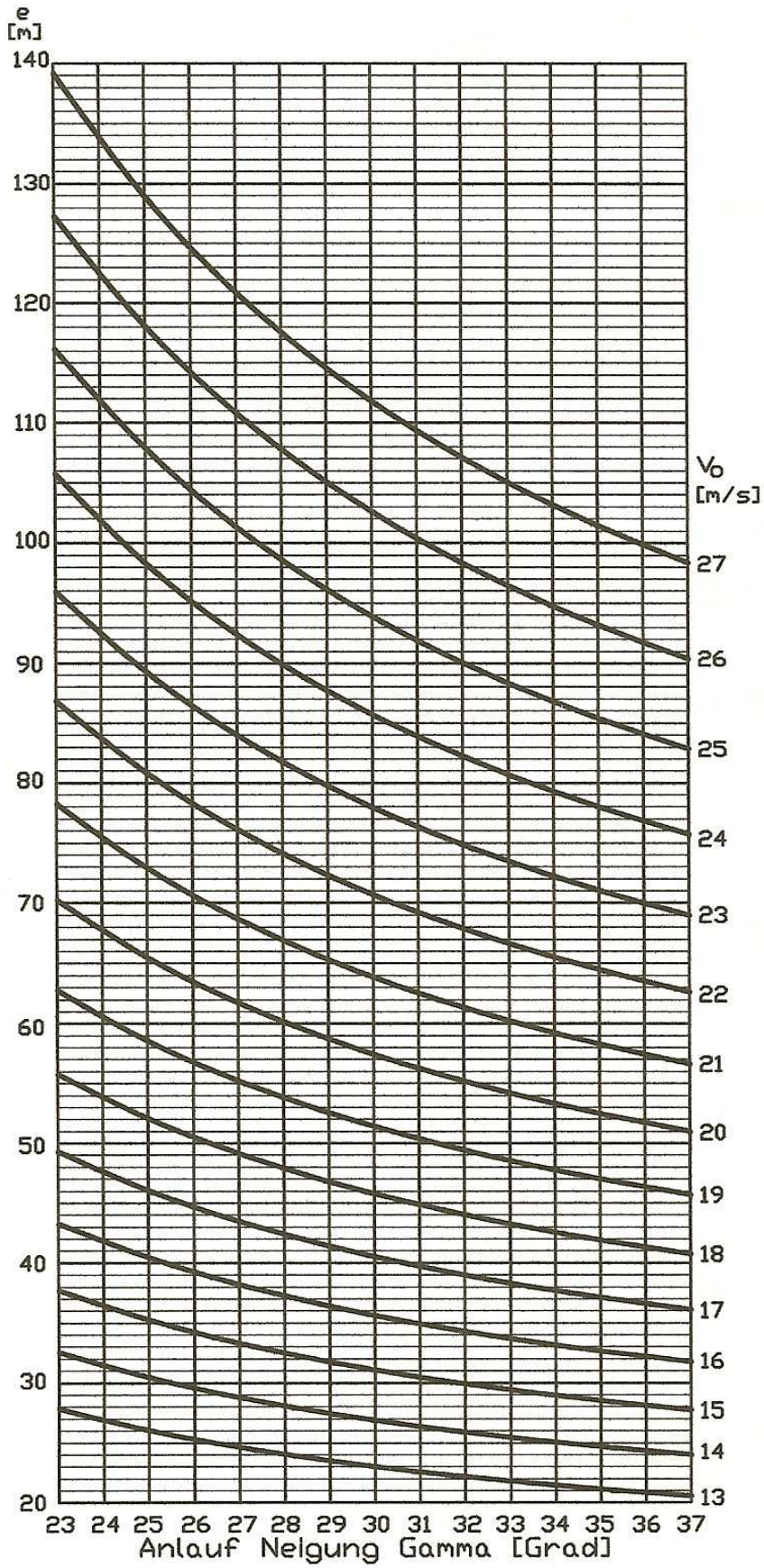


Illustration n° 2 Longueur d'élan « e »

La courbe de transition est à construire avec les formules adéquates, conformément à l'illustration n° 3.

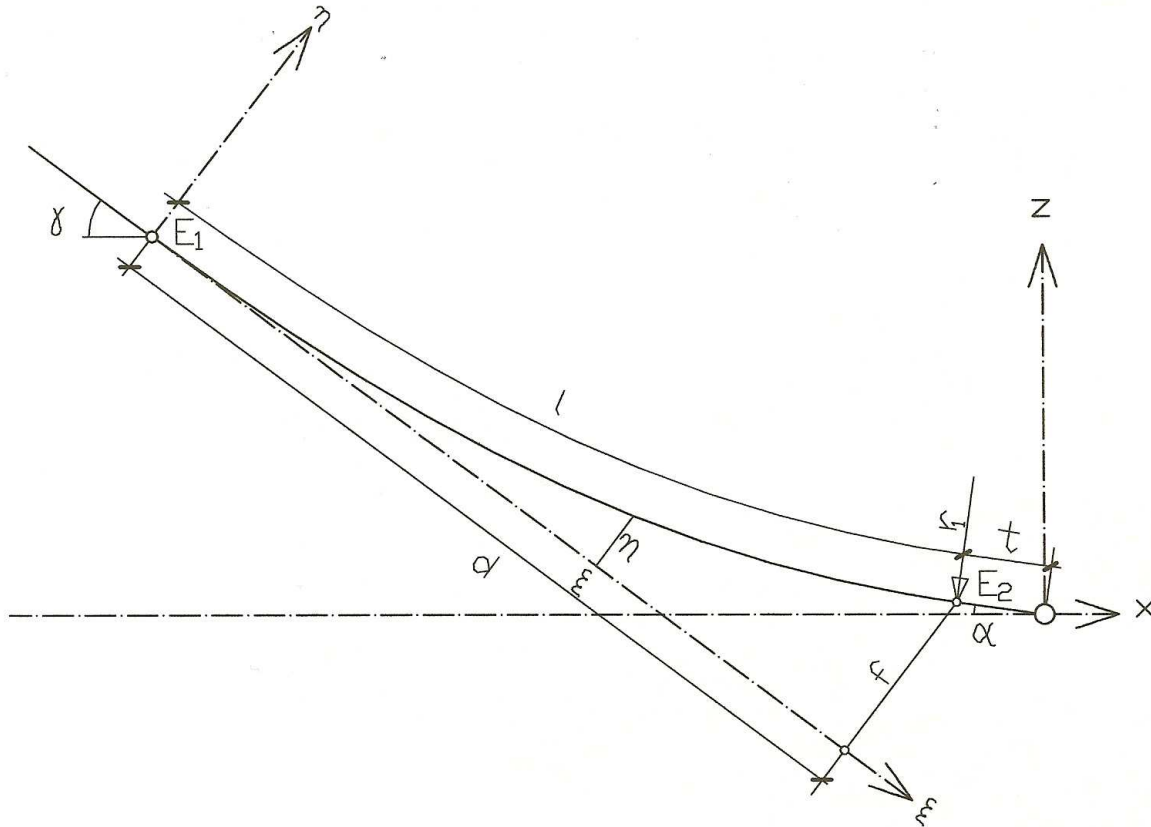


Illustration n° 3

Utilisons la fonction suivante pour définir les coordonnées de γ :

$$\eta = C \cdot \xi^3$$

Les données géométriques de la table « t » et « α », le rayon de courbe « r_1 » au point « E_2 », et l'inclinaison de portion d'accélération sont prédéfinies ; il en découle :

$$d = 2 \cdot r_1 \cdot \sin(\gamma - \alpha) \cdot \cos^2(\gamma - \alpha)$$

$$C = \text{tg}(\gamma - \alpha) / 3 / d^2$$

$$f = \text{tg}(\gamma - \alpha) \cdot d / 3$$

Développement de l'arc de transition

$$l = d \cdot [1 + 0,1 \cdot \text{tg}^2(\gamma - \alpha)]$$

Début et la fin de l'arc de transition E₁ et E₂ :

$$\begin{aligned} \vec{E}_1 &= [- (t \cdot \cos\alpha + f \cdot \sin\gamma + d \cdot \cos\gamma) ; (t \cdot \sin\alpha - f \cdot \cos\gamma + d \cdot \sin\gamma)] \\ \vec{E}_2 &= [- t \cdot \cos\alpha ; t \cdot \sin\alpha]. \end{aligned}$$

La longueur de l'arc de transition peut être calculée à l'aide d'un calcul simplifié des axes de coordonnées inversées « ξ » et « η » avec la fonction « $\eta = C \cdot \xi^3$ ».

La courbe peut aussi être définie par le système de coordonnées « x-y », à l'aide d'une calculatrice programmable. Il faut alors définir l'abscisse « x » à l'aide des formules de secours suivantes :

$$\begin{aligned} P &= ctgy/3/C \\ Q &= (x + t \cdot \cos\alpha + f \cdot \sin\gamma + d \cdot \cos\gamma)/2/C/\sin\gamma \end{aligned}$$

On obtient alors $\xi = [(Q^2+P^3)^{1/2} + Q]^{1/3} - [(Q^2+P^3)^{1/2} - Q]^{1/3}$

Et enfin $z = t \cdot \sin\alpha - f \cdot \cos\gamma + d \cdot \sin\gamma - \xi \cdot \sin\gamma + C \cdot \xi^3 \cdot \cos\gamma$.

Si un cercle est utilisé pour l'arc de transition, la longueur de la piste d'élan peut être raccourcie d'autant de valeur qu'est la différence de hauteur entre le bord de la table et le point E, que le résultat obtenu en utilisant la parabole cubique « $r_1 = 0.14 \cdot v_0^2$ ».

L'inclinaison maximale de la piste d'élan est de 37°. Il est préconisé de ne pas dépasser les 35°.

Sinon : Si $w > 90$, $\gamma = 30^\circ$ minimum

Si $w < 90$, $\gamma = 25^\circ$ minimum

Pour les tremplins débutants $w < 30$, γ ne doit pas dépasser 32°.

L'inclinaison de la table « α » se règle par rapport aux éléments géométriques de la piste de réception. (Voir chapitre suivant)

4.2 Profil de réception

Le profil de la piste de réception dépend de la conjonction de quatre facteurs : la **table**, la **zone d'atterrissage**, l'**arc de transition** et la **piste d'élan**. Pour tout projet de construction, « w » doit être prise comme mesure de référence du tremplin. Selon la coupe du terrain, la position du bord de la table doit avant tout être définie par rapport à l'axe du tremplin. Selon la raideur du terrain proposé, il est recommandé de déterminer le rapport h/n. Les valeurs « w » et « h/n » ne peuvent être considérées indépendamment l'une de l'autre.

Le domaine recommandé est représenté, par les illustrations n°4 à n°11, selon une limitation.

Les zones sont différentes selon l'inclinaison de la table. Le choix de l'inclinaison se fait dans le diagramme dont les valeurs « w » et « h/n » de la zone choisie concordent. Le troisième paramètre « α » peut être défini de la même façon. Les valeurs « v_0 », et « β » au point K, peuvent être lues sur le diagramme (interpolation linéaire).

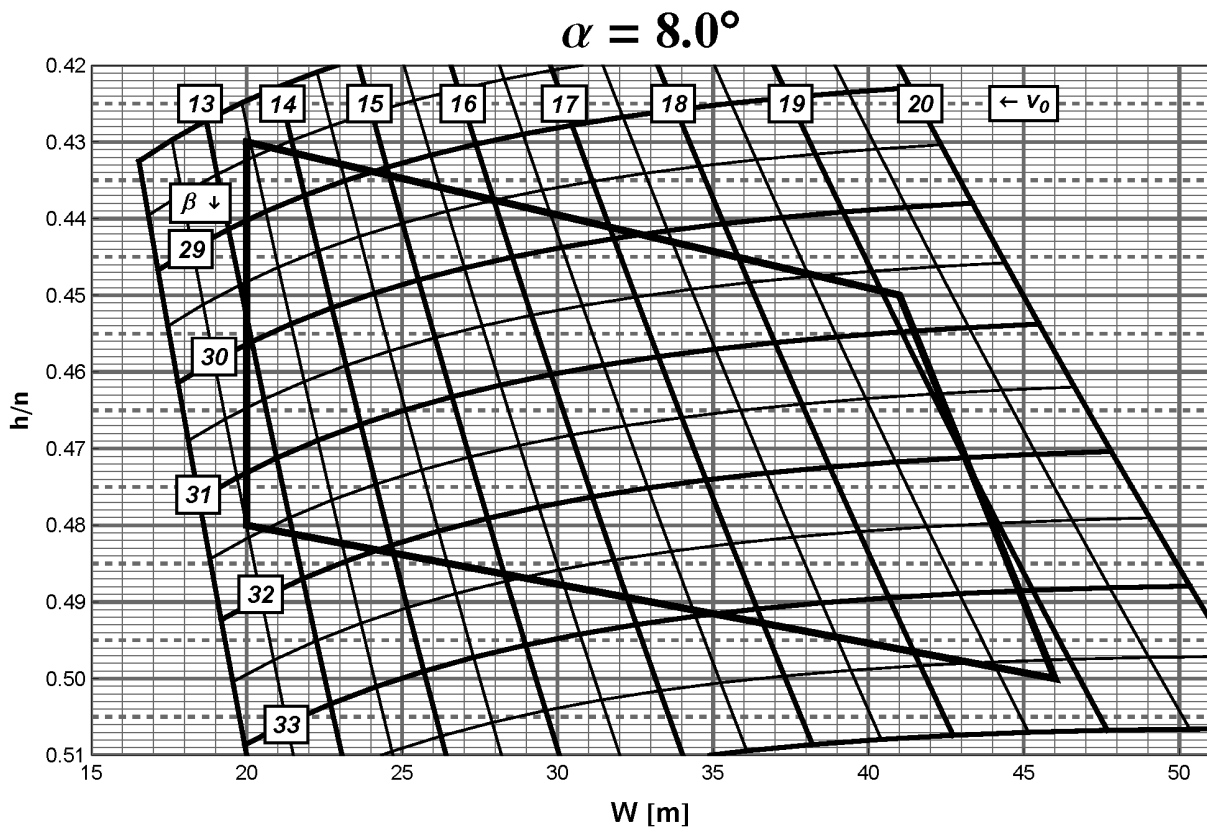


Illustration n° 4

$\alpha = 8.5^\circ$

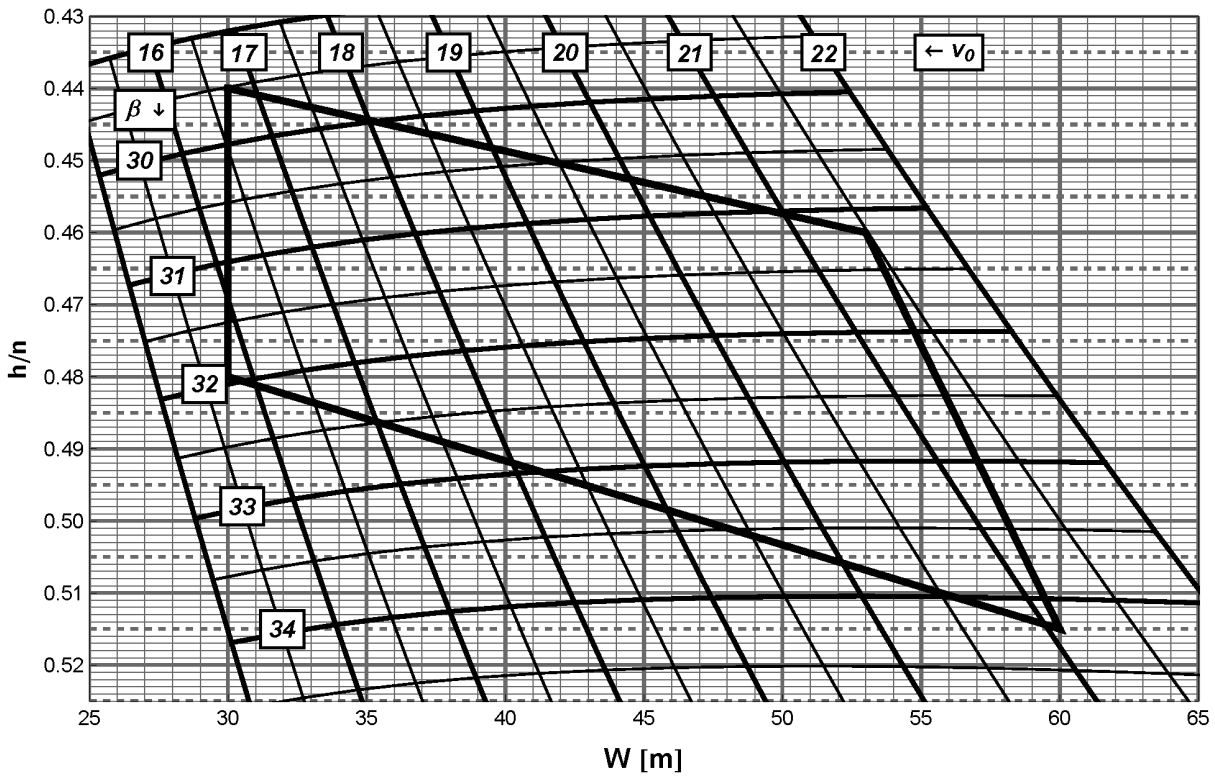


Illustration n° 5

$\alpha = 9.0^\circ$

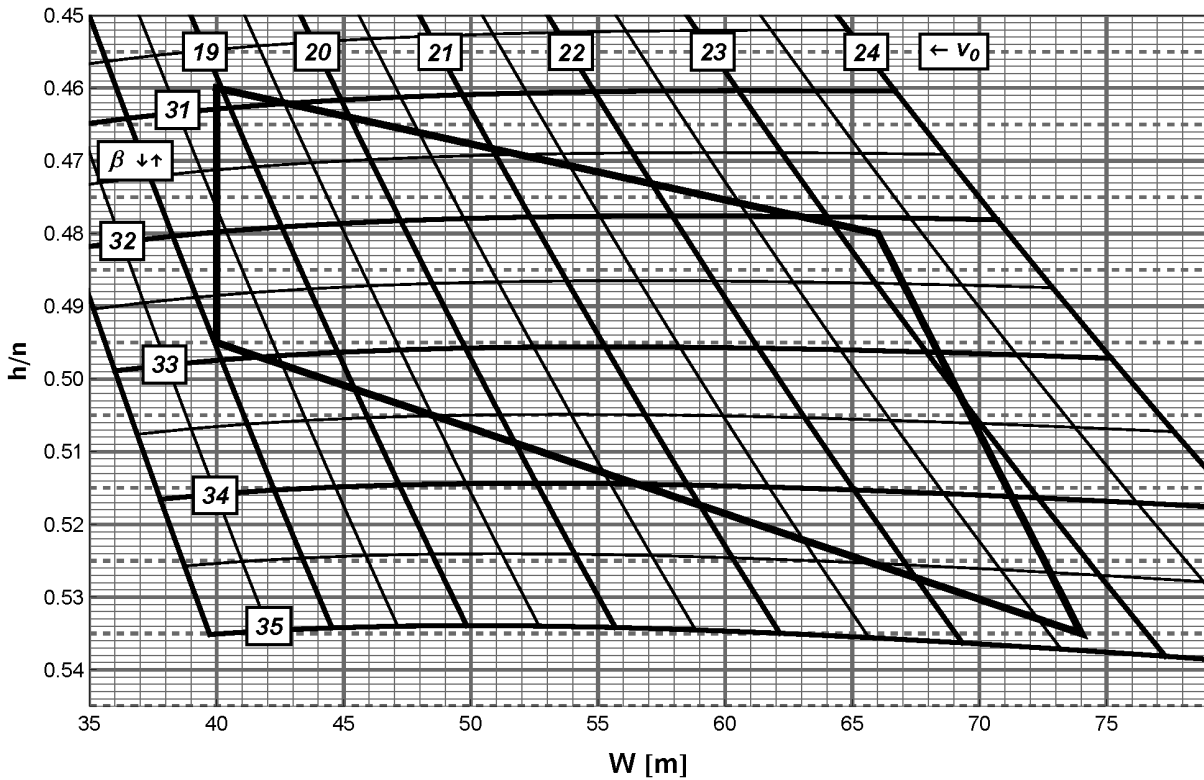


Illustration n° 6

$\alpha = 9.5^\circ$

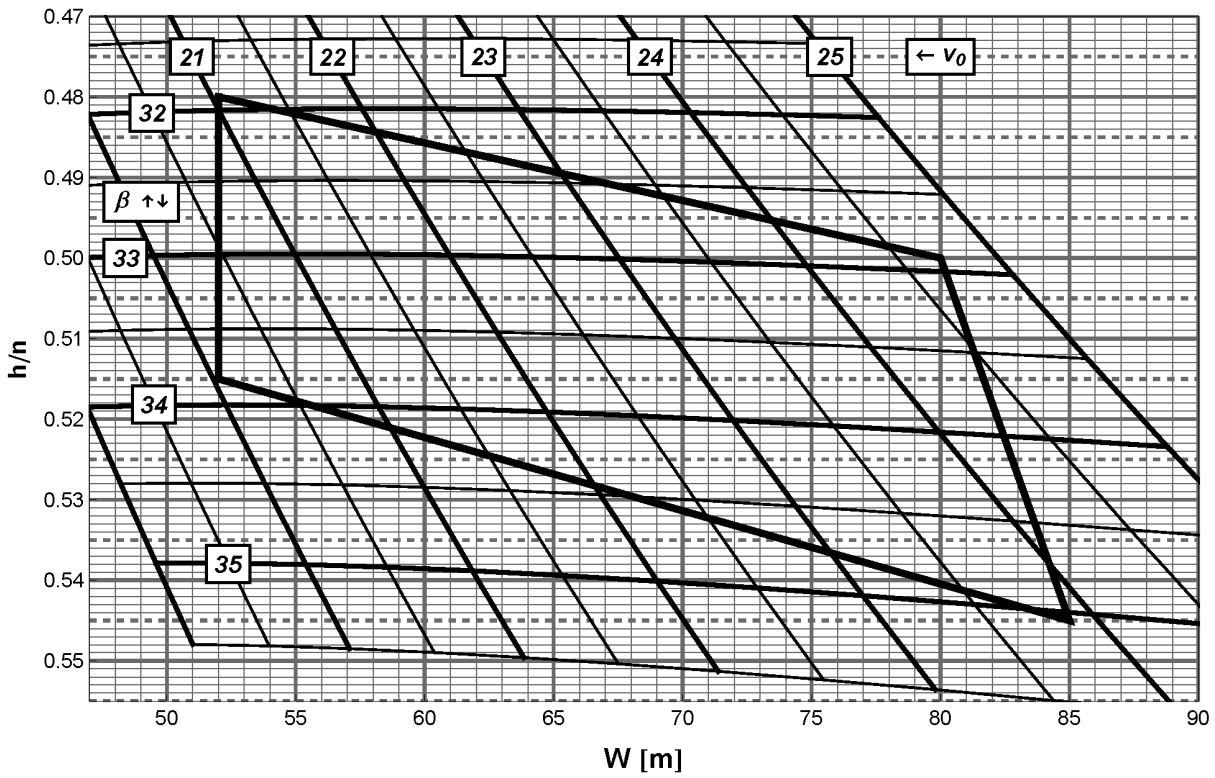


Illustration n° 7

$\alpha = 10^\circ$

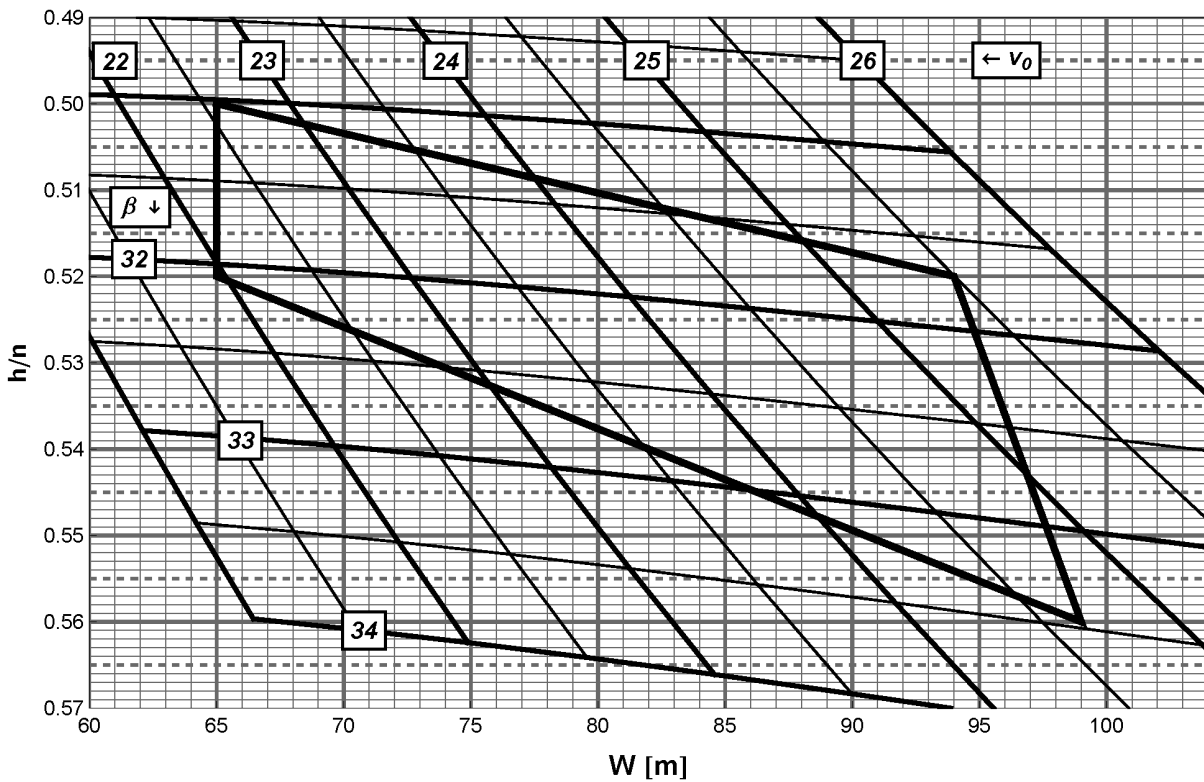


Illustration n° 8

$\alpha = 10.5^\circ$

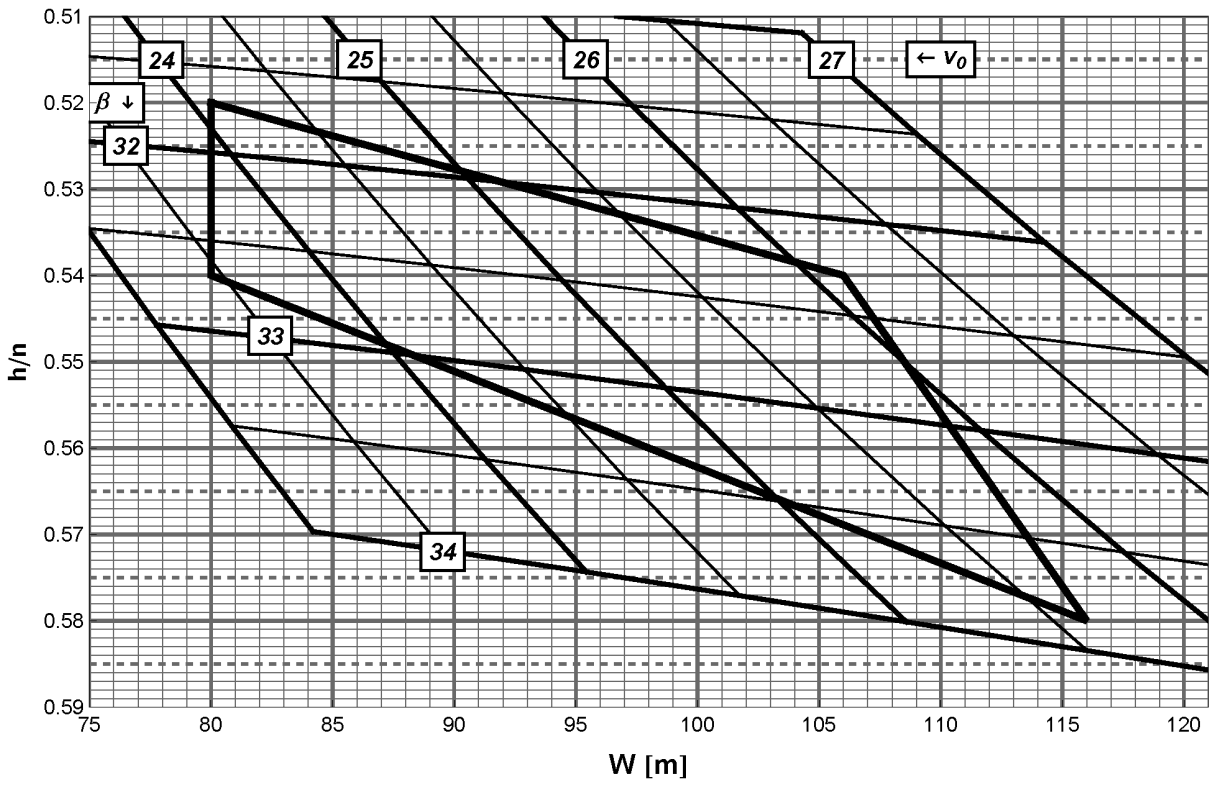


Illustration n° 9

$\alpha = 11.0^\circ$

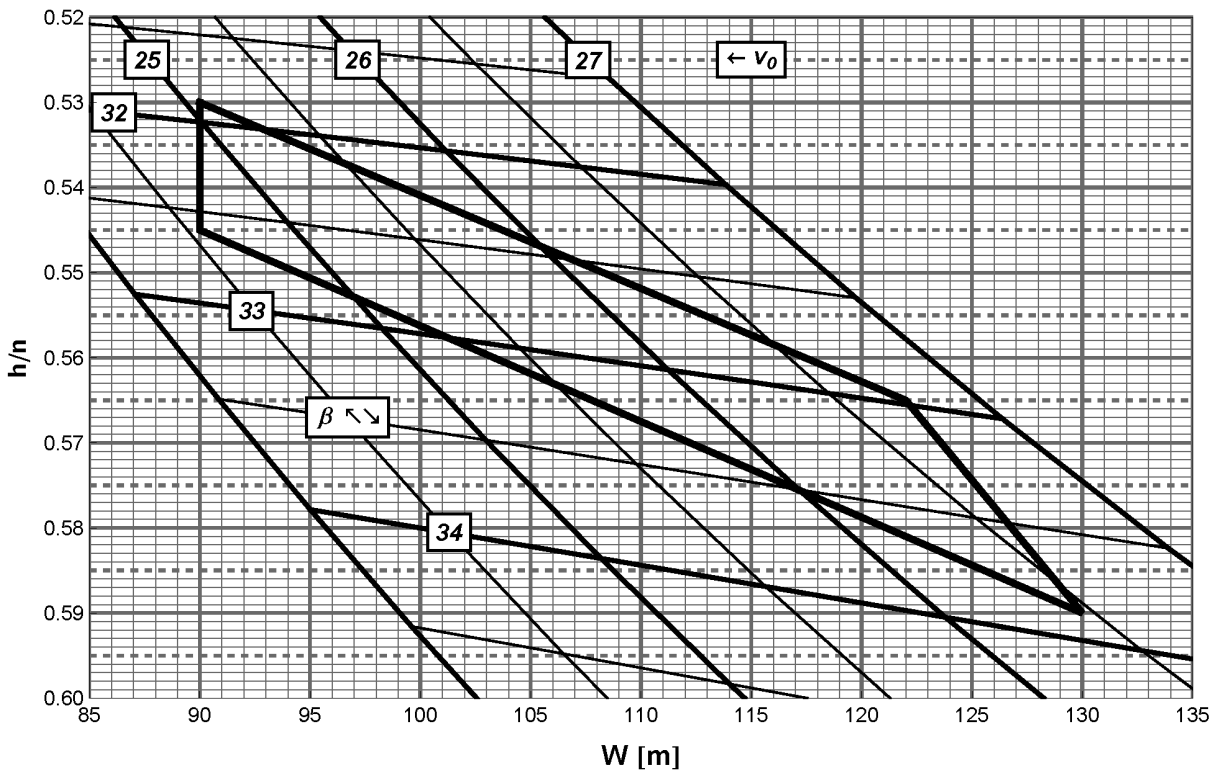


Illustration n° 10

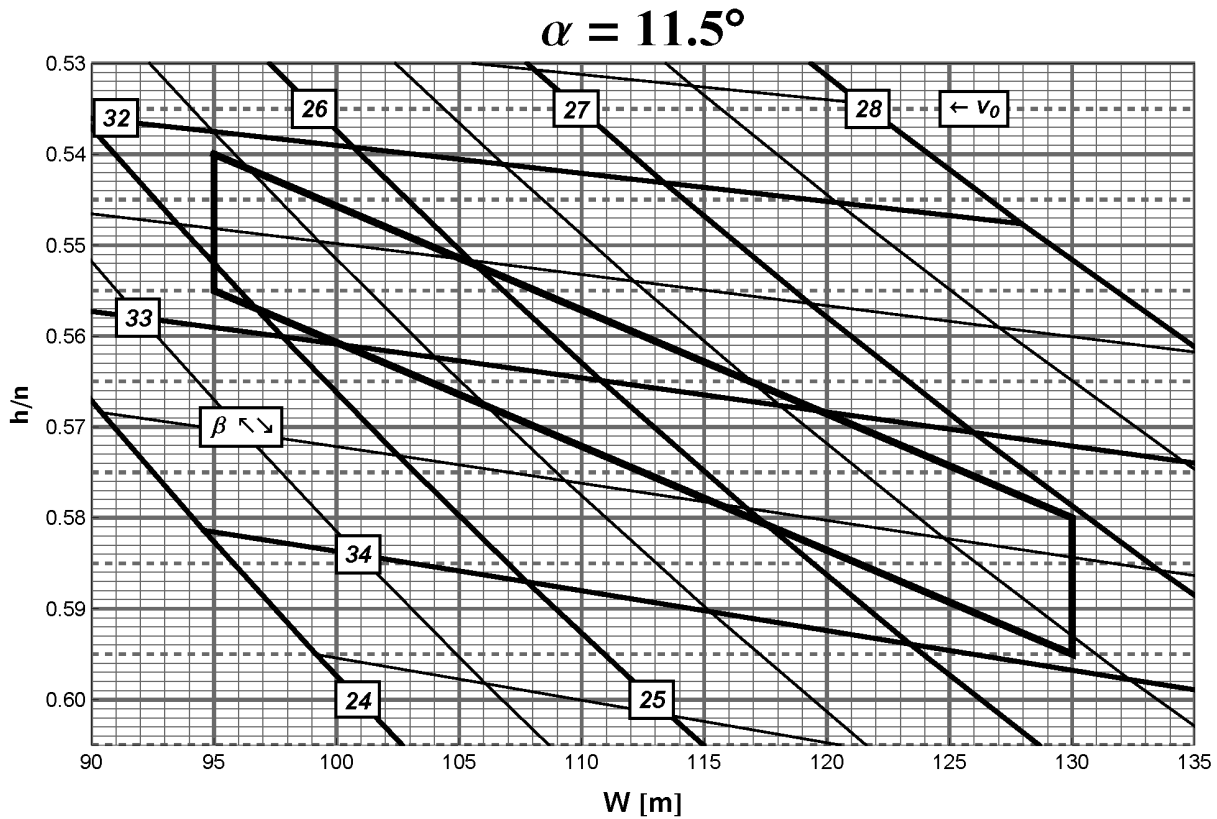


Illustration n°11

Les cotes des éléments des tremplins, telles que : Longueurs, Angles, Coordonnées sont relatives aux cinq paramètres suivants : « w », « h/n », « α », « β » et « v_0 ».

Pour une première approximation, les formules suivantes peuvent-êtré utilisées (le logiciel « Jump 2 » fournit de meilleurs calculs) :

Longueurs, Angles et Vitesses :

$$HS = w + l_2$$

$$w = 0.885 \cdot HS + 1.5 \quad (\text{formule approximative})$$

$$h = w \cdot \sin(\arctg(h/n)) / 1.005$$

$$n = w \cdot \cos(\arctg(h/n)) / 1.005$$

$$V_K = 0.68 \cdot v_0 + 12.44 \quad (\text{Vitesse d'atterrissage au point K ; formule approximative})$$

$$rL = V_K^2 \cdot w / 380 \quad \text{minimum, mais } V_K^2 / 8 \text{ et arrondi à la dizaine.}$$

$$\beta_L = \beta - 1.4 / V_K \cdot 180 / \pi$$

$$v_{II} = V_K - 16 / V_K - 0.1 * \rho \quad (\text{Vit. de glisse max. en L ; Angle de frottement } \rho \text{ en Alt-Grad})$$

$$\beta_0 = \beta + \delta\beta$$

Recommandation pour $\delta\beta$: $\alpha =$

8.0° und 8.5°	$\delta\beta = 1.5^\circ$
9.0° und 9.5°	$\delta\beta = 2.0^\circ$
10.0° und 10.5°	$\delta\beta = 2.5^\circ$
11.0°	$\delta\beta = 3.0^\circ$
11.5°	$\delta\beta = 3.5^\circ$

$$\beta_0 = \beta_P / 6$$

$$r_{2Lmin} = v_{II}^2 / (18 - 10 * \cos \beta_L)$$

$$r_{2min} = r_{2Lmin}$$

r_2 et r_{2L} peuvent être choisis librement dans les limites définies.

$$r_L \geq r_{2L} \geq r_{2Lmin} \quad \text{et} \quad r_{2L} \geq r_2 \geq r_{2Lmin} ;$$

De plus, Z_u doit être $\geq -88\text{m}$ et l'accélération normale dans l'arc de transition ne doit, en aucun cas, dépasser les $18/\text{ms}^2$. Pour des études préliminaires, la solution antérieure, arc de cercle d'un rayon de

$$r_2 = V_K^2 / [20 * \cos \beta_L + V_K^2 * \beta_L / 7000 - 12.5] \quad (\text{formule approximative})$$

peut-être utilisée.

$$L_1 = \delta\beta * r_L * \pi / 180$$

$$l_2 = 1.4 * r_L / V_K$$

Coordonnées :

Le système de coordonnées est défini dans l'illustration n°1

Point	x	z
P	$n - r_L * (\sin \beta_P - \sin \beta)$	$-h - r_L * (\cos \beta_P - \cos \beta)$
K	n	-h
L	$n + r_L * (\sin \beta - \sin \beta_L)$	$-h - r_L * (\cos \beta_L - \cos \beta)$

La table doit être ajustée à la piste d'envol, de telle façon que le sauteur arrivant au point « K », atteigne la hauteur la plus élevée de son saut à la moitié de celui-ci. La hauteur de la table « s » doit donc être comme suit : $s \leq w/40$.

Cette demande vient à l'encontre de la parallèle cubique :

$$z = -w/40 - x * \text{tg} \beta_0 - (3 * u - v) * [x / (n - r_L * (\sin \beta_P - \sin \beta))]^2 + (2 * u - v) * [x / (n - r_L * (\sin \beta_P - \sin \beta))]^3 \quad (\text{z-Werte sind negativ})$$

$$\text{D'où} \quad u = h + r_L * (\cos \beta_P - \cos \beta) - w/40 - (n - r_L * (\sin \beta_P - \sin \beta)) * \text{tg} \beta_0$$

$$\text{Et} \quad v = (n - r_L * (\sin \beta_P - \sin \beta)) * (\text{tg} \beta_P - \text{tg} \beta_0).$$

4.3 Arc de transition

L'arc de transition est représenté, du point « L » au point « U » par une parabole (carrée) oblique (illustration n° 12). Cette parabole devra tenir compte de l'angle « β_L » au point « L », et aura une tangente horizontale au point « U ».

Les valeurs angulaires des courbes, « r_{2L} » et « r_2 » aux points « L » et « U », sont librement utilisables ; elles sont idéalement $r_{2L} = r_L$

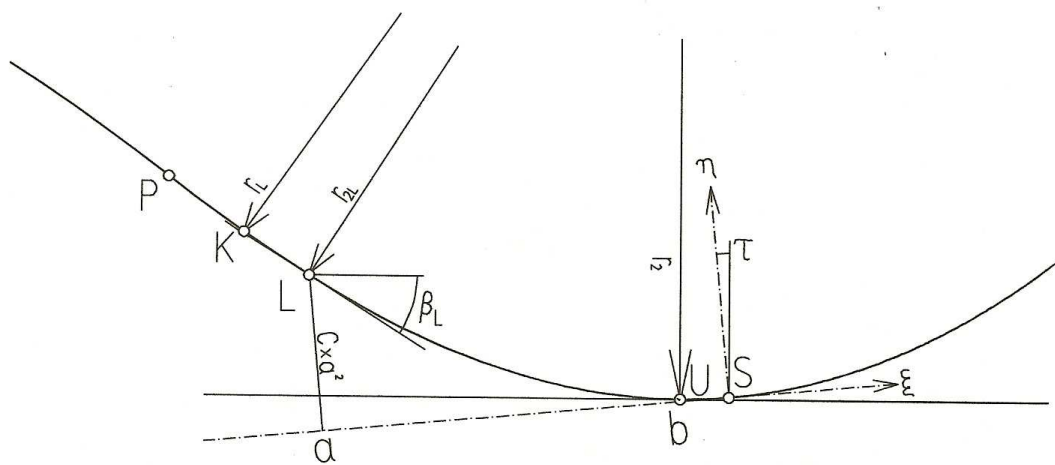


Illustration n° 12

L'équivalence de la parabole dans le système de coordonnées inverse est :

$$\eta = C \cdot \xi^2$$

Dans cette autre équivalence :

$$r_{2L} / r_2 = [\cos\tau / \cos(\tau + \beta_L)]^3$$

il faut ensuite calculer l'angle τ (angle de retournement). En découlent les valeurs suivantes :

$$C = 1 / (2 \cdot r_2 \cdot (\cos\tau)^3)$$

$$a = -\text{tg}(\beta_L + \tau) / 2 / C$$

$$b = -\text{tg}(\tau) / 2 / C$$

$$U = [x_L + C \cdot \sin\tau \cdot (a^2 - b^2) + \cos\tau \cdot (b - a) ; z_L - C \cdot \cos\tau \cdot (a^2 - b^2) + \sin\tau \cdot (b - a)]$$

Le système de coordonnées inverse a son origine en S (Sommet de la parabole)

$$S = [xL + C*a^2*\sin\tau - a*\cos\tau ; zL - C*a^2*\cos\tau - a*\sin\tau].$$

Pour les grands tremplins, il faut s'assurer que la formule

$$zU = zL - C*\cos\tau*(a^2 - b^2) + \sin\tau*(b - a) \leq 88 \text{ m}$$

soit utilisée (Art.411.2 IWO).

Du remplacement des arcs de cercles, préalablement utilisés, par de courbes de transition, résulte une plus grande différence de hauteur. Dans tous les cas, pour les grands tremplins, « zU » doit être corrigé par la diminution de r_{2L} et/ou r_2 , afin d'atteindre la limite de - 88 m. Les anciennes valeurs peuvent être approchées si $r_{2L} = r_2$.

La fonction $z(x)$ de la zone L à U est :

$$z(x) = zL - C*\cos\tau(a^2 - \xi^2) - \sin\tau*(a - \xi),$$

dans laquelle

$$\xi = (\cos\tau - [(\cos\tau)^2 - 4*C*(x - xL - C*a^2*\sin\tau + a*\cos\tau)*\sin\tau]^{0.5})/2/C/\sin\tau$$

Le calcul de r_{2L} et de r_2 doit être fait de telle façon que la pression normale exercée par le sauteur sur la totalité de la courbe ne dépasse jamais les $1.8*g$. Il n'existe aucune formule simplifiée pour cela ; le calcul des paramètres libres étant trop grand. L'équation du mouvement différentiel,

$$d(v^2)/ds = 2*g*\sin(\phi - \rho) - 2*(k + \rho/r)*v^2,$$

de la courbe de transition, doit être intégrée.

A cet effet, vous disposez du programme « Jump 2 », qui résout rapidement et facilement ce travail.

4.4 Piste de dégagement

La longueur de la sortie

$a = vU + [vU^2*(1 - 0.006*vU) - 300]/[9.6 - 20*\sin\delta] + 20$, est de minimum 45 m, en considérant vU comme vitesse en U et δ l'inclinaison à la sortie (δ est négatif en contre-pente) et en présence d'une neige adhérente. Pour les sorties en herbe, en saison estivale, « a » doit être rehaussé de 15 mètres.

La valeur de « vU » est obtenue par la résolution de l'équation différentielle de la courbe de transition. La résolution de l'équation est possible par un calcul approximatif

$$vU = [8*vK^2 / (20*\cos\beta L + vK^2*\beta L/7000 - 12.5)]^{0.5}.$$

Pour une bonne approximation de la même sortie (si $\delta=0$)

$a = 18.9 + 1.113*w - 0.00482*w^2$, est de minimum 45m.

Pour les sorties courbées, par exemple une vallée concave, trois éléments sont à déterminer.

1. La valeur « vU » en mètres, après une course d'une seconde, sans freinage au point U
2. La course en fonction de la force de gravité et du freinage engendré par le frottement de la neige et la résistance du vent (d'une valeur globale de 4.8m/s^2), jusqu'au ralentissement à 17.5m/s .
3. Pour la dépression, 20 m.

4.5 Combinaison d'autres directives et limites.

$t = 0.25v_0$

$s = 0.025w$, minimum 0.70 m.

Largeur minimum entre les glissières de sécurité dans la zone d'atterrissage.

$b_1 = 1.5$ m, si $w \leq 30$ m

$b_1 = 1.0$ m + $w/60$, wenn 30 m < $w \leq 74$ m

$b_1 = 1.5$ m + $w/100$, wenn 75 m < $w \leq 99$ m

$b_1 = 2.50$ m, wenn $w > 100$ m,

Au mieux 0.25m de plus que ces valeurs.

Largeur minimum préparée des zones d'atterrissage et de réception

$b_2 = 0.06w$, mais minimum 3.0 m

$b_k = 0.20w$, mais minimum 6.0 m

$b_A = 0.22w$, mais minimum 6.5 m

5. Illustration par un exemple

5.1 Eléments de référence

Considérons le projet d'un tremplin normal HS = 100m, qui serait utilisé par des sauteurs de haut niveau. Compte tenu du terrain, $h/n=0.55$ est supposé favorable (le plus petit déplacement de masse). La configuration plate du terrain nécessiterait la construction d'une tour d'élan artificielle.

5.2 Détermination de l'inclinaison de la table α et de la vitesse d'élan v_0

$w = 0.885*HS + 1.5 = 90\text{m}$ (catégorie tremplin normal)

Il faut d'abord déterminer sur lesquelles des illustrations n°4 à n°11, correspondant à la zone concernée, reporter les points $w = 90\text{m}$ et $h/n = 0.55$.

Dans le cas présent, les illustrations n°8 et n° 9.

Nous choisissons l'inclinaison de table $\alpha = 10.5^\circ$.

Après interpolation nous retiendrons $v_0 = 24.25$ m/s et $\beta = 33.0$.

5.3 Piste d'élan

De par la nécessité d'une piste d'élan artificielle, nous profitons de l'inclinaison recommandée $\gamma = 35^\circ$. Le rayon r_1 , et les éléments de la courbe de transition en découlant, sont calculés sur la base de la vitesse d'élan d'un sauteur de masse moyenne, soit $v_0 + \delta v_0$.

Pour tremplin normal, δv_0 doit être compris entre 0.8 et 1.0 m/s.

Si $\delta v_0 = 0.85$, on obtient une vitesse de 25.1 m/s et

$$r_1 = 88.2 \text{ m}$$

$$t = 6.30 \text{ m}$$

Les équations du chapitre 4.1 livrent les valeurs des éléments de la courbe de transition

$$d = 60.57$$

$$f = 9.20$$

$$l = 61.80$$

$$C = 0.00041402$$

Et les coordonnées

$$E_1 = [-61.07 \ 28.35]$$

$$E_2 = [-6.19 \ 1.15]$$

La plus haute place de départ « A » nécessite une longueur d'élan « e » de 85.27 m, résultat de l'équation différentielle avec $v_0 = 25.1$ et $\rho = 3^\circ$. Pour la place la plus basse « B », il faut une longueur pour $v_0 = 24.25$ en $\rho = 3^\circ$ et $\rho = 0^\circ$. Les valeurs exactes sont 80.14 et 70.23 ; la différence 9.91 doit être augmentée de 15% s'il s'agit d'un tremplin normal, soit 11.40.

La longueur exacte de « B » = $80.14 - 11.40 = 68.74$ et « es » = $85.27 - 68.74 = 16.53$ m.

En comparaison avec les valeurs approchées du diagramme et les formules approximatives

$$\text{« e »} = 85.3$$

$$\text{« es »} = 16.5$$

La longueur « l » de la courbe de transition est de 61.80 m. Il reste donc 23.47 m pour la partie droite de 35° jusqu'à « A », et les coordonnées des places de départ (de « A » à « B ») sont :

$$A = [-80.29 \ 41.80]$$

$$B = [-66.75 \ 32.33]$$

5.4 Profil de réception

Si $w = 90$ m, $h/n = 0.55$, $\beta = 33.0^\circ$, et $v_0 = 24.25$ m/s, et par l'application de la formule du Chapitre 4.2

$$h = 43.16 \text{ m}$$

$$n = 78.47 \text{ m}$$

$$v_K = 28.93 \text{ m/s}$$
$$r_L = 200 \text{ m (arrondi)}$$

$$\beta_L = 30.23^\circ$$

$$v_{I1} = 28.28 \text{ m/s}$$
$$r_{2Lmin} = 89.0 \text{ m}$$
$$l_1 = 8.73 \text{ m avec } \delta b = 2.5^\circ$$
$$l_2 = 9.67 \text{ m}$$
$$l = 18.40 \text{ m}$$

$$\beta_P = 33.00 + 2.50 = 35.50^\circ$$
$$\beta_0 = 5.90^\circ$$
$$P [71.26 \quad -38.25]$$
$$K [78.47 \quad -43.16]$$
$$L [86.71 \quad -48.23]$$

5.5 Arc de transition

Les rayons limites « r_L » et « r_{2Lmin} » sont respectivement 200 m et 89.0 m.
Une grande marge doit être utilisée, afin d'adapter l'arc de transition au terrain proposé. Pour cela, il faut disposer d'une visualisation rapide de l'essai, que le logiciel « Jump 2 » pourra fournir.
Si « r_{2L} » = 150 m et « r_2 » = 90 m, les coordonnées

$$\ll U \gg \text{ sont } [141.08 \quad -64.26] ;$$

La plus grosse accélération, de 18.005 m/s, est atteinte 11 m avant le point « U ».

5.6 Piste de dégagement

L'équation différentielle nous donne la vitesse de 26.77m/s en « U » ; on en déduit la longueur de la piste de dégagement, sur terrain horizontal, $a = 79 \text{ m}$.

5.7 Largeurs préparées

Les largeurs préparées sont au minimum de :

$$B_1 = 2.4 \text{ m, mais pas plus grandes que } 2.65 \text{ m}$$
$$B_2 = 5.4 \text{ m}$$
$$b_K = 18 \text{ m}$$
$$b_A = 20 \text{ m}$$

6. Exigences de construction d'un tremplin de saut à ski, afin d'assurer le déroulement de l'épreuve et sa sécurité.

6.1 Piste d'élan

Les places de départ, situées dans la zone « es », doivent toutes être placées à égale distance l'une de l'autre, mais leur espacement ne doit pas dépasser les 0.40m.

Elles sont numérotées en continu, la n°1 étant la place la plus basse.

Les bordures latérales de la partie enneigée sont constituées de glissières dont le profil doit tenir compte des observations faites lors de la préparation de la piste d'élan.

Pour cela, une glissière de sécurité de 50cm minimum doit être montée depuis la place de départ la plus basse, jusqu'à 1m avant le nez du tremplin. La largeur entre les glissières doit être de $b1+0.25$ maximum. Aucun élément de construction ne devra dépasser du sol dans les limites de ces glissières. Le début de ces glissières de sécurité doit être parallèle à la piste d'élan et les bords supérieurs doivent être arrondis.

Dans le cas de tours d'élan artificielles, il est recommandé d'isoler la surface enneigée de la piste, afin d'empêcher un réchauffement par en dessous.

6.2 Pente de réception

La pente de réception doit être enneigée dans le prolongement du nez du tremplin et sur une largeur de la dimension précitée.

La pente doit être dégagée de tout obstacle, et les équipements mobiles sont à éloigner du tremplin avant son utilisation.

Les bordures latérales doivent se situer 70 cm au dessus de la neige. Ces glissières doivent être installées du point w1 au point U. Il faut ensuite indiquer les hauteurs de neige et les distances. Le début de ces glissières de sécurité doit être parallèle à la piste d'élan et les bords supérieurs doivent être arrondis.

En outre, des glissières de sécurité doivent-être installées autour de l'ensemble de l'aire d'atterrissage à 1m au dessus du niveau de la neige. Ces glissières ont pour but de retenir les sauteurs blessés et les chocs des skis ; leur enceinte doit être dégagée de tout élément proéminent.

6.3 Tour des juges

La place de la tour des juges est définie par les valeurs suivantes :

$d =$ de $0.60w$ à $0.80w$

$q =$ de $0.25w$ à $0.50w$

La situation de la cabine des juges est définie de telle façon que la vision du juge sur le sauteur est garantie depuis le nez du tremplin, minimum jusqu'à la limite du point de chute. Pour cela, il faut bien prendre tous les éléments situés entre la tour et le tremplin en compte, tels que les glissières, les rebords des talus et les remontées mécaniques.

Dans le cas de deux tremplins avec sortie commune, dont la différence de hauteur des points K ne dépasse pas 3 mètres, la construction d'une deuxième tour n'est pas nécessaire. La tour doit être construite du côté du plus petit tremplin. La hauteur et l'emplacement des cabines sont à définir en fonction du tremplin le plus grand, en prenant soin que la valeur « q », pour le petit tremplin, ne soit pas inférieure au minima souhaité.

Les cabines doivent toutes être séparées par des parois fixes et mesurer, au minimum, 1.0m de large et 1.2m de profondeur.

Le garde-fou (la balustrade) doit mesurer 1.0m de hauteur. Les cabines doivent être construites de telle façon que le juge d'une cabine ne puisse voir les résultats notés par celui de la cabine d'à côté. Les cabines des juges et la salle des coordinateurs de course doivent être séparées de manière à exclure tout type de dérangement durant la course.

Il est recommandé de construire les cabines, en escaliers, parallèlement à la piste d'envol. Cependant, dans le cas d'une tour construite pour deux tremplins situés côte à côte (tremplin normal et grand tremplin), il convient d'adapter les cabines en escaliers à la piste d'envol.

L'emplacement des responsables de l'homologation des tremplins doit être choisi de manière à ce qu'ils puissent suivre le sauteur du départ de son saut à l'arrivée de sa course. Quand cela est possible, lors de grosses manifestations, il est souhaitable que les zones non visibles soient supervisées par des caméras de télévision.

6.4 Tribune des entraîneurs

Pour les tremplins normaux et les grands tremplins, deux tribunes de 20 emplacements chacune doivent être mises à disposition des entraîneurs pour l'observation de l'élan, de la phase de vol et de l'atterrissage. Lors des compétitions OWS, SWM et WCS, les gradins doivent pouvoir accueillir 40 entraîneurs chacune.

6.5 Remontées mécaniques

Les tremplins de saut accueillant des OWS et SWM doivent mettre des remontées mécaniques à la disposition des sauteurs.

6.6 Stand chauffé

Lors de compétitions OWS, SWM, SFWM, JSWM et WCS, un stand, ou une tente, chauffé doit être installé dans la zone de départ.

7. Avertissement

En réalité, le projet de construction d'un tremplin de saut à ski a un coût. Les valeurs estimées de « h/n » et « β » dans l'exemple ci-dessus sont le résultat d'une première hypothèse de calcul. Le profil adéquat est à définir ensuite selon la coupe du terrain.

Une première correction s'imposera alors en fonction de l'emplacement du point U qui, par exemple, pourrait éventuellement être placé en dessous du point initialement prévu, ou si la valeur « h/n » est supposée trop petite. Afin de remédier efficacement et rapidement à ces problèmes de coûts, vous pouvez vous procurer le logiciel informatique adapté « Jump 2 » auprès de la FIS à Oberhofen CH-3653, tel : +41 33 244 61 61, fax : +41 33 244 61 71 , e-mail : friedrich@fisski.com.