



Le Taux de Descente, TOD (top of descent).

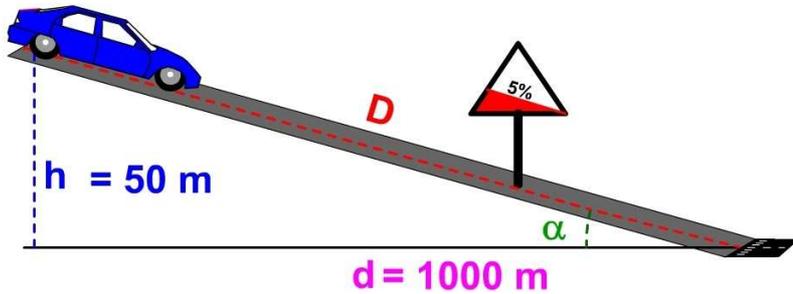
Atelier de Patrick HIROUX (FAVPH)
et de Jean-Pierre RABINE (FAVJPR).

Petit rappel :

En automobile, vous descendez une pente de 5%... Qu'est-ce que cela veut dire ?

Cela signifie que votre véhicule descend d'une hauteur de 50 mètres (h) pour une distance parcourue de 1 kilomètre (d).

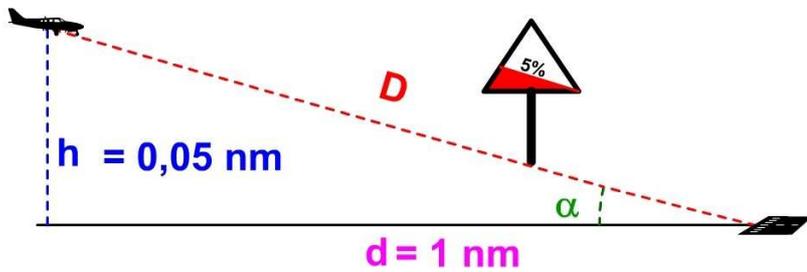
La pente que vous descendez correspond à un angle alpha (noté α) qui, pour une pente de 5%, est exactement égal à 2,865°.



Mathématiquement, on a $\text{tg}(2,865^\circ) = 0,050$ alors que $\text{tg}(3^\circ) = 0,052$.

Rappel de trigonométrie... sinus, cosinus, tangente...

$$\sin(\alpha) = h/D, \quad \cos(\alpha) = d/D, \quad \text{tg}(\alpha) = \sin(\alpha)/\cos(\alpha) = h/d$$



En avion, c'est pareil...

La pente que vous descendez, si elle est de 5% correspond à un angle de 2,865°. Cela signifie que vous allez perdre une hauteur de 5,0 nm (milles nautiques) quand vous parcourez au sol une distance de 100 nm... soit 0,050 nm pour 1 nm parcouru.

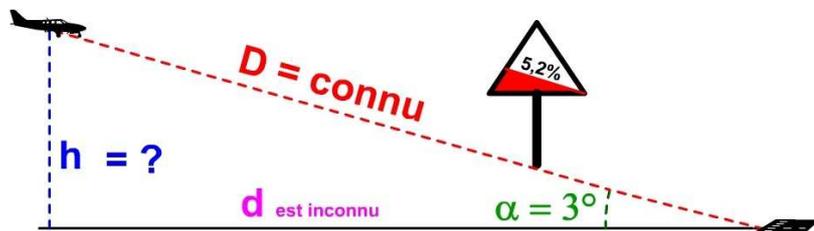
Ou, si vous adoptez une pente de 3°, cela signifie que vous allez perdre une hauteur de 0,052 nm quand vous parcourez au sol une distance de 1 nm.

Rappel : L'unité mille nautique a pour abréviation nm ("nautical mile") 1 nm = 1852 m

Oui, mais...

En avion on ne connaît pas la distance d ... En effet, par rapport au VOR/DME, on mesure la distance D ...

En plus, dans le domaine aéronautique, si les distances se mesurent en nm (milles nautiques), les distances verticales se mesurent en ft (pieds) ! Exact !



Si on parcourt une distance D de 1 nm par rapport au VOR/DME, on va descendre d'une hauteur h , qui cette fois est donnée par le sinus de l'angle α .

$$\sin(3^\circ) = 0,052$$

$$= (\text{côté opposé}) / (\text{hypoténuse})$$

$$= h / D$$

$$= h / 1$$

d'où la valeur de h exprimée en nm :

$$h = 1 * 0,052 = 0,052 \text{ nm}...$$

Exprimons cette hauteur en pieds.

En toute rigueur, on a

$$1 \text{ nm} = 1852 \text{ mètres}$$

$$\text{et } 1 \text{ mètre} = 3,28 \text{ ft}$$

$$\text{donc } 1 \text{ nm} = 1852 * 3,28 = 6074,56 \text{ ft.}$$

Notre hauteur est donc égale à

$$h = 0,052 * 6074,56 = 315,8 \text{ ft.}$$

Si on fait un calcul mental... en simplifiant...

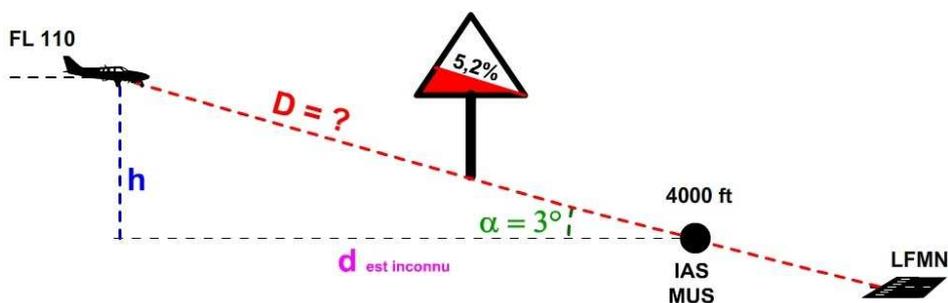
$$\sin(3^\circ) = 0,05 \text{ donc } h = 0,05 \text{ nm et } 1 \text{ nm} = 6000 \text{ ft donc } h = 300 \text{ ft.}$$

Avec une pente de 3°, on perd donc 300 ft pour 1 mille nautique parcouru.

Retenez la formule :

$$\text{Taux (ft / nm)} = \text{angle du plan (degrés)} * 100$$

En pratique ... le TOD : "Top of Descent"



Sur le vol Paris-Nice, vous êtes au niveau de vol 110.

Vous devez rejoindre le point MUS (IAS Initial Approach Fix) à une altitude de 4000 ft et calculer la distance à partir de laquelle vous devez commencer votre descente.

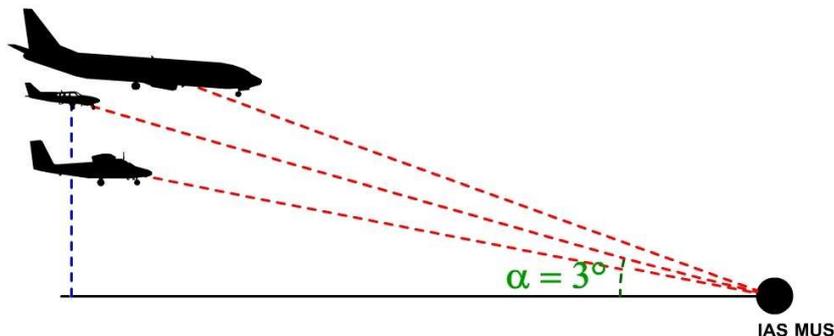
Cette distance va vous donner le TOD : le point de début de descente.

Vous devez perdre DFL = 11000 - 4000 = 7000 pieds.

Vous savez qu'avec une pente de 3°, vous perdez 300 ft par mille nautique parcouru...

Votre TOD sera donc à $7000/300 = 23,33$ nm de MUS.

Vous devrez donc commencer votre descente à 23 milles nautiques du point MUS.



Mais pourquoi doit-on faire une approche selon un angle de 3°?

Pour éviter que vos passagers aient mal aux oreilles...
Mais aussi, tout simplement pour éviter les collisions...

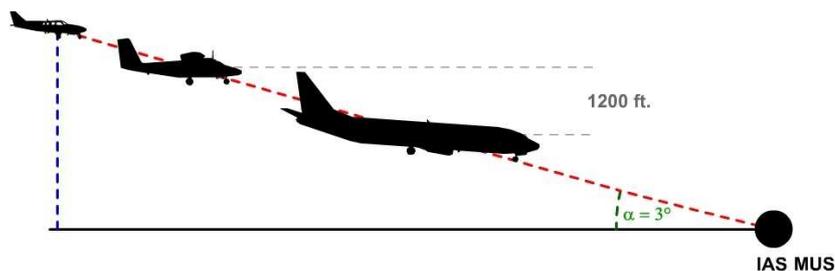
Imaginez que chacun puisse choisir un angle d'approche...

Si l'approche ne se faisait pas selon le même angle pour tous les avions...

Vous auriez un grand risque de collisions... Le pilote du Boeing 737 ne verrait pas le Beech Baron 58 en approche plus bas qui lui-même risquerait de couper l'approche du Twin Otter DHC-6.

On se croirait un soir à l'aéroclub des Ailes Virtuelles quand personne ne fait le contrôle d'approche pour l'atterrissage...

On peut alors s'attendre à quelques remises de gaz inopinées...



Respectez une pente d'approche de 3°!

Le plus souvent, quand les soirs d'aéroclub on a la chance d'avoir un contrôleur comme Rhida ou Jean-Philippe qui nous dirige... voilà ce que l'on observe...

Les avions sont à la queue leu leu sur la même pente d'approche...

S'ils sont à des distances respectables les uns des autres et avec une vitesse contrôlée, aucun risque de collision...

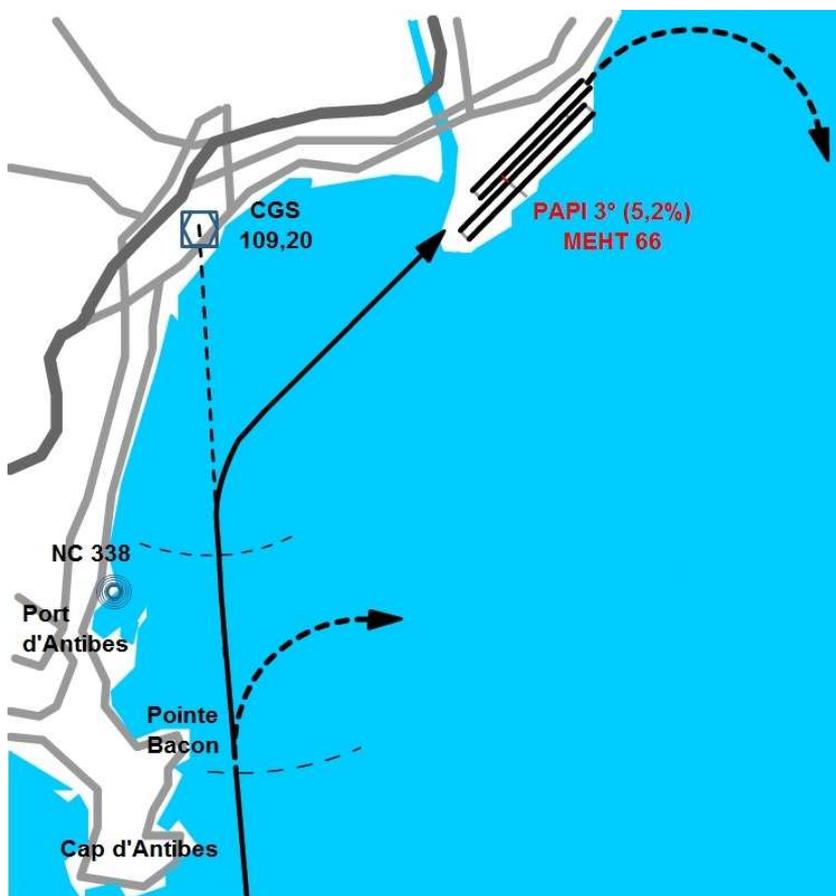
En finale à 120 kt, s'il y a 2 minutes de séparation entre deux avions, la distance entre les deux avions sera de 4 nm et la hauteur qui les sépare de $4 \times 300 = 1200$ ft... Aucun risque de collision !

A noter que selon les terrains, cette approche peut se faire à des angles différents.

Cela est dû soit à la configuration du relief environnant, soit à des impératifs divers comme la répartition des couloirs aériens. Ainsi, l'approche d'Orly se fait à 3,5°..

A noter que la pente d'approche peut également varier selon le sens de la piste empruntée...

Cela est encore dû au relief...



Prenons le cas de Nice.

LFMN : l'approche 04L

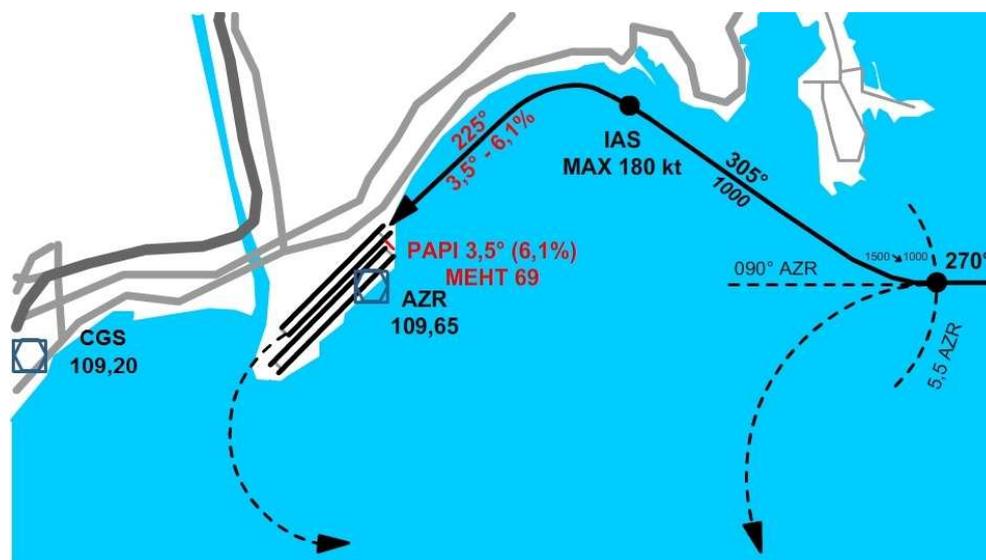
L'approche de la piste 04L dite "approche Riviera" présente un angle de descente de 3° ce qui correspond exactement à un plan de descente de 5,2 %.

Ceci est directement indiqué sur la carte d'approche au niveau de la trajectoire et au niveau du PAPI.

Notez que MEHT (Minimum Eye Height over Threshold) ou "hauteur minimum de l'oeil du pilote au-dessus du seuil", correspond à la hauteur minimale de détection du papi.

Il n'est plus visible en-dessous de celle-ci.

LFMN : l'approche 22R

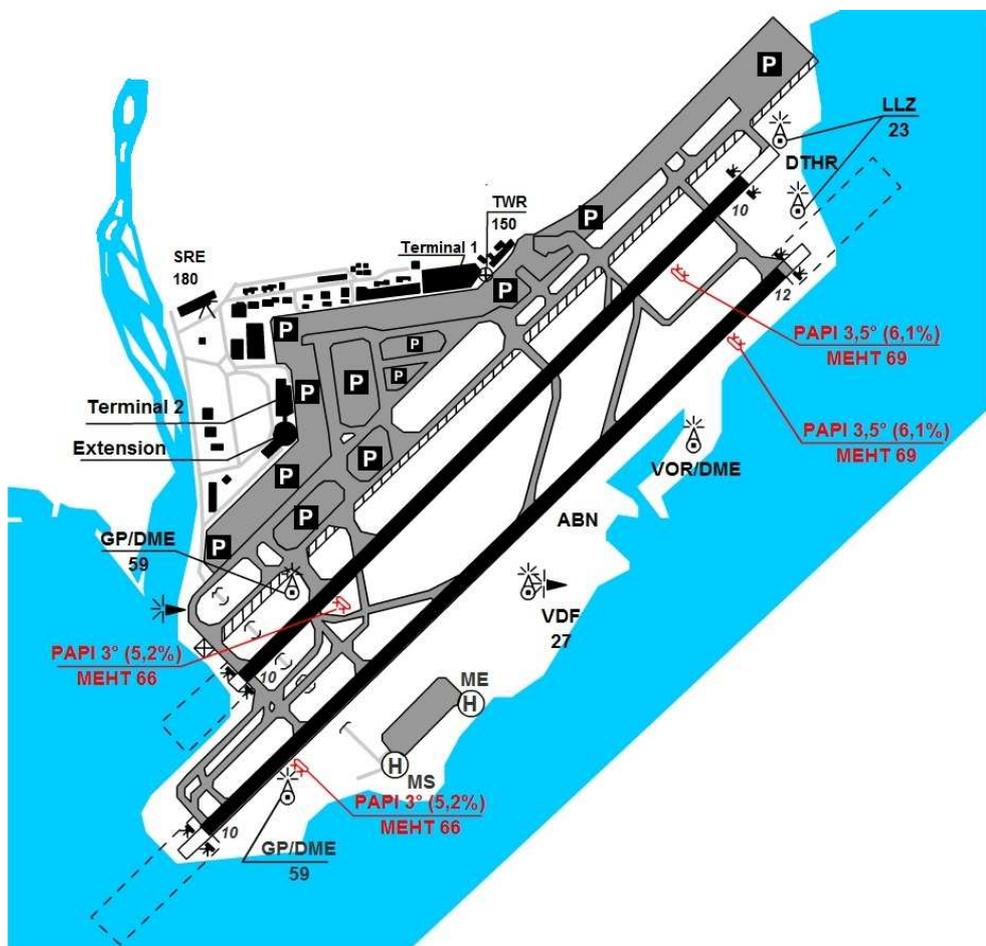


L'approche de la piste 22R dite "Approche Saleya" présente un angle de descente de 3,5° ce qui correspond exactement à un plan de descente de 6,1 %.

Cette contrainte est due au relief avoisinant ; il faut éviter le Cap Ferrat et le Mont Boron.

Vous pouvez noter qu'à partir de la prise de cap au 305°, l'approche est "à vue"...

Ceci est directement indiqué sur la carte d'approche au niveau de la trajectoire et au niveau du PAPI.

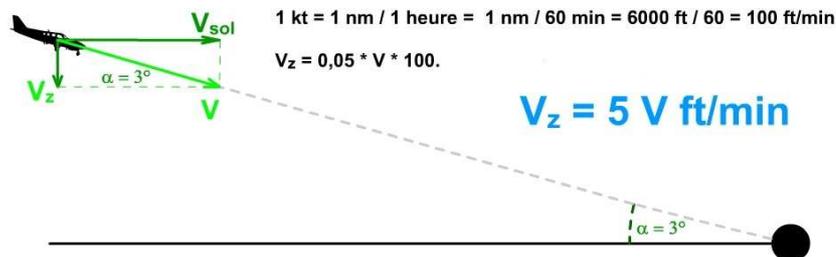


LFMN :

On retrouve ces informations sur la carte d'aérodrome.

L'approche 04L et/ou 04R se fait selon une pente de 3^{te} qui correspond à un plan de descente de 5,2%.

L'approche 22L et/ou 22R se fait selon une pente de 3,5^{te} qui correspond à un plan de descente de 6,1%.



Vitesse verticale (vario) :

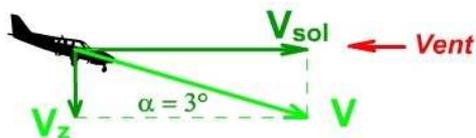
En ce qui concerne la vitesse de descente verticale qui s'exprime en pied/minute, elle dépend bien entendu de la vitesse de l'avion. Cette vitesse est aussi appelée vitesse verticale, vario, taux de chute ou encore taux de descente. Comme précédemment, on a la relation $\sin(3^\circ) = 0.05 = V_z / V$ et de ce fait, $V_z = 0,05 * V$ en kt (noeud) ou nm par heure...

Vario (ft/min) = vitesse (kt) * plan en %

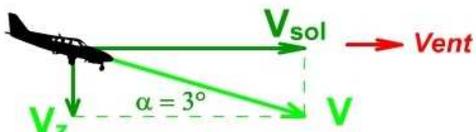
Exprimons cette vitesse en ft/min. Globalement :

Vitesse en kt	60	80	100	120	140	160	180	200
Vz en ft/min	300	400	500	600	700	800	900	1000

Vent de face :



Vent arrière :



Oui mais... s'il y a du vent ! Deux cas à envisager : c'est un vent de face ou un vent arrière.

Avec un vent de face, votre vitesse sera plus faible puisque le vent freine.

Si vous avez une vitesse de 100 kt et un vent de face de 10 kt, votre vitesse réelle sera de 90 kt. Dans ces conditions, votre vario sera de $90 * 5 = 450$ ft/min.

Avec un vent arrière, votre vitesse sera plus forte puisque le vent vous pousse.

Si vous avez une vitesse de 100 kt et un vent arrière de 10 kt, votre vitesse réelle sera de 110 kt.

Dans ces conditions, votre vario sera de $110 * 5 = 550$ ft/min.

De même :

Vous êtes en début d'approche à une vitesse de 100 kt sur un plan de descente de 5%. Votre vario est donc de 500 ft/min. Le contrôle vous demande de ralentir de 10 kt car vous rattrapez le trafic devant...

Votre vitesse devient donc 90 Kt et votre vario devra être de 450 ft/min.