

Calcul mental et formules

- Généralités
- Approximation de sinus et de cosinus
- Relations entre temps, vitesse et distance
- Calcul de vitesse propre
- Calcul d'altitude vraie
- Calcul de dérive
- Calcul de l'effet du vent sur le temps de vol
- Calcul de pente
- Calcul de point de mise en descente (TOD)

Généralités

Règle d'or : une approximation vaut mieux qu'une correction exacte dans le mauvais sens

Nous utiliserons les acronymes suivants :

- F_b = facteur de base (*sans unité*)
- V_p = Vitesse propre (*kt*)
- V_i = Vitesse indiquée (*kt*)
- D = Distance (*NM*)
- X = Dérive maximale (*degré*)
- δ = dérive (*degré*)
- V_w = Vitesse du vent (*kt*)
- V_t = Vent de travers (*kt*)
- V_e = Vent effectif (*kt*)
- t = retard ou avance (*s/min*)
- V_z = vitesse verticale (*ft/min*)
- FL = niveau de vol (*ft*)

Approximation de sinus et de cosinus

Sinus = angle / 100 + 0.2

Cosinus = sinus de l'angle complémentaire

Exemples :

$$\sin(30) = 30/100 + 0.2 = 0.5$$

$$\cos(50) = \sin(40) = 0.6$$

Relations entre temps, vitesse et distance

Facteur de base (Fb)

Le Fb est le temps en minutes nécessaire pour parcourir l'unité de distance utilisée dans la vitesse.

Concrètement, le Fb représente le nombre de minutes nécessaires pour parcourir 1NM (car 1 kt = 1 NM/h)

$$Fb = 60/V_p$$

Si la V_p d'un avion est de 120kt : $60/120 = 0.5$. Il faut donc 0.5min (30 secondes) pour parcourir 1nm.

“

L'utilisation de la vitesse air est associée avec la distance air. Afin d'obtenir une information sur la distance sol, utiliser la vitesse sol

Inverse du facteur de base

L'inverse du facteur de base exprime la distance parcourue en 1 minute.

$$1/Fb = V_p/60$$

Si la V_p d'un avion est de 120kt : $1/0.5 = 2$. Nous parcourons donc 2nm en 1minute.

“

L'utilisation de la vitesse air est associée avec la distance air. Afin d'obtenir une information sur la distance sol, utiliser la vitesse sol

Vitesse	Facteur de base	Inverse du facteur de base
80 kt	0.75	1.3
100 kt	0.6	1.5
120 kt	0.5	2
150 kt	0.4	2.5
180 kt	0.3	3

“

Temps de vol

Grâce au facteur de base, il est maintenant aisé de calculer un temps de vol.

Temps de vol (min) = D x Fb

Si la vitesse sol d'un avion est de 120kt et que le pilote veut calculer son estimée sur le prochain point de repère situa à 10nm :

Temps de vol (min) = 10 x 0.5 = 5

Il faudra 5 minutes pour arriver au prochain point de repère

Calcul de vitesse propre

Soit :

- Correction de densité = +1% / 600 ft
- Correction de température = $\pm 1\%$ / $5^\circ\Delta\text{ISA}$

Fiche sur les conditions ISA

$V_p = V_i + \text{correction de densité} + \text{correction de température}$

Pour une V_i donnée :

- Plus il fait chaud, plus la V_p est élevée
- Plus il fait froid, plus la V_p est élevée

Si la vitesse indiquée d'un avion qui vole à 8000 ft (avec une température ISA+20) est de 130 kt

Correction de densité $\Rightarrow +13\%$

Correction de température $\Rightarrow +4\%$

$V_p = 130 \times 1.13 \times 1.04 = 153 \text{ kt}$

Calcul d'altitude vraie

L'altimètre étant calibré selon l'atmosphère standard international (ISA), l'altitude indiquée est toujours différente de l'altitude vraie.

- S'il fait plus chaud qu'en ISA \Rightarrow altitude vraie $>$ altitude indiquée
- S'il fait plus froid qu'en ISA \Rightarrow altitude vraie $<$ altitude indiquée \Leftarrow DANGER

Correction = 4 x (altitude/1000) x Δ ISA

Altitude vraie = altitude indiquée \pm correction

Un avion vole à 8000 ft au QNH de 1013 et le pilote lit sur son indicateur de température extérieure qu'il fait -11°C

En ISA au FL080, il fait -1°C , nous sommes donc en condition ISA-10

Correction d'altitude = $4 \times 8 \times (-10) = -320$ ft

L'aéronef est donc à une vraie altitude de 7680 ft

Calcul de dérive

La dérive est l'angle formé entre le cap de l'avion et la route qu'il suit. La dérive est non nulle lorsque l'aéronef subit du vent de travers.

$$X = Fb \times V_w$$

$$\delta = V_t \times Fb$$

$$\delta = X \times \sin(a)$$

La vitesse propre de l'aéronef est de 120 kt. Il est au cap 010°, le vent est 04020KT

*Dérive maximum = 0.5 * 20 = 10°*

*Dérive = 10 * 0.5 = 5°*

Calcul de l'effet du vent sur le temps de vol

Pour prendre en compte l'effet du vent, il est tout à fait possible de calculer le facteur de base en utilisant la vitesse sol. Il est également possible d'utiliser l'une des deux formules suivantes :

$$t = X \times \cos(a)$$

$$t = V_e \times Fb$$

La vitesse propre de l'aéronef est de 120 kt et il subit 40 kt de vent de face

$$t = 20 \times 1 = 20 \text{ sec/min}$$

$$t = 40 \times 0.5 = 20 \text{ sec/min}$$

Nous perdons donc 20sec par minute de vol. Si nous avions prévu de parcourir une branche de navigation en 1 minute sans vent, nous parcourrons cette même distance en 1min20sec.

“

En réalité, il faut corriger ce t car plus on vole longtemps avec du vent de face, plus on le subit. Au contraire, moins on vole longtemps avec du vent arrière, moins on le subit

Calcul de pente

1° ≈ 100 ft/NM

2° ≈ 200 ft/NM

3° ≈ 300 ft/NM

Un aéronef se situe à 3000 ft AAL. La pente d'approche de l'ILS est de 3°. L'aéronef doit donc intercepter le plan passant environ 10 NM

La vitesse verticale à adopter afin de maintenir une pente (d'approche par exemple) :

$$V_z = \text{vitesse sol} \times \text{pente (\%)}$$

La pente d'approche de l'ILS est de 3° (= 5%) et l'avion vole à 120 kt sol. La vitesse verticale à maintenir est de $V_z = 120 \times 5 = 600$ ft/min

En maniant cette équation, nous pouvons également déterminer :

$$\text{Pente (\%)} = V_z / \text{vitesse sol}$$

La procédure de départ oblige l'équipage à maintenir une pente minimale de 3.3%. L'équipage a calculé qu'il aura une vitesse sol de 100 kt et que pendant la montée avec un moteur en panne l'aéronef maintiendra 350 ft/min

$$\text{Pente} = 350 / 100 = 3.5\%$$

“

L'utilisation de la vitesse sol est associée avec la pente sol. Afin d'obtenir une information sur la pente air, utiliser la vitesse air

Calcul de point de mise en descente (TOD)

Le TOD peut être calculé de manière à obtenir la distance de mise en descente, puis le variomètre à maintenir en utilisant la formule suivante :

$$\text{TOD (NM)} = \Delta\text{FL} / \text{pente (}^\circ\text{)}$$

Un aéronef vole au FL140 et veut atteindre le FL080 sur un point en suivant une pente de 3°. L'aéronef devra donc commencer à descendre 20 NM avant le point (60/3 = 20).

Si l'équipage a calculé que l'aéronef aura une vitesse sol de 120 kt, il devra maintenir une vitesse verticale de 600 ft/min.

“

Pour passer d'un niveau de vol à une altitude, il faut convertir l'un des deux (1 hPa / 28 ft dans les basses couches de l'atmosphère)

Il est également possible de calculer le TOD en temps :

$$\text{TOD (min)} = \Delta\text{altitude} / V_z$$

Un aéronef vole au FL140 et veut atteindre le FL080 sur un point en maintenant une vitesse verticale de 1000 ft/min. L'aéronef devra donc commencer à descendre 6 min avant l'estimée (6000/1000=6)