

Calcul mental à l'usage du pilote d'avion en VFR

- 1. Conversions d'unités
- 2. Opérations élémentaires
- 3. Corrections instrumentales et des performances
- 4. Calculs relatifs à la trajectoire dans le plan vertical
- 5. Autres calculs (exemples d'application)
- 6. Mémento

Nota : certains exemples sont proposés uniquement pour l'entraînement au calcul mental et ne sont donc pas directement utiles à la pratique du pilotage !

1. Conversions d'unités

Miles Nautiques en Kilomètres ou Noeuds en Kilomètres/Heure

☞ multiplier par 2 la valeur en Miles Nautiques (NM) ou Noeuds (kt) et retrancher au résultat un dixième des trois quarts de la multiplication.

Rappels : 1 mile nautique = 1,852 kilomètres
 1 noeud = 1 mile nautique par Heure

Exemples :

- 170 NM : $170 \times 2 - (340 \times 0,1 \times 3 \div 4)$ soit $340 - (25) = 315$ km
- avec la calculette on trouve 314,84 km
- 115 kt : $115 \times 2 - (230 \times 0,1 \times 3 \div 4)$ soit $230 - (17,5) = 212,5$ kmh
- avec la calculette on trouve 212,98 kmh
- 120 NM : $120 \times 2 - (240 \times 0,1 \times 3 \div 4)$ soit $240 - (18) = 222$ km
- avec la calculette on trouve 222,24 km !
- 90 kt : $90 \times 2 - (180 \times 0,1 \times 3 \div 4)$ soit $180 - (13,5) = 166,5$ kmh
- avec la calculette on trouve 166,68 kmh !

Kilomètres en Miles Nautiques ou Kilomètres/Heure en Noeuds

☞ diviser par 2 la valeur en Kilomètres (km) ou Kilomètres/Heure (kmh) et ajouter au résultat un dixième des trois quarts de la division.

Exemples :

- 300 km : $300 \div 2 + (150 \times 0,1 \times 3 \div 4)$ soit $150 + (11) = 161$ NM
- avec la calculette on trouve 161,98 NM !

- 160 kmh : $160 \div 2 + (80 \times 0,1 \times 3 \div 4)$ soit $80 + (6) = 86$ kt
- avec la calculette on trouve 86,39 kt !

Noeuds en Mètres par seconde

☞ **diviser par 2 la valeur en Nœuds (kt)**

Exemple : 25 kt = 12,5 m/s (la calculette donne 12,86 m/s)

Application : selon la vitesse, déterminer les conditions de visibilité à respecter dans l'espace aérien non contrôlé en dessous de la surface "S"

$V_p = 100$ kt soit 50 m/s
en 30s l'avion parcourt 30×50 m soit 1500 m.

$V_p = 150$ kt soit 75 m/s
en 30s l'avion parcourt 30×75 m soit 2250 m.

- Dans ce cas la visibilité doit être > 2250 m (environ 2300 m).

$V_p = 250$ kt soit 125 m/s
en 30 s l'avion parcourt 30×125 m soit 3750m

- Dans ce cas la visibilité doit être > 3750 m (environ 4000 m)

Mètres par seconde en Noeuds

☞ multiplier par 2 la valeur en Mètres par seconde (m/s)

Exemple : 8 m/s = 16 kt (la calculette donne 15,55 kt)

Application : déterminer la piste à utiliser sur un terrain pour lequel il y a une consigne d'utiliser la piste préférentielle si le vent est, par exemple, inférieur à 3 m/s.

Vent < 3 m/s soit Vent < 2 x 3 = 6 kt

(sur la manche à air : pli à un anneau !).

Pieds en Mètres

☞ multiplier par 0,3 la valeur en Pieds (ft)

Exemple : 2500 ft = 750 m

Mètres en Pieds

☞ multiplier par 3 la valeur en Mètres (m) et ajouter au résultat un dixième de la multiplication

Exemple :

1200 m : $1200 \times 3 + 3600 \times 0,10$ soit $3600 + 360 = 3960$ ft

ou:

☞ diviser par 3 la valeur en Mètres (m) et multiplier le résultat de la division par 10

Exemple :

900 m : $900 \div 3 = 300$ et $300 \times 10 = 3000$ soit 3000 ft.

2. Opérations élémentaires

Soustractions, multiplications, divisions

- pour soustraire 180 : soustraire 200 puis ajouter 20
- pour soustraire 90 : soustraire 100 puis ajouter 10
- pour multiplier par 0, 25 : diviser par 4
- pour multiplier par 0, 5 : diviser par 2
- pour diviser par 0, 25 : multiplier par 4
- pour diviser par 0, 5 : multiplier par 2

Soustractions, multiplications, divisions

si l'un des termes de l'opération a plusieurs chiffres :

- quand c'est possible décomposer le terme et "mettre en facteurs" pour rechercher les simplifications ;
- commencer l'opération sur les chiffres ayant le poids le plus fort (centaines puis dizaines puis unités) puis additionner ou retrancher (selon les cas) le résultat de chaque opération élémentaire ;

Exemples:

128×3 se décompose en $(120 \times 3) + (8 \times 3)$ soit $360 + 24 = 384$

$726 \div 6$ se décompose en :

- $(720 + 6) \div 6$ soit $(720 \div 6) + (6 \div 6)$ soit $120 + 1 = 121$
la calculette donne aussi 121 !!!

Soustractions, multiplications, divisions

si l'un des termes de l'opération est un nombre décimal avec plus d'un chiffre après la virgule (forme 0, .. ou 1, ..),

- quand c'est possible, remplacer ce nombre par son expression fractionnaire

Exemples : $0,66 = \frac{2}{3}$; $0,75 = \frac{3}{4}$; $1,25 = \frac{5}{4}$; $1,5 = \frac{3}{2}$; $1,75 = \frac{7}{4}$; etc.

$14 \times 0,66$ sera calculé par $14 \times \frac{2}{3}$ soit $28 \div 3 = 9$
(car $3 \times 9 = 27$) + $0,33$ (car $1 \div 3 = 0,33$) soit $9,33$
(la calculette donne le même résultat !!!).

$23 \div 0,75$ sera calculé par $23 \div \frac{3}{4}$ qui s'écrit plus simplement :
 $23 \times \frac{4}{3}$ soit $96/3$ et $90/3 + 2/3 = 30,66$
(la calculette donne le même résultat !!!).

Soustractions, multiplications, divisions

☞ pour multiplier par 15% (ou par 0,15) diviser la valeur par 10 et ajouter la moitié du résultat

Exemple : $130 \times 15\%$

se décompose en $130 \div 10$ soit 13 auxquels on ajoute $13 \div 2$ soit 6,5
ce qui donne un total de $13 + 6,5 = 19,5$

Application : Quelle inclinaison choisir pour effectuer un virage standard à 120 kt puis à 90 kt ?

Inclinaison $^{\circ} = 0,15 V_{p_{kt}}$ d'où :

pour $V_p = 120$ kt $120 \div 10$ soit 12 auxquels on ajoute $12 \div 2$ soit 6
ce qui donne un total de $12 + 6 = 18^{\circ}$

pour $V_p = 90$ kt $90 \div 10$ soit 9 auxquels on ajoute $9 \div 2$ soit 4,5
ce qui donne un total de $9 + 4,5 = 13,5^{\circ}$

Soustractions, multiplications, divisions

☞ pour multiplier par 1,18 multiplier la valeur par 0,2 puis enlever un dixième au résultat et enfin ajouter ce dernier résultat à la valeur d'origine

Exemple : un avion décroche en configuration atterrissage à $V_s = 86$ kmh.
Quelle est la vitesse de décrochage en virage à 45° d'inclinaison ?

Rappel : la vitesse de décrochage augmente en virage. Le coefficient par lequel il faut multiplier la vitesse de décrochage à inclinaison nulle est égal à la racine carrée du facteur de charge n avec $n = 1/\cos(\text{inclinaison})$.

Pour inclinaison = 45° facteur de charge $n = 1/\cos 45^\circ$ soit $2/\sqrt{2}$ ou $\sqrt{2}$
or $\sqrt{2} = 1,4$ et $\sqrt{1,4} = 1,18$

Calcul :

$86 \times 0,2 = \text{environ } 17$; $17 \times 0,1 = 1,7$; $17 - 1,7 = 15$;

$86 + 15 = 101$

L'avion décroche à $V_i = 101$ kmh.

Soustractions, multiplications, divisions

☞ pour multiplier par 1,45 multiplier la valeur par 0,5 puis enlever un dixième au résultat et enfin ajouter ce dernier résultat à la valeur d'origine

Exemple : en configuration Approche un avion décroche à 90 kmh. Quelle est la vitesse minimum de sécurité à adopter pour les évolutions dans le circuit ? (la vitesse adoptée V_i doit être $> 1,45 V_s$)

$90 \times 0,5 = 45$; $45 \times 0,1 = 4,5$; $45 - 4,5 = 40,5$; $90 + 40,5 = 130,5$
on prendra $V_i = 130$ kmh

3. Corrections instrumentales et des performances

Vitesse vraie selon Altitude et Température

Majorer la vitesse indiquée :

- **Selon Altitude :**
 - de 1% par tranche de 600 pieds
 - ou de 5% par tranche de 1000 m
- **Selon Température :**
 - de + ou - 1% pour écart de 5°C

en altitude l'avion vole + vite que la vitesse indiquée par le badin.

Exemple : en ISA Altitude indiquée : 4500 ft Vitesse indiquée : 115kt

- $4500 \text{ ft} / 600 \text{ ft} = 7,5$ tranches de 600 ft
- $\Delta V_p = 7,5 \times 115 \div 100$ soit $7,5 \times 1,15$
- soit $7,5 + 0,75 \div 2 = 7,5 + 0,4$ soit $\Delta V_p = 7,9$ et $V_{\text{vraie}} = 123 \text{ kt}$

Altitude selon Température et Altitude indiquées

Altitude-densité

- Corriger l'altitude indiquée de 100 pieds pour un écart de 1°C entre la température de l'atmosphère mesurée à l'altitude de vol et la température de l'atmosphère standard à cette altitude :
 - $\Delta \text{Alti-densité}_{\Delta T/\text{ISA}=1^\circ\text{C}} = 100 \text{ pieds}$

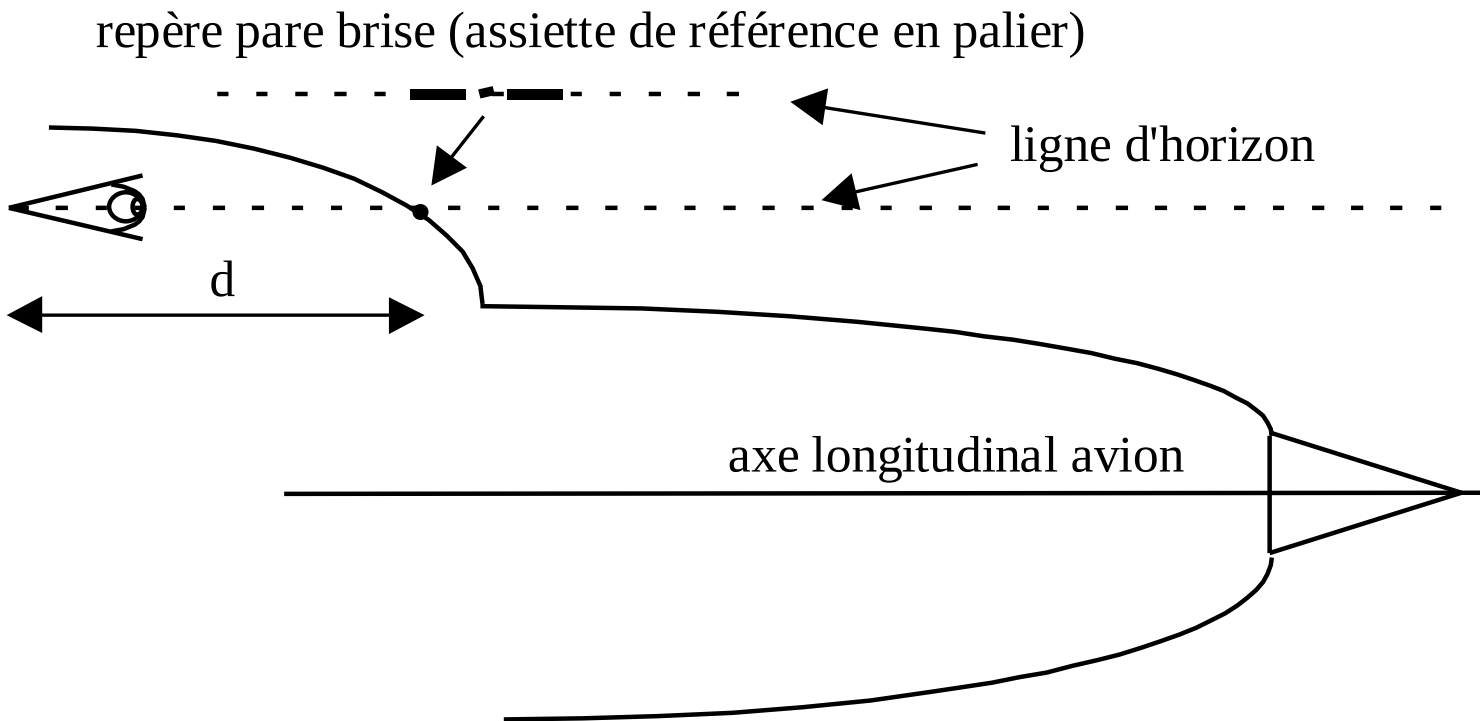
Altitude vraie selon Température extérieure

Température extérieure selon vitesse et température indiquées

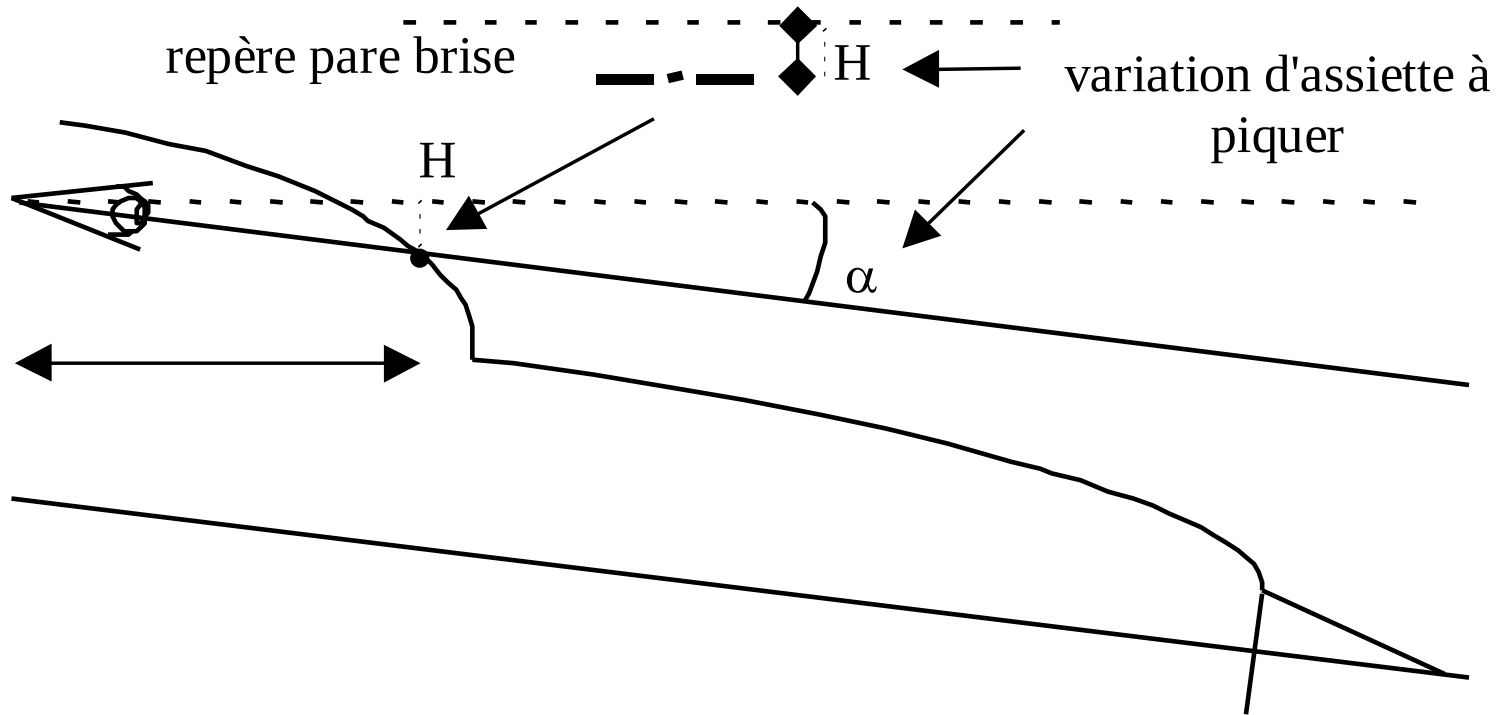
Variation du rayon de virage selon Altitude-densité

4. Calculs relatifs à la trajectoire dans le plan vertical

Visualisation des variations d'assiette



Visualisation des variations d'assiette



$$H_{\text{mètres}} = d_{\text{mètres}} \text{Tang}(\alpha)$$

Visualisation des variations d'assiette

Exemples :

- Lorsque la pilote fait varier l'assiette de 3° la position relative du repère pare-brise par rapport à l'horizon bouge de :

RPB à 60 cm de l'œil : $60 \text{ cm} \times (3 \div 60)$ soit 3 cm.

RPB à 80 cm de l'œil : $80 \text{ cm} \times (3 \div 60)$ soit 4 cm
($80 \times 3 \div 60 = 80 \times 1 \div 20 = 8 \div 2$)

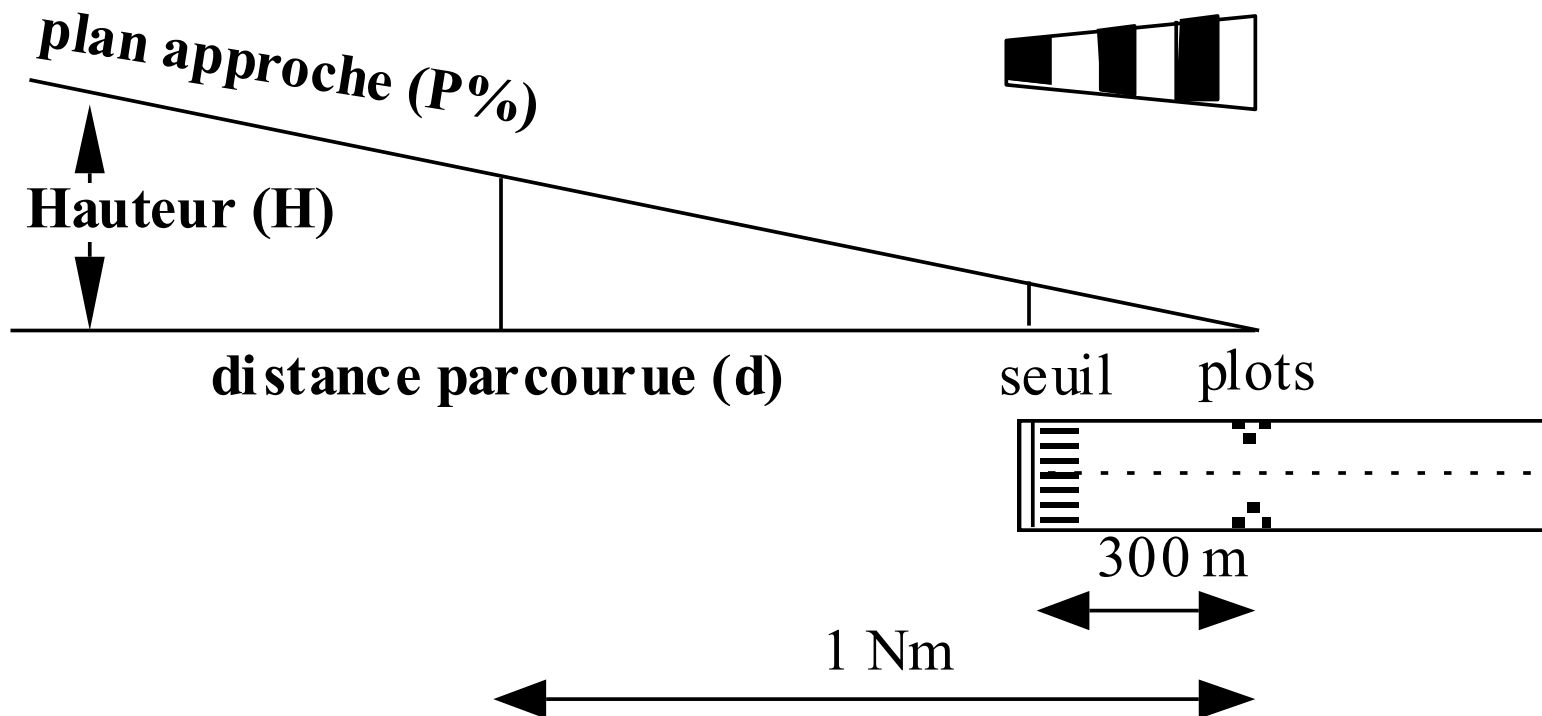
RPB à 100 cm de l'œil : $100 \text{ cm} \times (3 \div 60)$ soit 5 cm.
($100 \times 3 \div 60 = 100 \times 1 \div 20 = 10 \div 2$)

Visualiser avec ses doigts la position sur un plan incliné aboutissant au seuil de piste

$$\text{Tang (alpha)} = H_{\text{mètres}} \div d_{\text{mètres}}$$

- **Deux doigts** : l'index et le majeur (H = 4 cm) :
 - le haut de l'index à l'horizon, le bas du majeur au seuil :
 - à 60 cm de l'oeil du pilote Pente = $0,04 \div 0,60$ soit 6,6%
 - à 80 cm de l'oeil du pilote Pente = $0,04 \div 0,80$ soit 5,0%.
- **Trois doigts** : l'index le majeur et l'annulaire (H = 6 cm) :
 - le haut de l'index à l'horizon, le bas de l'annulaire au seuil :
 - à 60 cm de l'oeil du pilote Pente = $0,06 \div 0,60$ soit 10 %
 - à 80 cm de l'oeil du pilote Pente = $0,06 \div 0,80$ soit 7,5 %.
- Un doigt à 60 cm écart de pente = $0,02 \div 0,60$ soit 3,3%
- Un doigt à 80 cm écart de pente = $0,02 \div 0,80$ soit 2,5%.

Hauteur selon distance au point d'aboutissement et angle d'approche



Hauteur selon distance au point d'aboutissement et angle d'approche

$$H_{\text{mètres}} = d_{\text{mètres}} \text{ Tang (angle)}$$

$$H_{\text{pieds}} = d_{\text{nautiques}} 100 \text{ angle}_{\text{degrés}}$$

Exemple : hauteur à perdre pour rejoindre les plots (situés sur la piste à 300m du seuil) en suivant le plan d'approche à 3° (Tang 3° = 0,05 ou 5%)

$H_{\text{mètres}}$ à 300m des plots (seuil piste) : $300 \times 0,05$ soit 15 m

H_{pieds} à 1 NM des plots : $1 \times 100 \times 3$ soit 300 pieds

H_{pieds} à 2 NM des plots : $2 \times 100 \times 3$ soit 600 pieds

Distance au point d'aboutissement selon hauteur et angle d'approche

$$d_{\text{mètres}} = H_{\text{mètres}} \div \text{Tang (angle)}$$

$$d_{\text{NM}} = H_{\text{pieds}} \div 100 \div \text{angle}_{\text{degrés}}$$

Exemple : distance au point d'aboutissement (plots à 300m du seuil) en suivant le plan d'approche à 3° (Tang 3° = 0,05 ou 5%)

$d_{\text{mètres}}$ au seuil de piste (15m) : $15 \div 0,05$ soit 300 m

Distance parcourue en descente selon angle de la trajectoire (plan)

$$d_{\text{NM}} = \Delta H_{(\text{pieds} \div 100)} \div \text{angle}_{\text{degrés}}$$

Exemple : distance parcourue pour perdre 3000 pieds sur un plan de 3°

- $\Delta H_{(\text{pieds} \div 100)} = 3000 \div 100$ $d_{\text{NM}} = 30 \div 3$ soit 10 NM

$$d_{\text{NM}} = \Delta \text{FL} \div \text{angle}_{\text{degrés}}$$

Exemple : distance parcourue pour descendre du niveau 95 au niveau 35 sur un plan de 2°

- $\Delta \text{FL} = 60$ $d_{\text{NM}} = 60 \div 2$ soit 30 NM

Temps de descente d'une altitude à une autre (perte de hauteur)

$$Td_{mn} = \Delta H_{\text{pieds}} \div Vz_{\text{ft/mn}}$$

Exemple : Temps pour descendre de 3000 pieds sur un plan de 3° à une vitesse verticale de 500 ft/mn :

$$Td_{mn} = 3000 \div 500 = 6 \text{ minutes}$$

$$Td_{mn} = \Delta H_{\text{pieds}} \cdot F_b \div 100 \cdot \text{angle}_{\text{degrés}}$$

Exemple : Temps pour descendre de 3000 pieds sur plan de 3° pour $F_b = 0.5$:

$$Td_{mn} = 3000 \times 0.5 \div 100 \times 3 = 6 \text{ minutes}$$

Temps de descente d'un niveau de vol à un autre

$$Td_{mn} = \Delta FL \cdot 100 \div Vz_{ft/mn}$$

Exemple : Temps pour descendre du niveau 95 au niveau 35 à une vitesse verticale de 500 ft/mn : $\Delta FL = 60$; $Td_{mn} = 60 \times 100 \div 500 = 12$ minutes

$$Td_{mn} = \Delta FL \cdot Fb \div \text{angle}_{\text{degrés}}$$

Exemple : temps pour descendre du niveau 95 au niveau 35 sur un plan de 2° pour un F_b de 0.5 : $\Delta FL = 60$; $Td_{mn} = 60 \times 0.5 \div 2 = 15$ minutes

Vitesse verticale selon la pente de la trajectoire

Maintien du plan d'approche en finale

Vitesse verticale selon la pente de la trajectoire

$$V_{z_{ft/mn}} = \text{Pente}_{\%} \times V_{\text{itesse}_{kt}}$$

5. Autres calculs (exemples d'application)

Maintien des trajectoires sol dans le plan horizontal en tour de piste

Dérive au décollage, en vent arrière et en finale

Dérive après décollage et en vent arrière

Dérive en vent traversier et base

Dérive en finale

Temps sans vent ou Distance à un moyen de radionavigation

Anticipation pour rallier un axe radioélectrique

Distance et temps de séparation optimum entre jalons