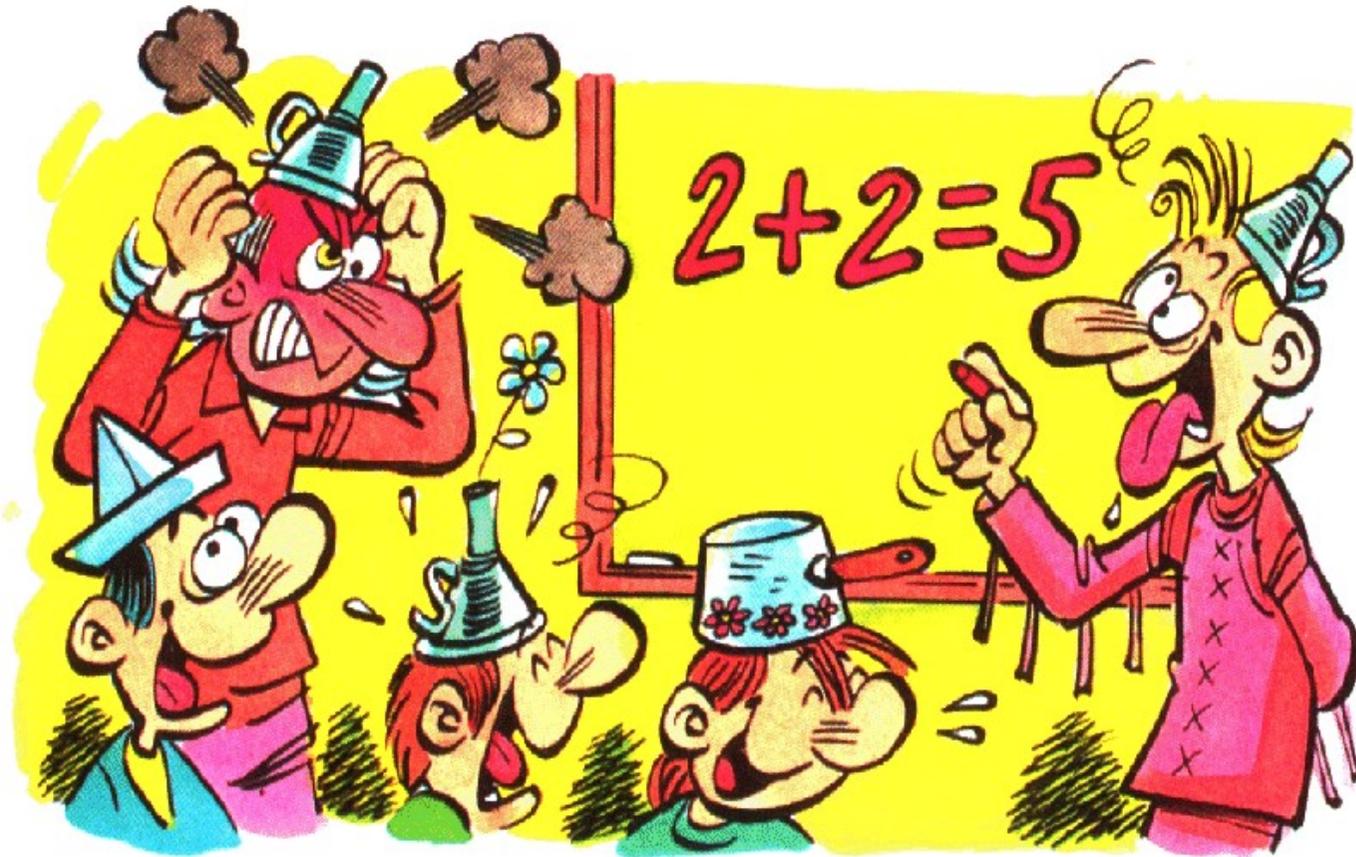


Calcul mental du PPL



Calcul mental

Introduction

- ✓ Son but est de faciliter la tâche du pilote pour lui éviter de lâcher les commandes en manipulant une calculatrice.
- ✓ En vol il ne doit pas perturber, mais permettre les calculs de temps, consommation, trajectoires en plan, site, dérive, etc..
- ✓ Il est approximatif, mais cette approximation reste compatible avec les résultats recherchés, compte tenu des imprécisions qui caractérisent les données.



2. Relation vitesse / temps / distance

- Le facteur de base (F_b ou *Basic factor*) est le temps exprimé en minutes pour parcourir l'unité de distance utilisée dans la vitesse

En avion, la vitesse étant exprimée en noeuds, les distances en nautiques, F_b représente le temps en minutes pour parcourir 1 Nm.

En fonction de la vitesse propre, on a :

$$F_b = 60 / V_p$$



2. Relation vitesse / temps / distance

- L'inverse du facteur de base $1 / F_b$ est la distance en Nm parcourue en 1 minute

pour un avion dont la V_p est 120 kt on a :

$$F_b \Rightarrow 60 / 120 = 0,5 \quad \text{soit } 30'' \text{ par Nm}$$

$$1 / F_b \Rightarrow 120 / 60 = 2 \quad \text{soit } 2 \text{ Nm/min}$$



2. Relation vitesse / temps / distance

Il est intéressant de retrouver rapidement les F_b courants et leurs inverses $1/F_b$ ou VP/min :

| | | | |
|--------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| 80kt | $F_b = 3/4$ | $1/F_b = 4/3$ | <i>4/3 Nm/min</i> |
| 90kt | $F_b = 2/3$ | $1/F_b = 3/2$ | <i>1,5 Nm/min</i> |
| 100kt | $F_b = 0,6$ | $1/F_b = 1,7$ | <i>1,7 Nm/min</i> |
| 120kt | $F_b = 1/2$ | $1/F_b = 2$ | <i>2 Nm/min</i> |
| 150kt | $F_b = 0,4$ | $1/F_b = 2,5$ | <i>2,5 Nm/min</i> |
| 180kt | $F_b = 1/3$ | $1/F_b = 3$ | <i>3 Nm/min</i> |



2. Relation vitesse / temps / distance

Cela permet de faire rapidement le calcul du temps sans vent (Tsv) sur un parcours donné D, exprimé en nautiques, en appliquant la formule:

$$T \text{ (min)} = D \cdot F_b$$

Nb: La vitesse prise en considération est la vitesse propre de l'avion calculée à partir de la vitesse indiquée (Vi) et qui ne tient pas compte du vent.



Calcul de la vitesse propre

Les anémomètres sont calibrés en fonction des critères de l'atmosphère type (anciennement appelée « standard »).

La vitesse indiquée n'est pas représentative de la vitesse par rapport à la masse d'air

Il faudra apporter 2 corrections à cette vitesse indiquée :

- 1. Une correction de densité**
- 2. Une correction de température**



Calcul de la vitesse propre

Correction de densité:

$$V_p = V_i + 1\% \quad \text{par } 600' \text{ (1)}$$

Correction de température:

$$V_p = V_i \pm 1\% \quad \text{par } 5^\circ \text{ d'écart (2)}$$

(1) *Altitude pression*

(2) *Par rapport à l'atmosphère type :*

« + » *si température plus élevée,*

« - » *dans le cas contraire*



Exemple de calcul de la vitesse propre

Vous volez au FL 65, votre V_i est de 100 kt et la température extérieure est de 22°C. Quelle est votre V_p ?

Correction de densité: + 11% (11 x 600')

Correction de température: à 6500 pieds la T° ext devrait être de +2°, je suis en ISA + 20°
j'ajoute 4% ($20^\circ / 5^\circ = 4$)

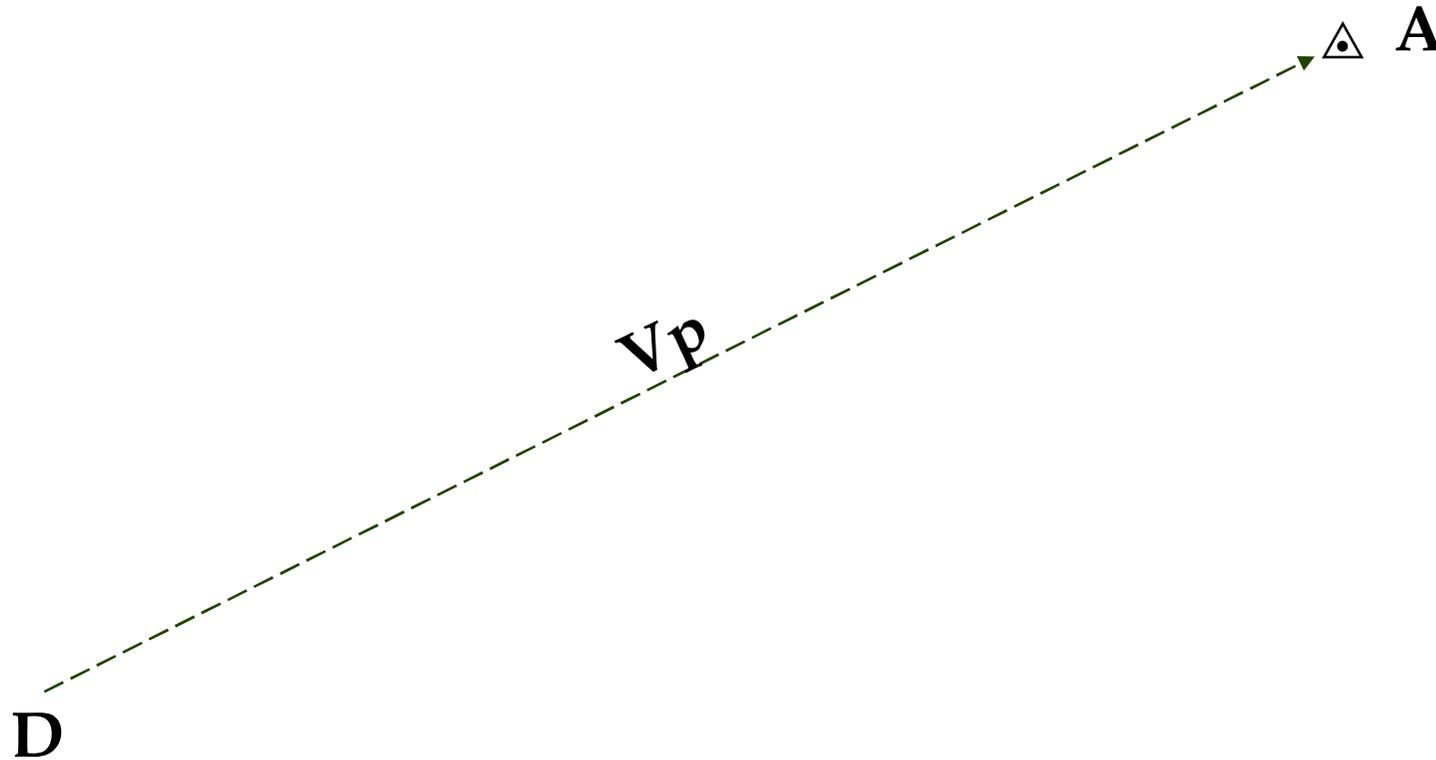
Cela fait une correction totale de + 15%.

Ma vitesse propre V_p est de $100 + 15 = 115$ kt

Souvenez-vous : + chaud, + haut, + vite

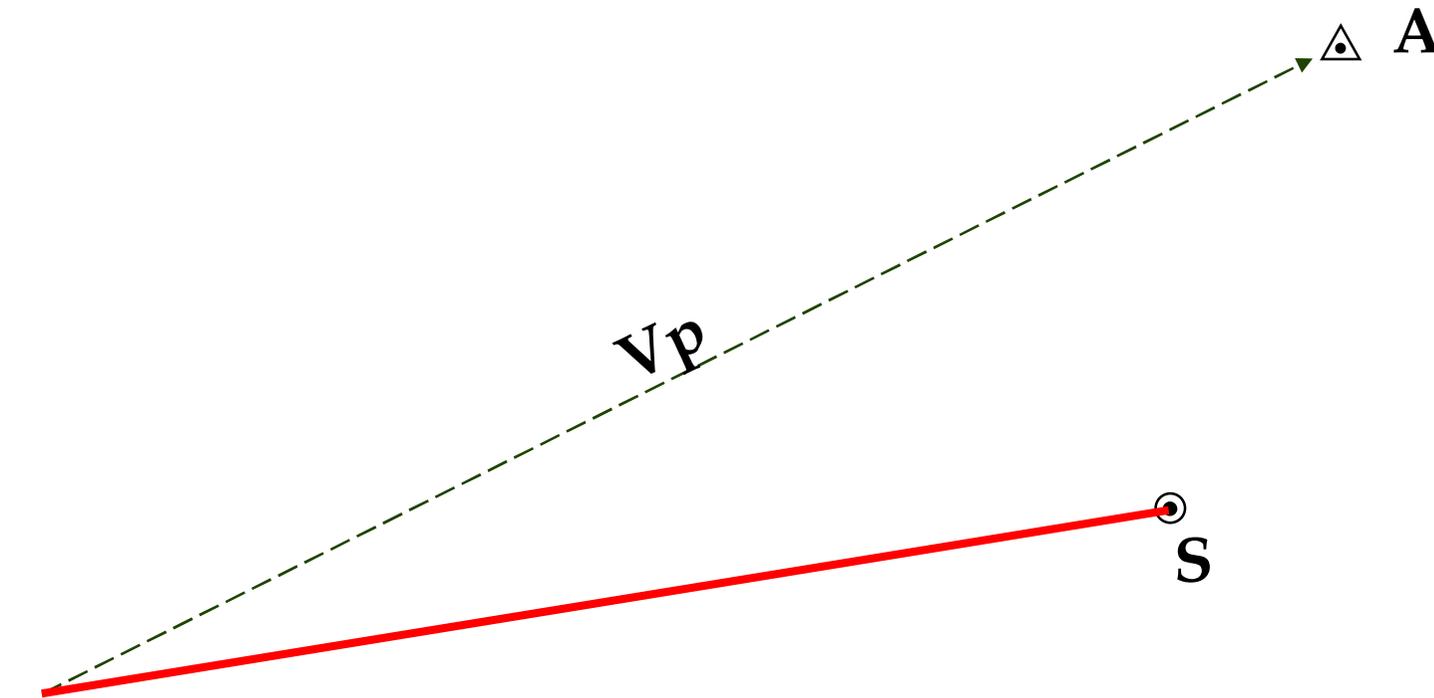


3. Effet du vent sur le vol de l'avion



Un avion partant de D qui volerait pendant 1 heure à la vitesse propre, arriverait en A (point air).

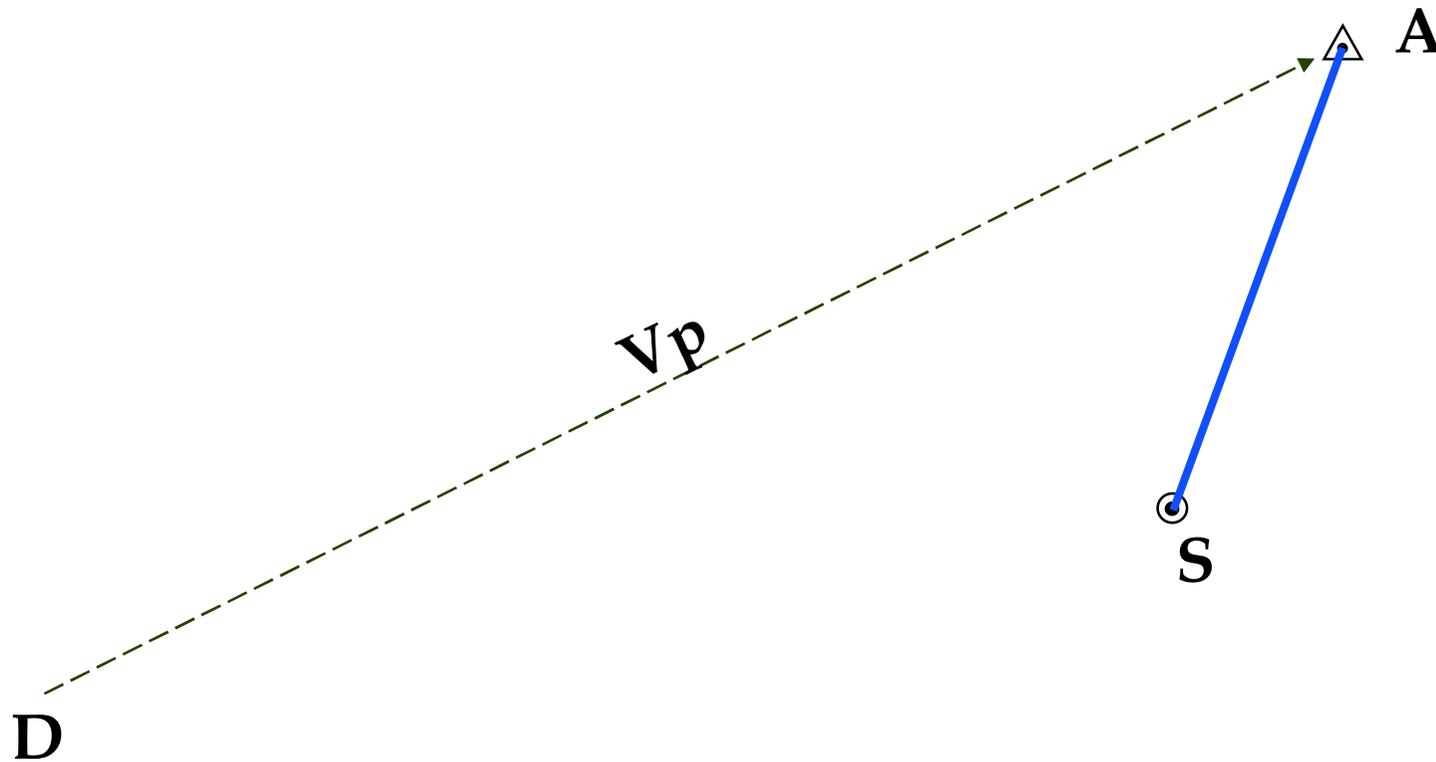
3. Effet du vent sur le vol de l'avion. suite



Si au bout d'une heure l'avion est au point S (point sol), que peut-on dire du segment DS ?

On peut dire que DS est représentatif de la vitesse sol V_s .

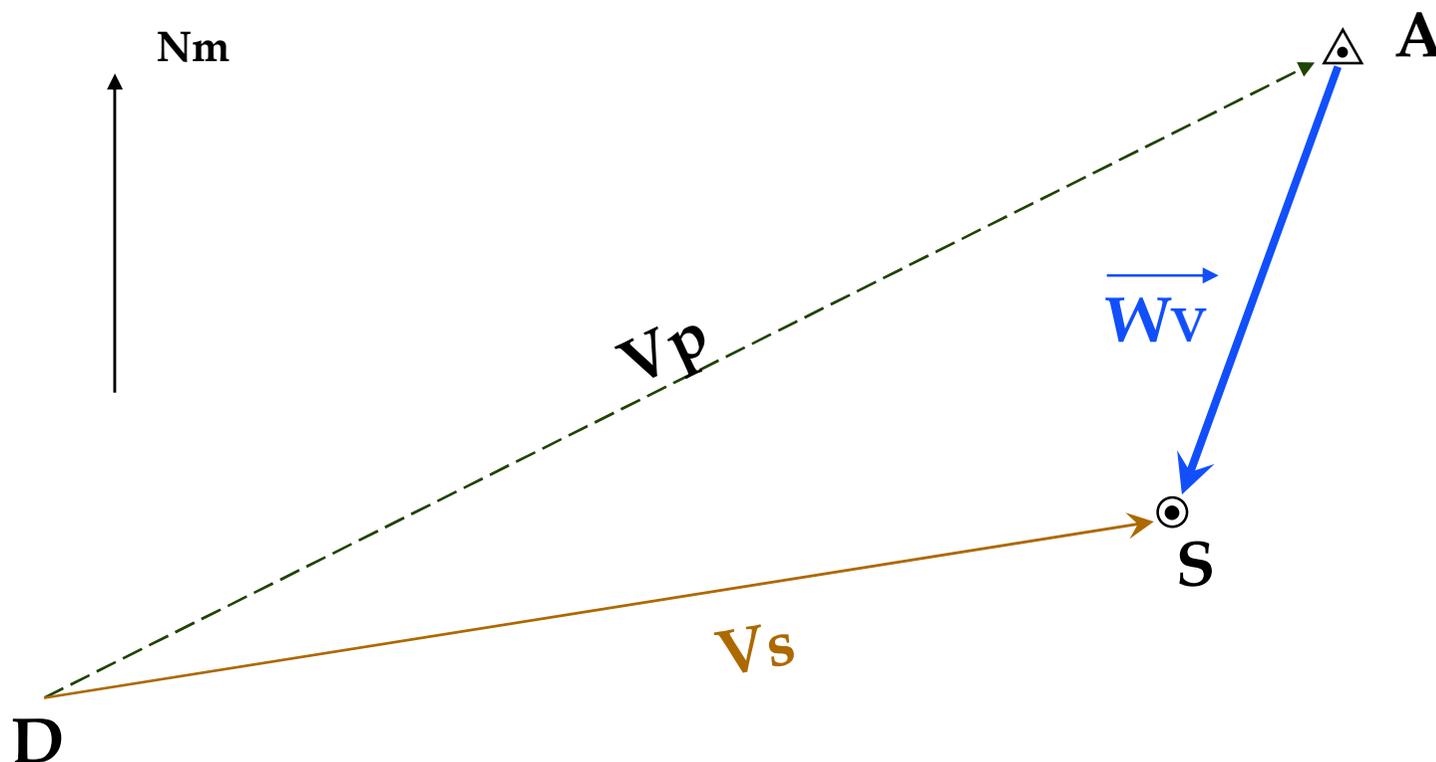
3. Effet du vent sur le vol de l'avion. suite



De la même façon, que peut-on dire du segment AS ?

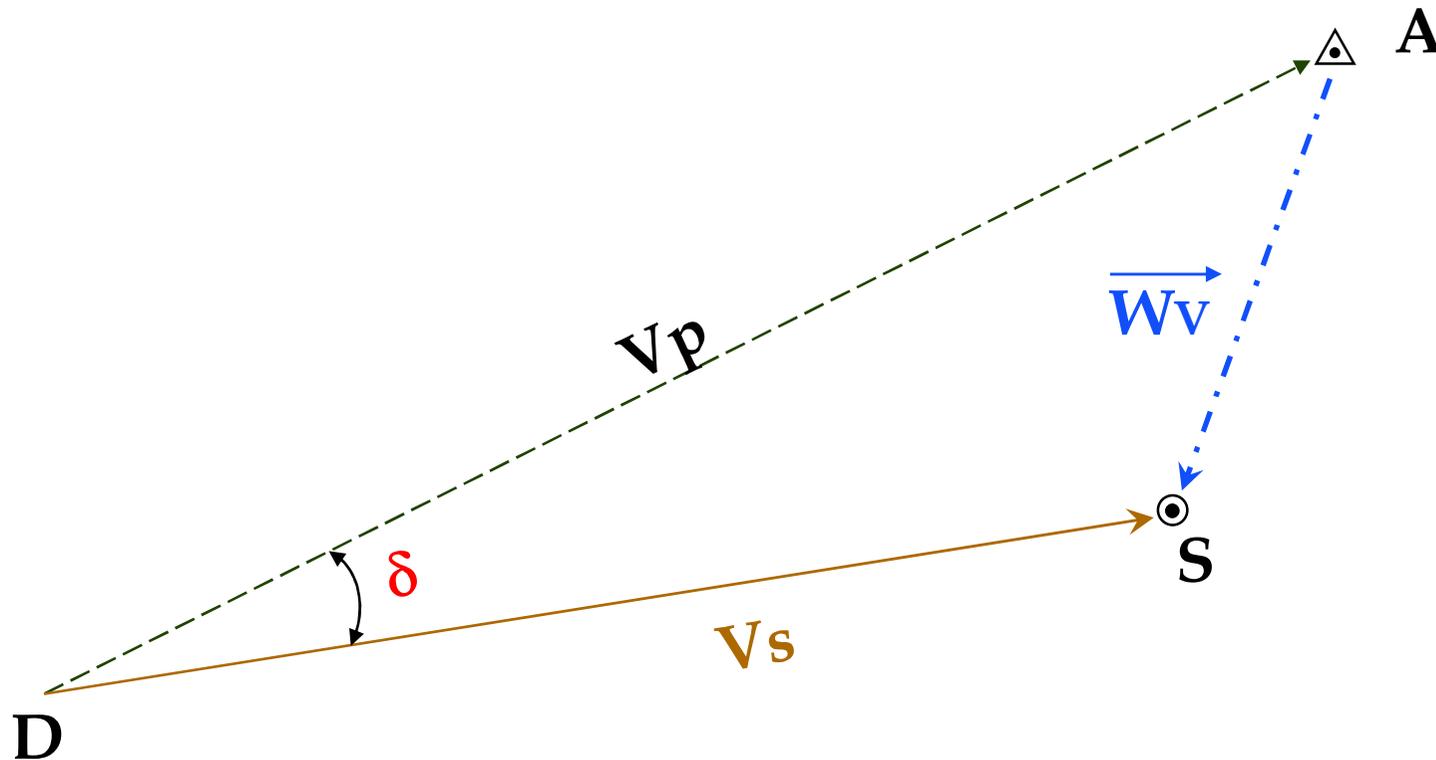
On peut dire que AS est représentatif de la vitesse du vent.

3. Effet du vent sur le vol de l'avion. suite



On peut donc en déduire un vent (Wv) du NNE, du 020° environ dans le cas présent.

3. Effet du vent sur le vol de l'avion

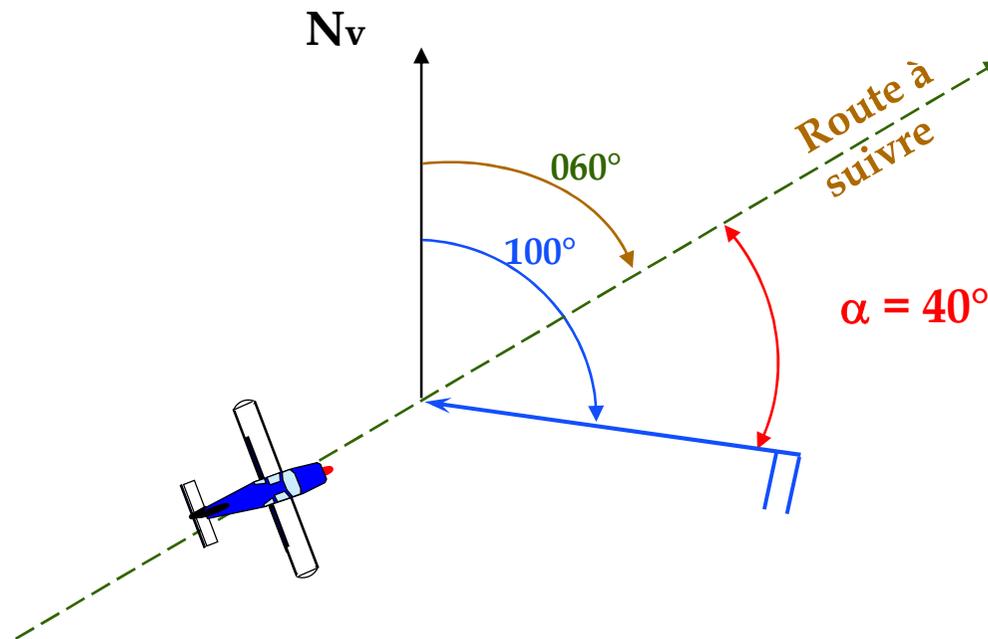


Que représente l'angle δ formé par les deux segments DA et DS ?

L'angle δ représente la valeur de la dérive

3.1 Notion d'angle au vent

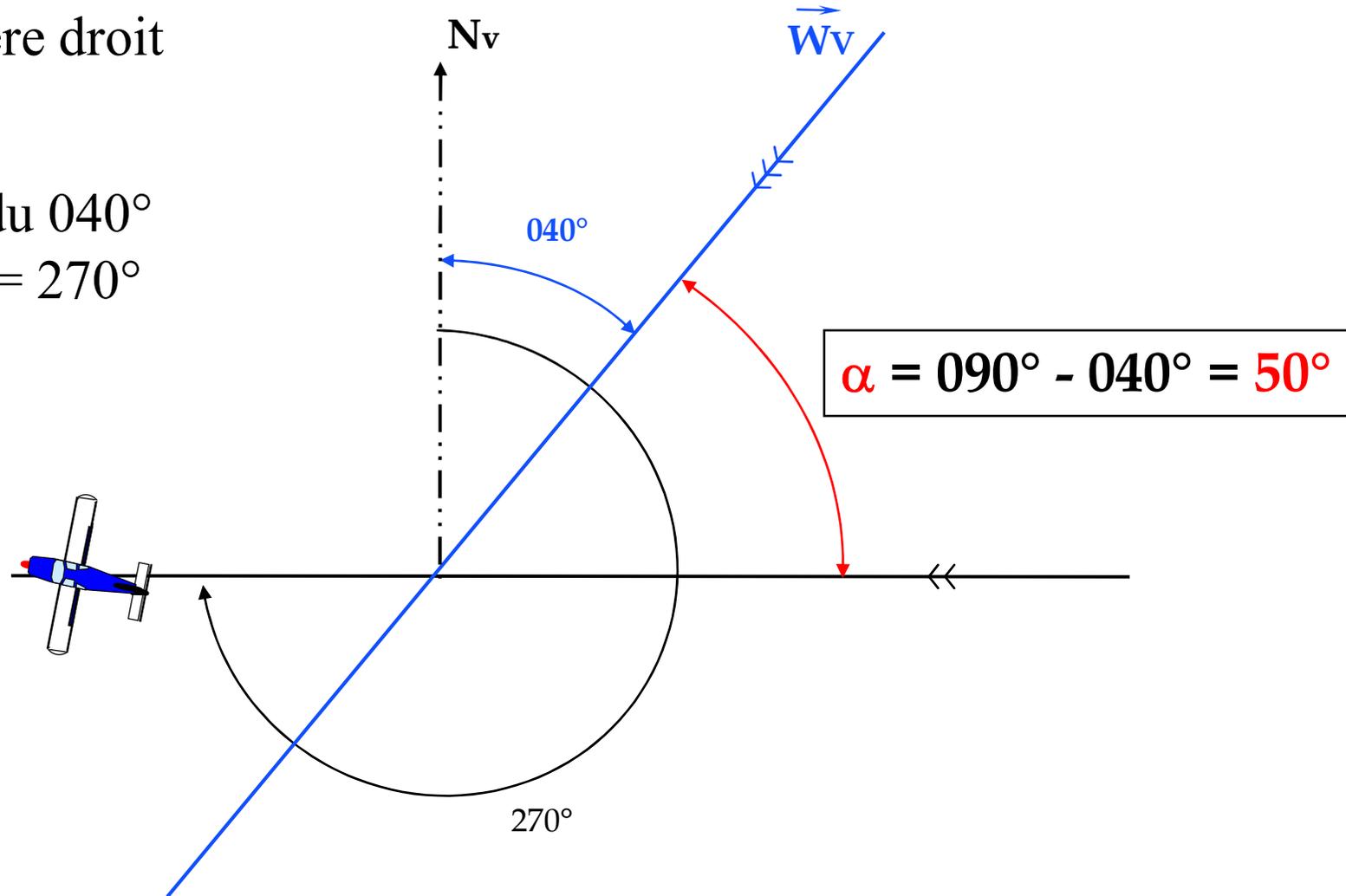
On appelle l'angle au vent (**symbole α**), l'angle aigu compris entre la direction d'où vient le vent et la route que doit suivre l'avion (DTK).



➤ Vent secteur arrière

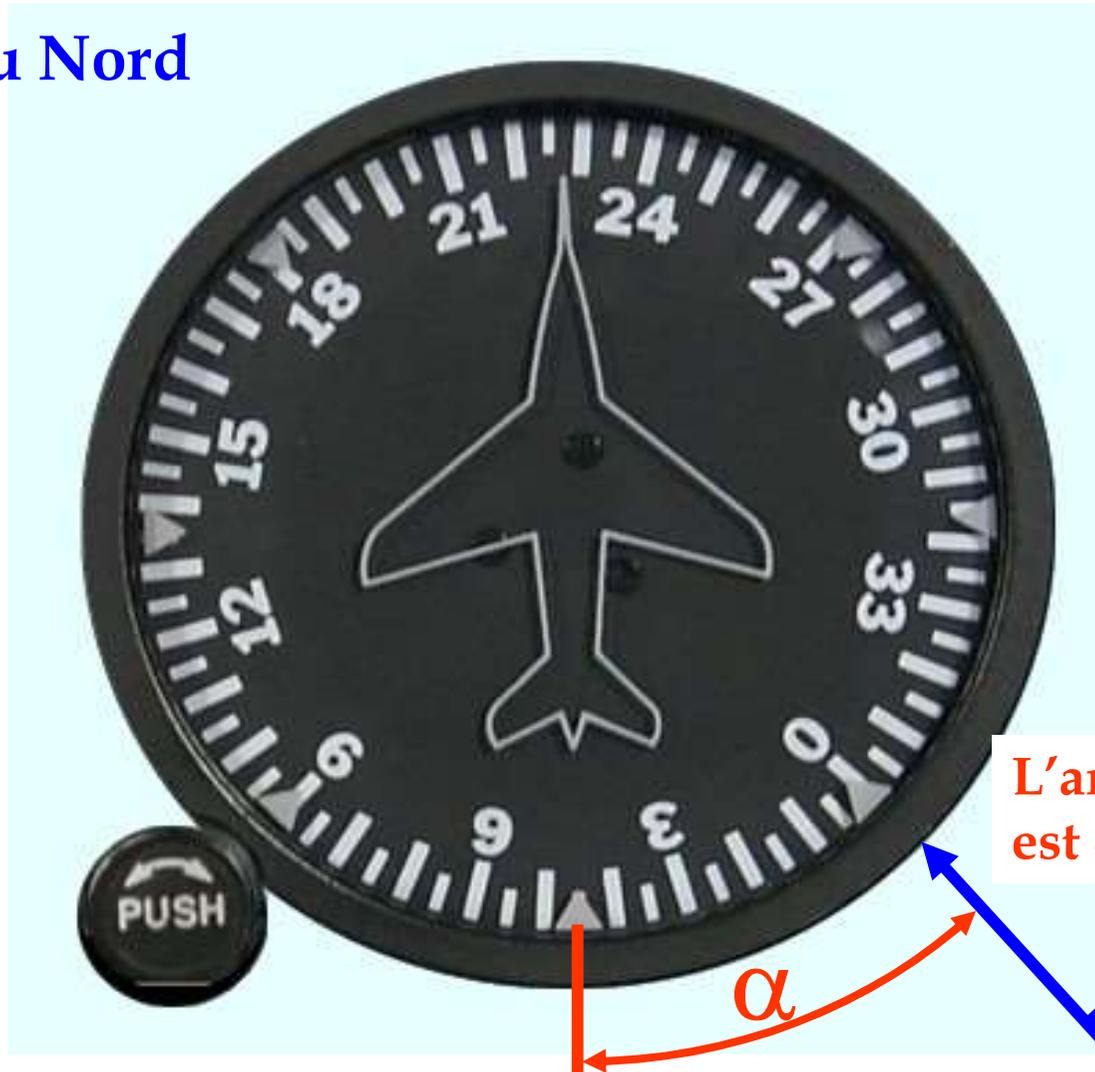
- Arrière droit

Vent du 040°
route = 270°



Matérialisation de l'angle au vent

Le vent est du Nord



L'angle au vent est de 45°

3.2 Règle générale pour la détermination de l'angle au vent α

a) Matérialiser d'où vient le vent par rapport à la route à suivre pour déterminer quantitativement:

Vent arrière ou de face

Vent travers gauche ou droit

b) Déterminer quantitativement la valeur de l'angle au vent:

Vent de face:

$$\alpha^\circ = W_{Vdirection} - \text{route}^*$$

Vent arrière:

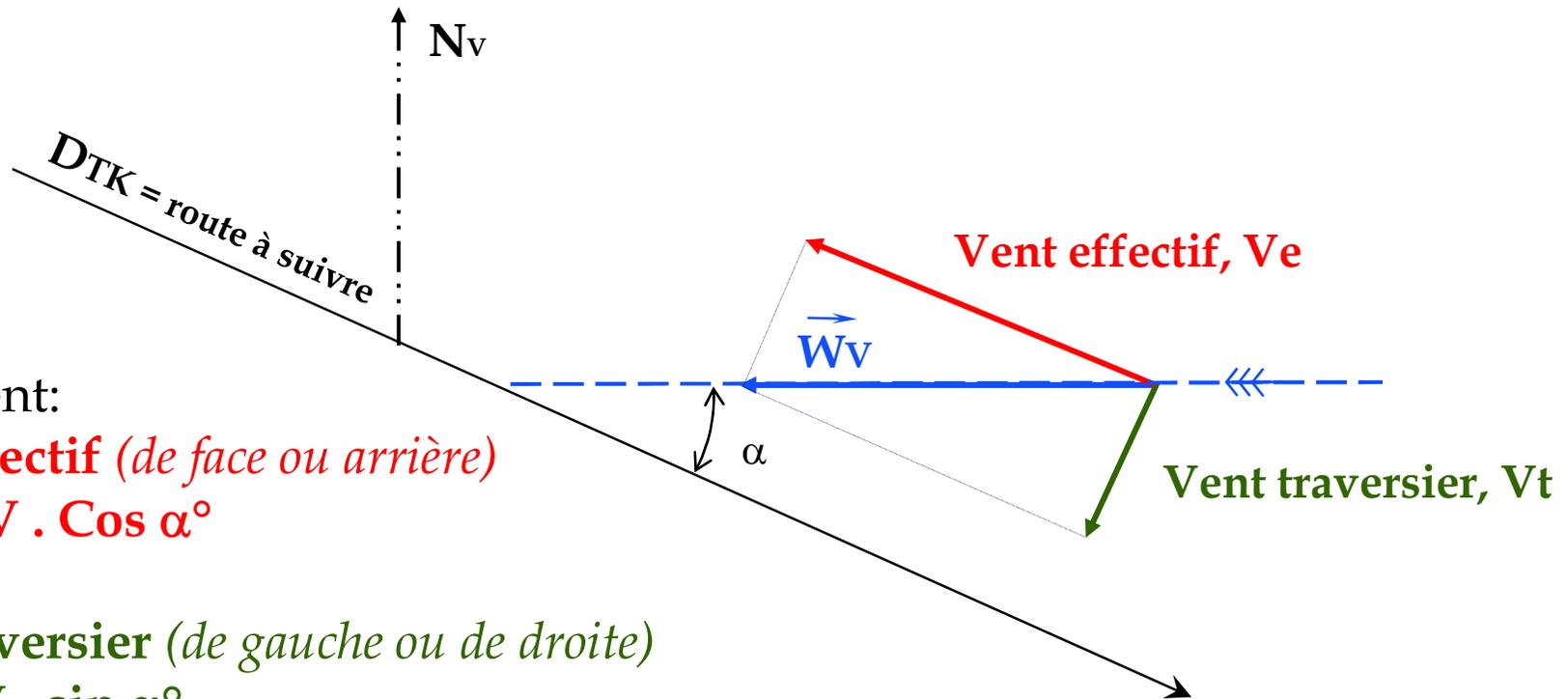
$$\alpha^\circ = W_{Vdirection} - \text{inverse route}^*$$

* *Route à suivre*



3.3 Notion de vent effectif et vent traversier

L'angle au vent α étant connu, il est toujours possible de décomposer le secteur vent selon 2 directions associées à l'orientation de la route à suivre.



On obtient:

Vent effectif (*de face ou arrière*)

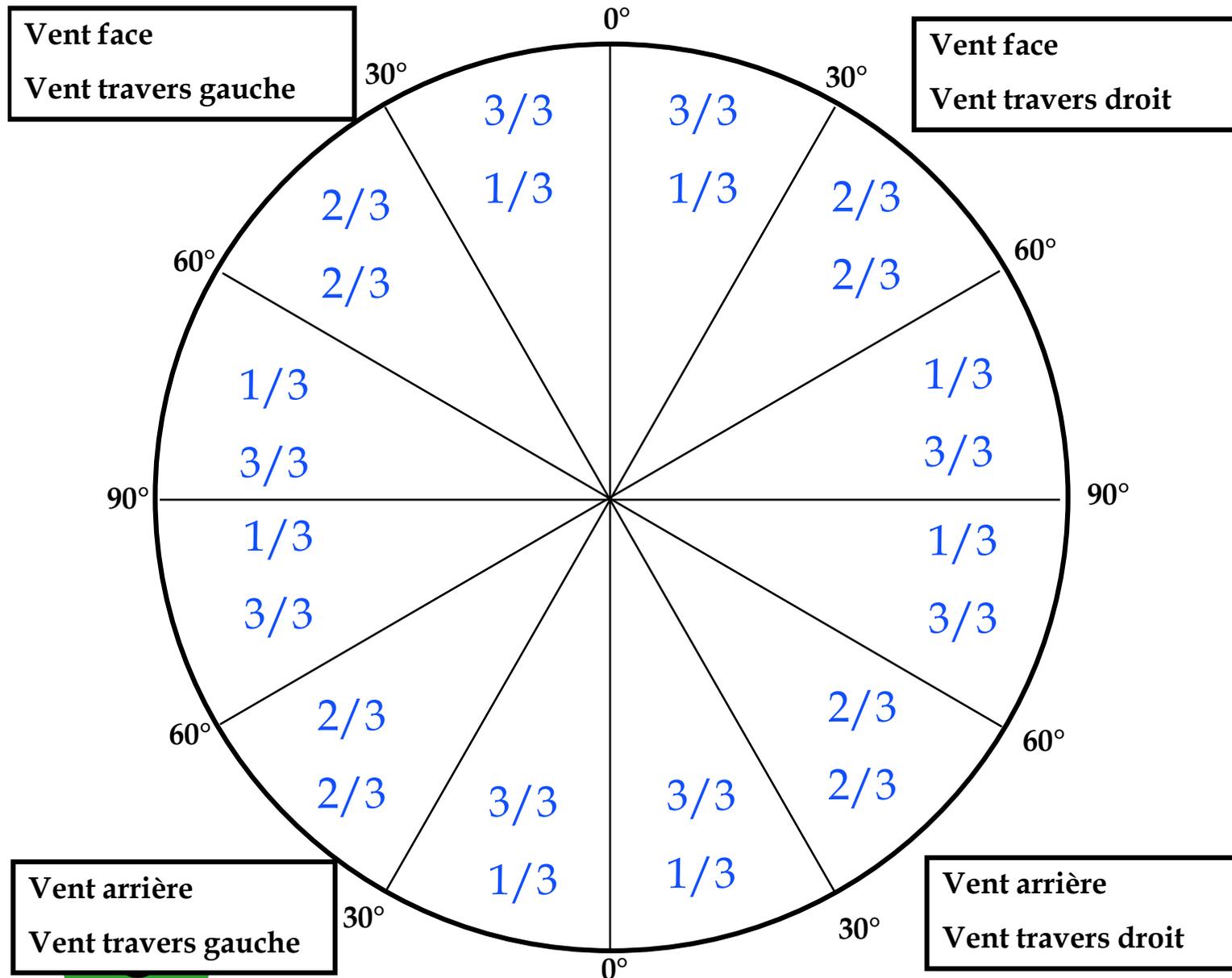
$$V_e = WV \cdot \cos \alpha^\circ$$

Vent traversier (*de gauche ou de droite*)

$$V_t = WV \cdot \sin \alpha^\circ$$



3.4 Calcul rapide des lignes trigonométriques



Calcul rapide des lignes trigonométriques (*autre méthode*)

$$\text{Sin } \alpha^\circ = (\alpha^\circ / 100) + 0,2$$

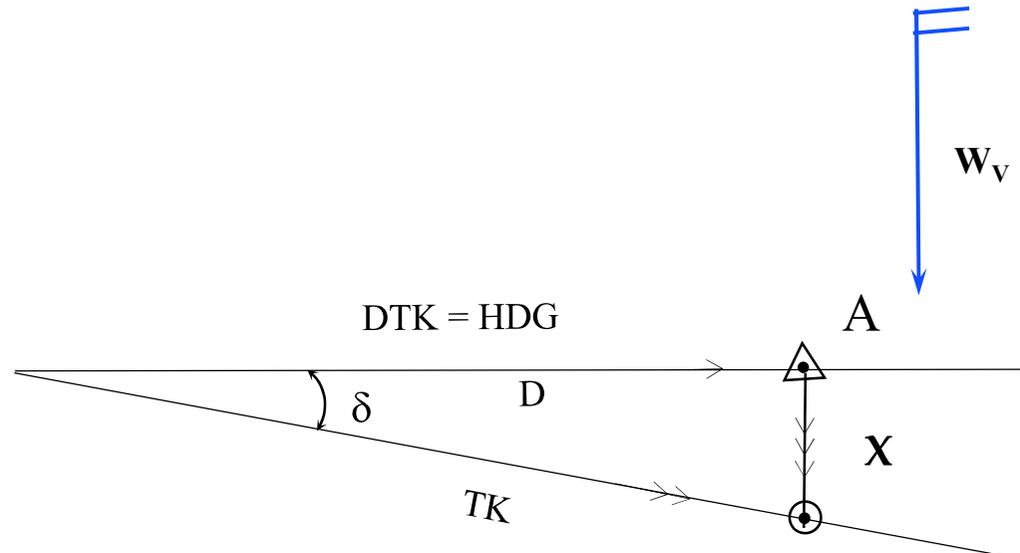
Exemples:

$$\sin 30^\circ \quad (30 / 100) + 0,2 = 0,5$$

$$\sin 50^\circ \quad (50 / 100) + 0,2 = 0,7$$



5.1.1 Calcul de la dérive



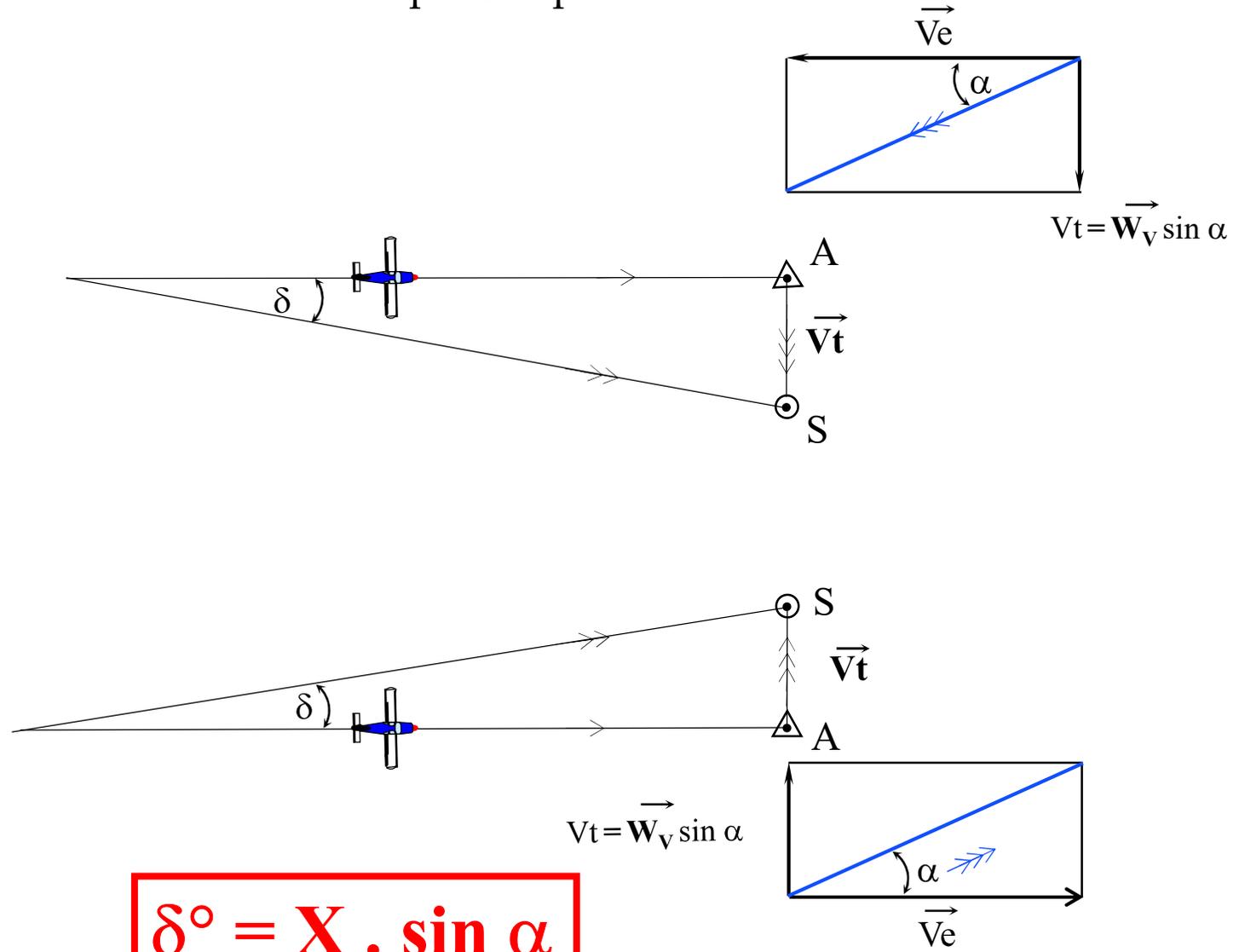
Au bout d'une heure, l'avion est au point S, il a subi un effet de vent
 $X = B_F \cdot W_V$

X est proportionnel à la force du vent et inversement proportionnel à la vitesse de l'avion.

Lorsque le vent est plein travers, X représente la dérive maximum

5.1.1 Calcul de la dérive

Vent quelconque



$$\delta^\circ = X \cdot \sin \alpha$$



Calcul rapide d'un cap

1. Matérialisation du vent par rapport à la route:

vent de droite **$C_m > R_m$**

vent de gauche **$C_m < R_m$**

② Détermination de C_w (V_t)

0 à 30° **$V_t = 1/3$ de W_v**

30 à 60° **$V_t = 2/3$ de W_v**

60 à 90° **$V_t = 3/3$ de W_v**

③ Détermination du facteur de base (F_b)

$F_b = 60 / V_p$

④ Détermination de la dérive (drift = δ)

$\delta^\circ = V_t \cdot F_b$

⑤ Détermination du cap magnétique C_m

$C_m = R_m +/- \delta^\circ$



Calcul d'un vent traversier

Dans la pratique, lors de l'utilisation d'un moyen de radionavigation comme le VOR, il est aisé de constater la dérive engendrée par le vent traversier.

L'écart entre le cap magnétique affiché et la route magnétique suivie (dans ce cas, un QDM ou un QDR) donne la valeur de la dérive.

Il suffit de diviser cette dérive constatée par le Fb pour avoir une idée de la composante du vent traversier.

$$V_t = \delta^\circ / F_b$$

Nb: diviser par le facteur de base revient à multiplier par l'inverse de ce facteur de base: 1 / Fb



Exemple de calcul d'un vent traversier

En navigation, faisant route vers un VOR, vous avez le Cm 060° qui vous maintient sur la Rm 070°, alors que votre vitesse propre V_p est de 120 kt ($Fb = 0,5$).

La dérive est de 10° droite, le vent vient donc de la gauche, (avant ou arrière), et la composante de vent traversier est de:

$$V_t = \delta^\circ / Fb \quad \text{soit} \quad 10^\circ / 0,5 = \mathbf{20 \text{ kt}} \text{ de } V_t$$



Exemple de calcul du vent

En navigation, faisant route vers un VOR, vous calculez (par la méthode précédente) un vent traversier de 20 kt.

Votre V_p étant toujours de 120 kt, vous constatez que vous parcourez 30 Nm en 12 minutes au lieu de 15' ($30 \times 0,5$);

Votre vitesse sol est donc de 150 kt (*12 minutes est le 1/5^{ème} de l'heure*); en 1 h vous auriez parcouru: $30 \text{ Nm} \times 5 = 150 \text{ Nm}$.

$V_e = V_s \pm V_p$ soit dans notre cas $150 - 120 = 30 \text{ kt}$ de V_e

$W_v = \text{Plus Grand} + 1/3 \text{ du Plus Petit}$

La force du vent dans notre exemple est de $30 + 20/3 = 36 \text{ kt}$ (arrondi à 35 kt)



Exemple de calcul de la direction du vent

1. Si V_t est égal la moitié de V_e : $\alpha = 30^\circ$
2. Si V_t est égal à V_e : $\alpha = 45^\circ$
3. Si V_t est le double de V_e : $\alpha = 60^\circ$

On extrapole pour les valeurs intermédiaires, la précision étant suffisante compte tenu des données.

Dans l'exercice précédent: route suivie 070° , C_m 060° , V_t 20 kt
 V_e 30 kt, force du vent 35 kt, le V_t est légèrement $>$ à la moitié
du V_e , l'angle au vent est d'environ 35° arrière gauche soit:
 $250^\circ + 35^\circ = 285^\circ$

Vent: $285^\circ / 35$ kt



8. Formules pratiques

- Relations entre rayon de virage r , inclinaison Φ et V_p

$$\Phi = 15 \% \text{ de } V_p \text{ (kt)} \quad R_{(m)} = 10 V_p \text{ (kt)}$$

$$R_{(Nm)} = V_p \text{ (kt)} / 200$$

- Relation pente en degrés et pourcentage

$$P\% = P^\circ \cdot 10 / 6$$

- Relation pente de trajectoire, vitesse sur trajectoire, V_z

$$V_z \text{ (ft/mn)} = V_s \text{ (kt)} \cdot P\%$$

- Relation variation d'assiette / V_z / V_p

$$1^\circ = +/- 200' / \text{minute} = +/- 5 \text{ kt}$$

- Calcul de l'altitude vraie Z_v :

$$Z_v = Z_i + 4 (T^\circ - T^\circ \text{ std}) \cdot Z_i \text{ (milliers de pieds)}$$



9. Formules pratiques

✓ Rappels

$$1 \text{ Nm} = 6000 \text{ feet} = 1852 \text{ m}$$

$$1\% = 60 \text{ ft / Nm}$$

$$5\% = 300 \text{ ft / Nm}$$

$$1 \text{ m/s} = 200 \text{ ft / min (environ)}$$

$$1 \text{ m/s} = 2 \text{ kts} = 4 \text{ km/h (environ)}$$

$$1 \text{ inch} = 34 \text{ hPa (33,86 exactement)}$$

$$1 \text{ litre}^* = 0.72 \text{ kg (* essence avion: 100LL)}$$

$$1 \text{ kg}^* = 1.39 \text{ litre (* essence avion: 100LL)}$$

