

Apprendre



Voler



Enseigner



LE VOL REMORQUÉ

Objectif : savoir évoluer derrière l'avion en sécurité jusqu'au vol autonome

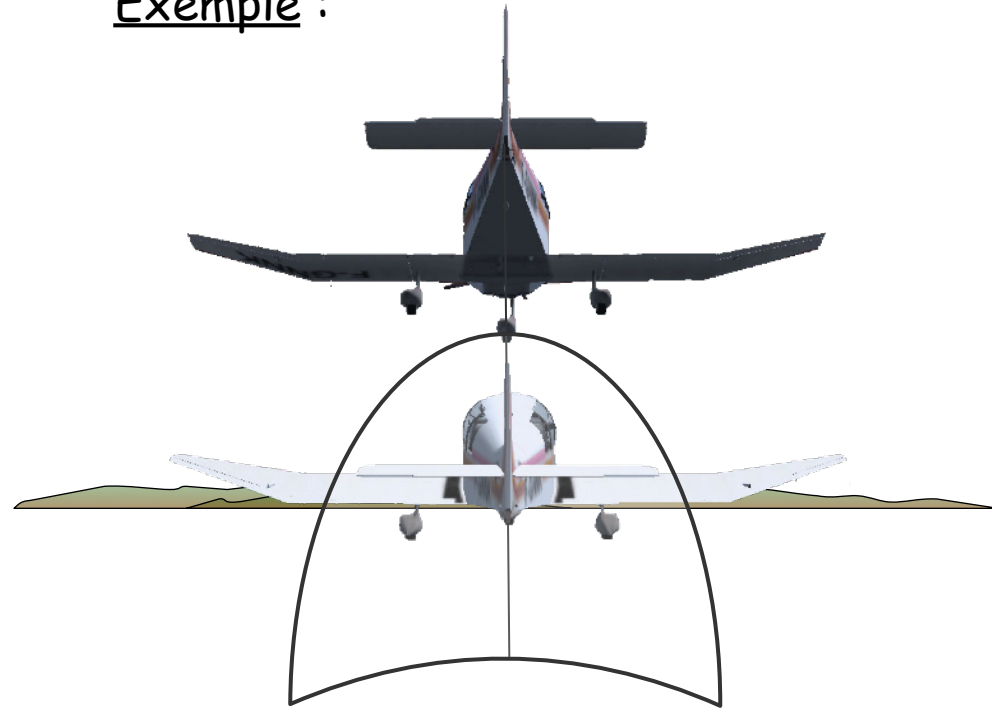


Avertissement

Le logiciel utilisé pour réaliser ces présentations ne permet pas de faire de véritables animations d'objets 3D.

Les animations utilisées dans ce document n'existent que pour montrer la façon dont l'avion remorqueur est vu par le pilote du planeur dans certaines positions caractéristiques.

Exemple :



 Apprendre Voler Enseigner

LE VOL REMORQUÉ

PRÉ-REQUIS
CONNAISSANCES INDISPENSABLES
LEÇONS EN VOL

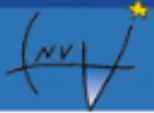
[**Retour au sommaire général**](#)

Bibliographie et références



PRÉ-REQUIS

- visualisation et tenue d'assiette
- visualisation et tenue d'inclinaison
- aisance et précision en pilotage de base
ne pas aborder cette leçon prématurément dans la progression



CONNAISSANCES INDISPENSABLES



UN PEU DE MÉCANIQUE DU VOL...



POSITION DU PLANEUR PAR RAPPORT À L'AVION



l'écartement



l'étagement



REMORQUÉ EN LIGNE DROITE



REMORQUÉ EN VIRAGE



LE LARGAGE



SIGNAUX DE SÉCURITÉ CONVENTIONNELS



SÉCURITÉ



RETOUR AU SOL





Apprendre



Voler



Enseigner



UN PEU DE MÉCANIQUE DU VOL

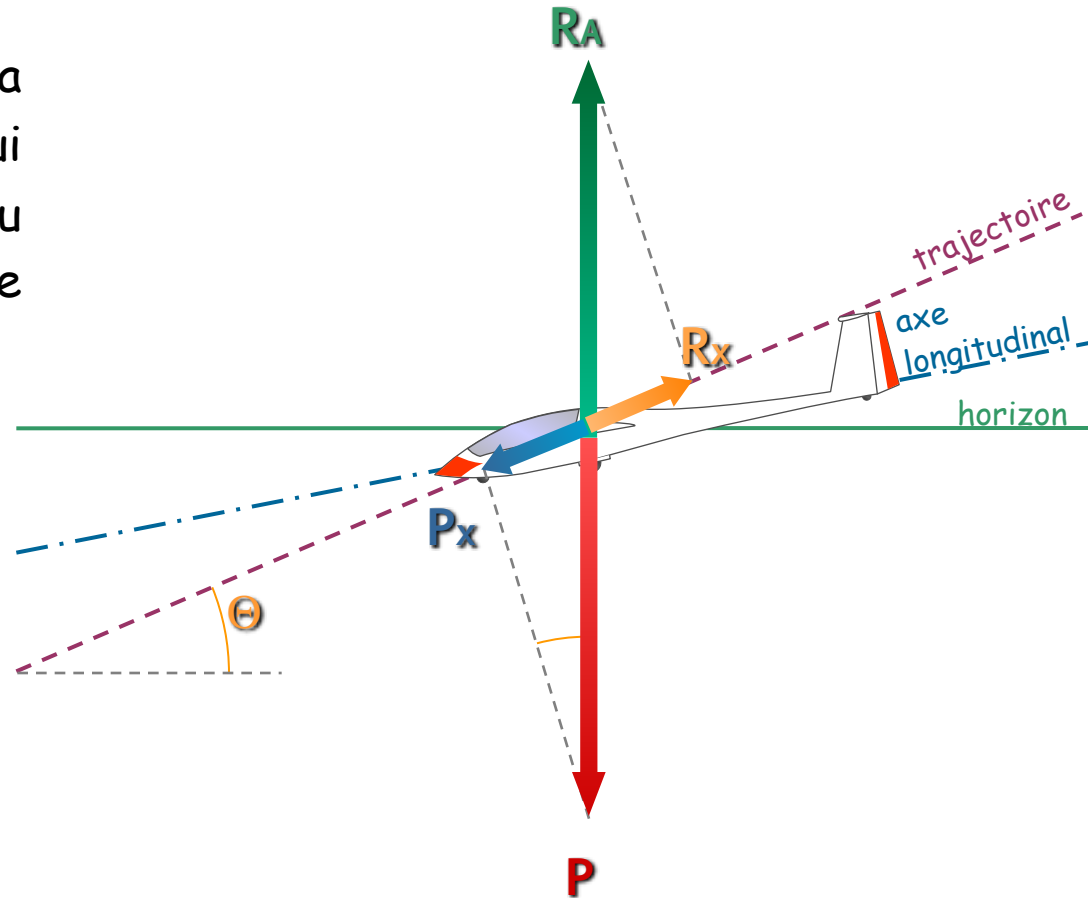




Rappels

Nous savons que c'est la composante P_x du poids qui entretient le mouvement du planeur sur sa trajectoire de pente Θ .

$P_x = P \cdot \sin \Theta$ est la « force propulsive » de notre planeur.



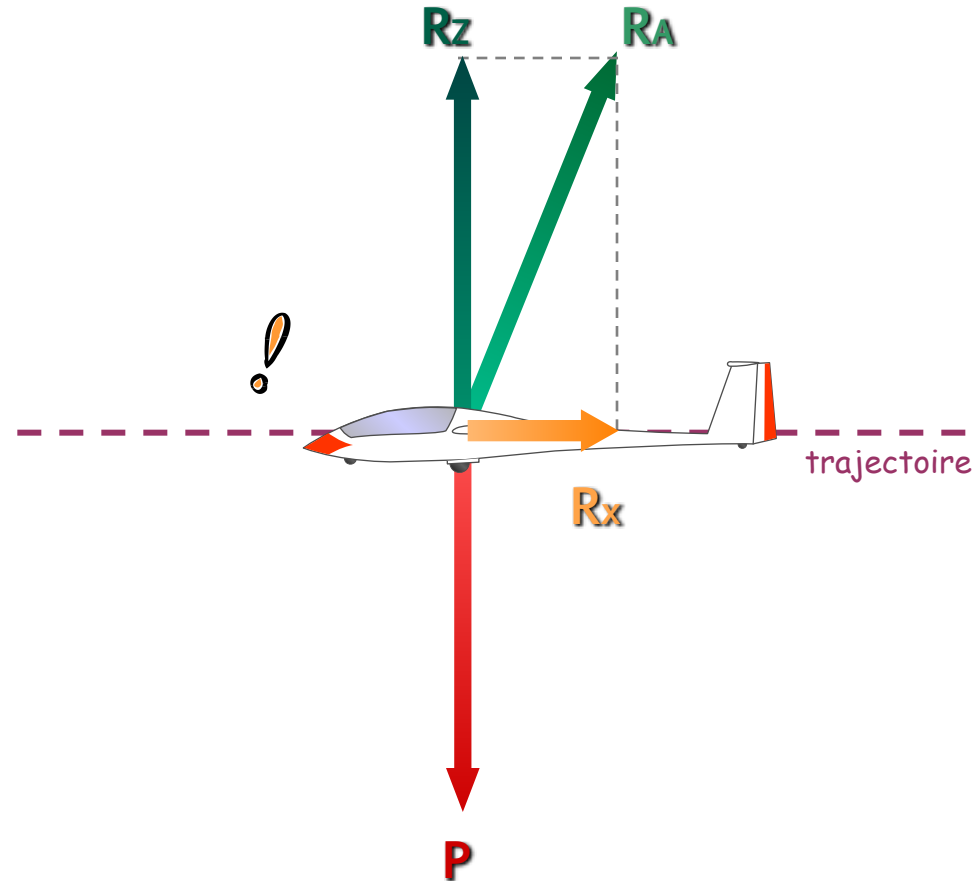


Remorqué en palier

En palier, $\Theta = 0 \Rightarrow \sin \Theta = 0$:

il n'y a plus de force propulsive...

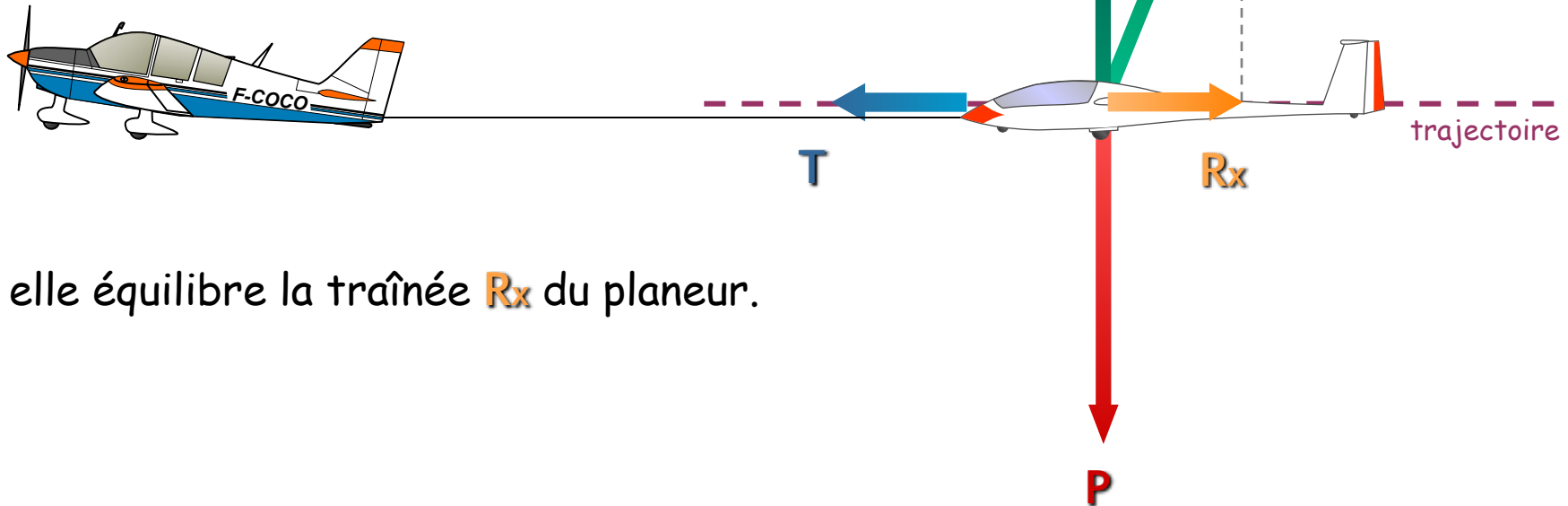
$$P_x = P \cdot \sin \Theta = 0$$





Remorqué en palier

La traction nécessaire au vol remorqué est fournie par l'avion ;



elle équilibre la traînée R_x du planeur.



POSITION DU PLANEUR PAR RAPPORT À L'AVION



l'écartement

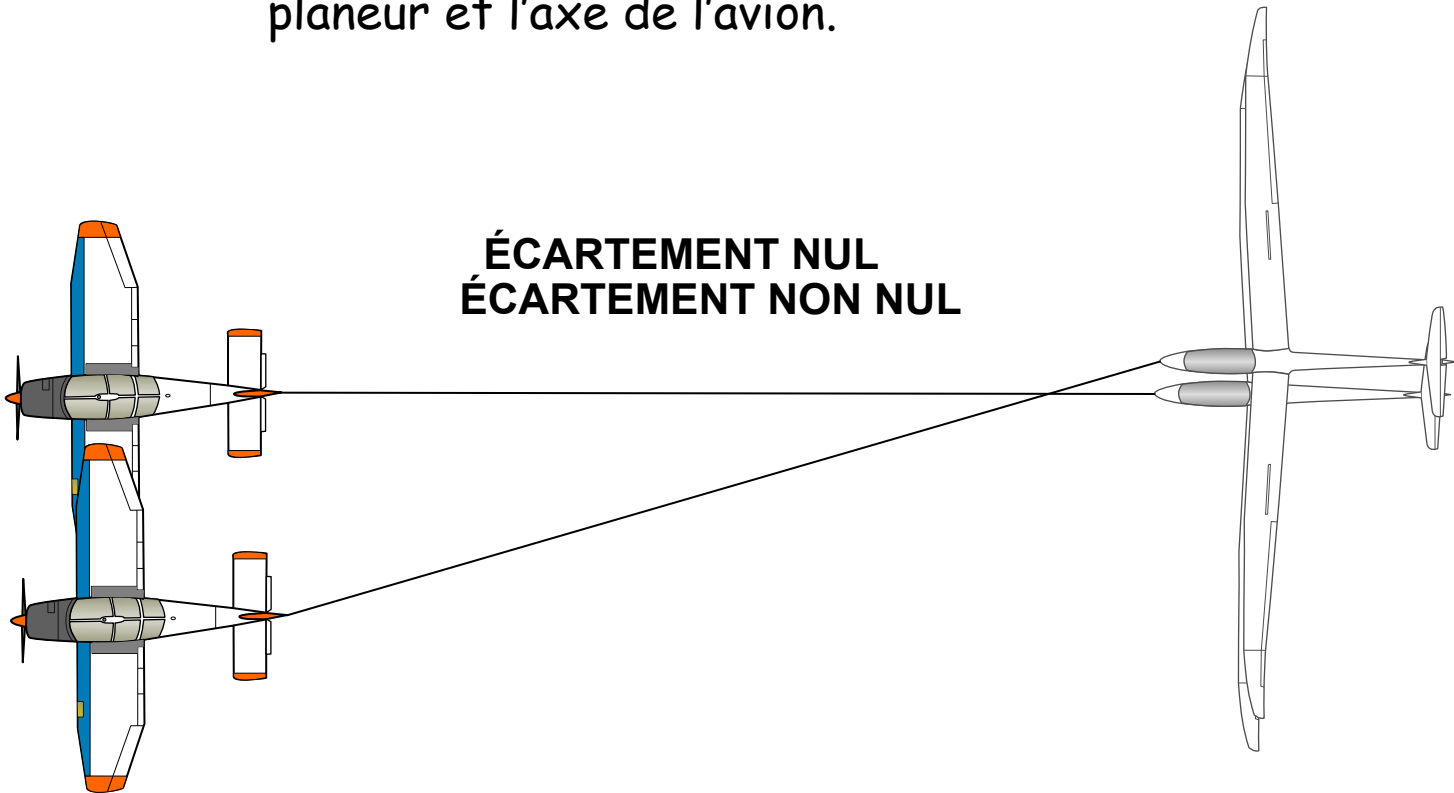


l'étagement



Écartement

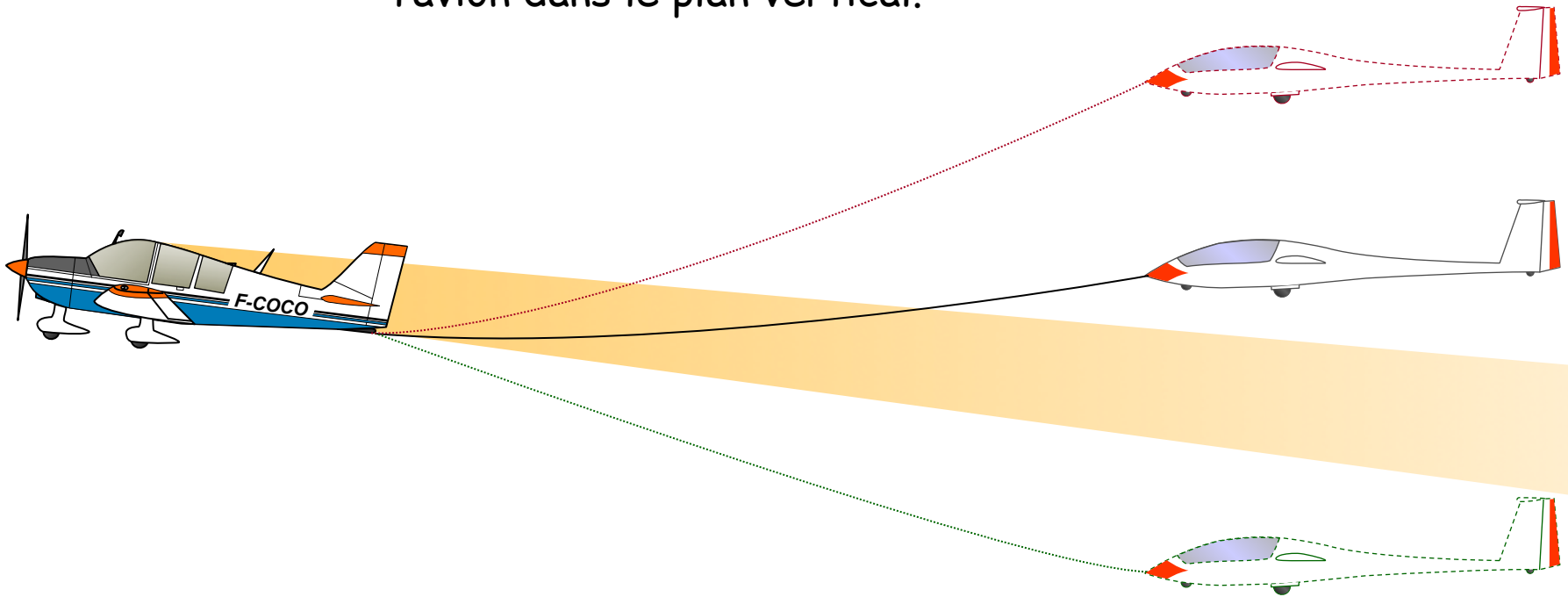
Définition : l'écartement est l'écart latéral existant entre l'axe du planeur et l'axe de l'avion.





Étagement

Définition : l'étagement définit la position du planeur par rapport à l'avion dans le plan vertical.





REMORQUÉ EN LIGNE DROITE



écartement en ligne droite



étagement en ligne droite



Apprendre



Voler



Enseigner



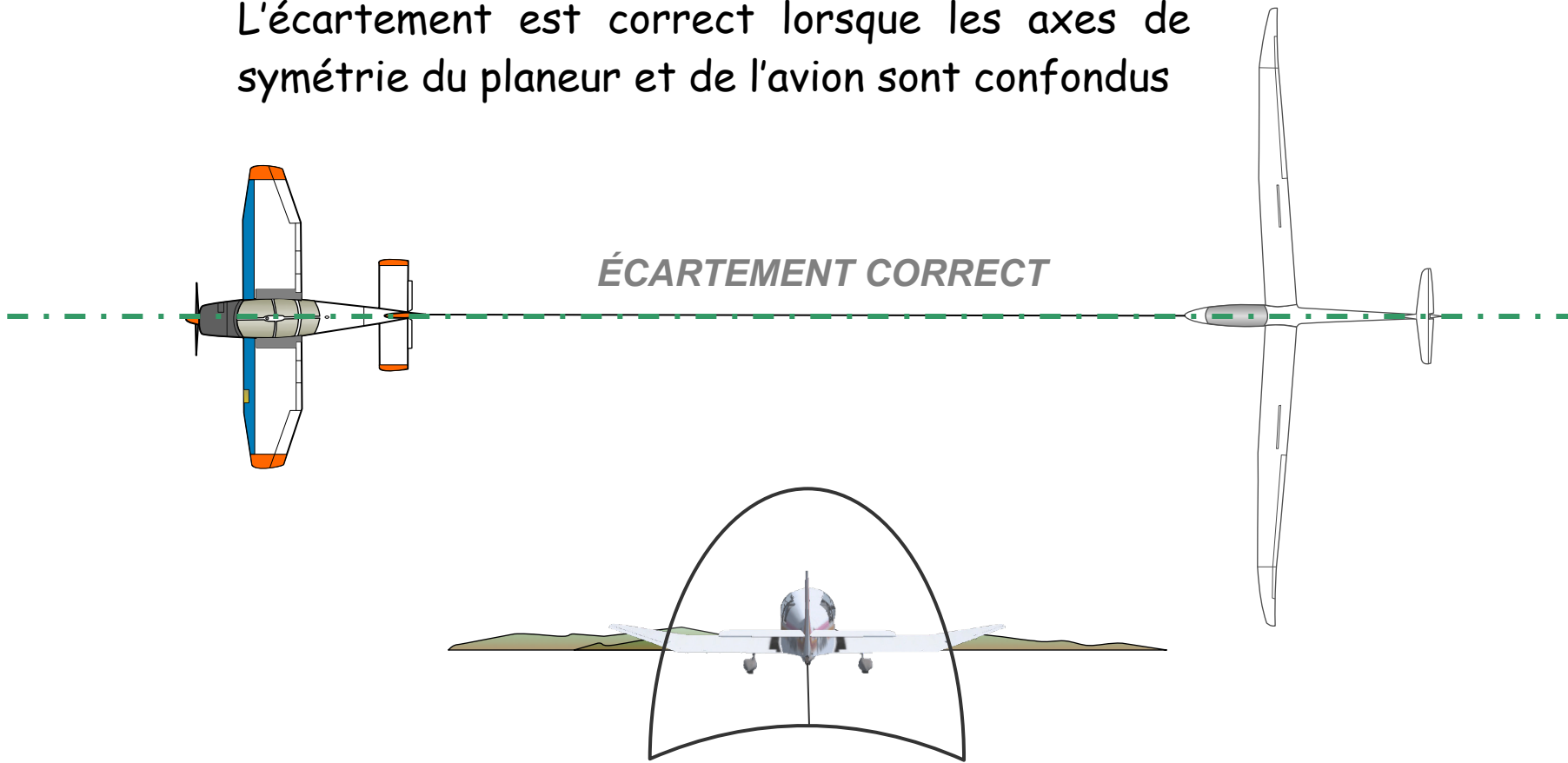
ÉCARTEMENT EN LIGNE DROITE



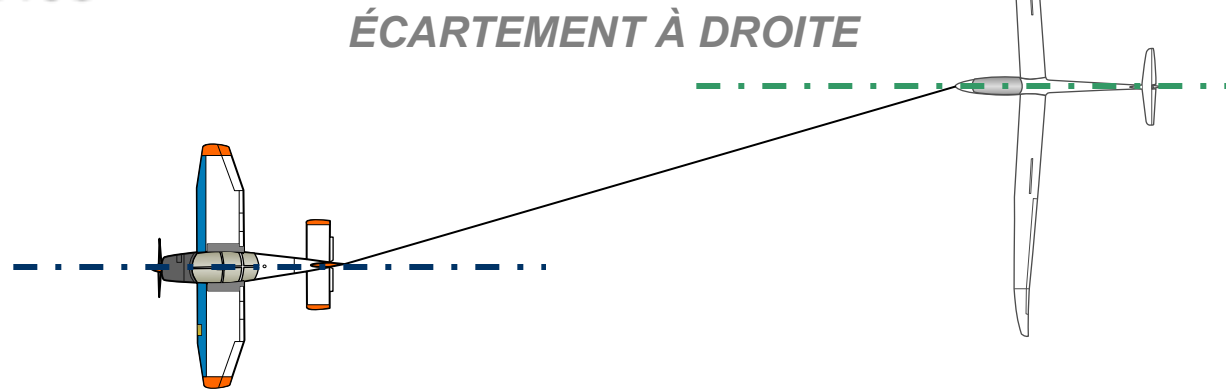


Écartement correct

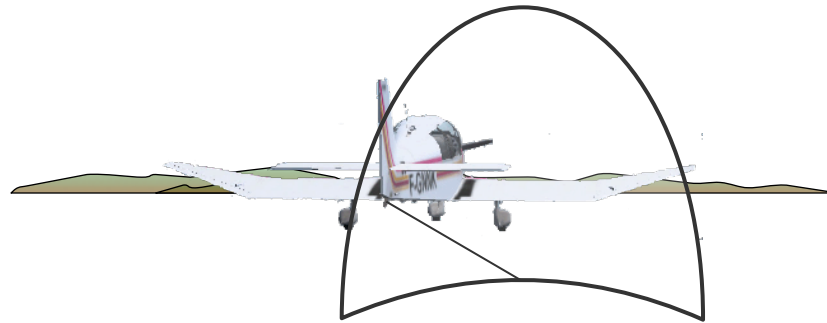
L'écartement est correct lorsque les axes de symétrie du planeur et de l'avion sont confondus



Écartement à droite

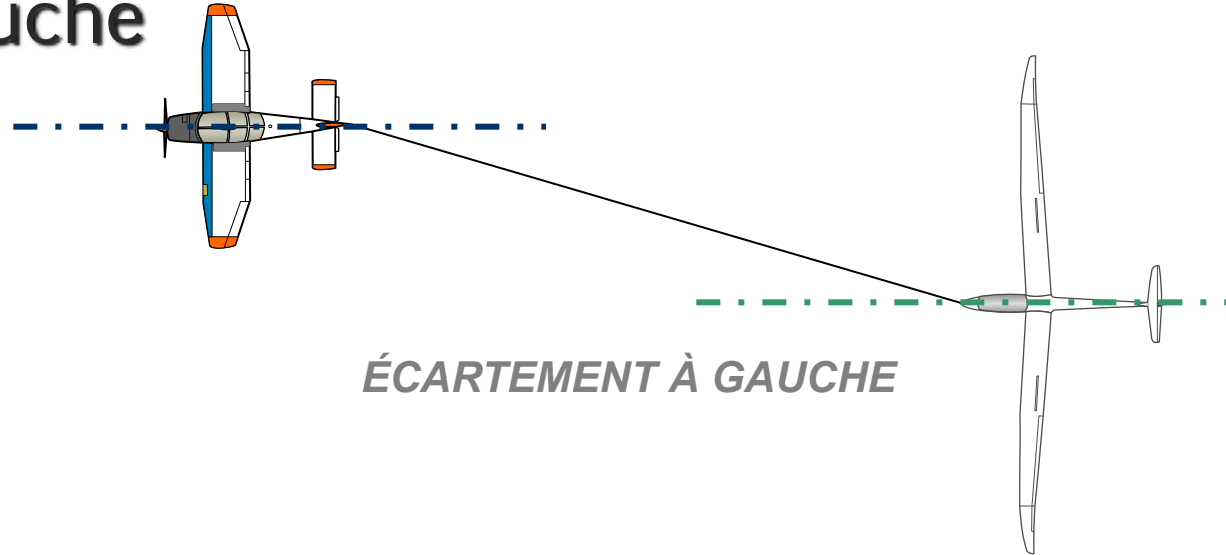


On parle d'écartement à droite lorsque l'axe de symétrie du planeur est écarté à droite de l'axe de symétrie de l'avion.

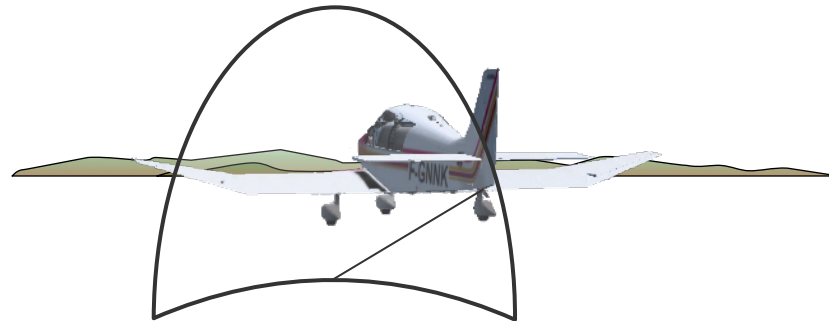




Écartement à gauche



On parle d'écartement à gauche lorsque l'axe de symétrie du planeur est écarté à gauche de l'axe de symétrie de l'avion.





Apprendre



Voler



Enseigner

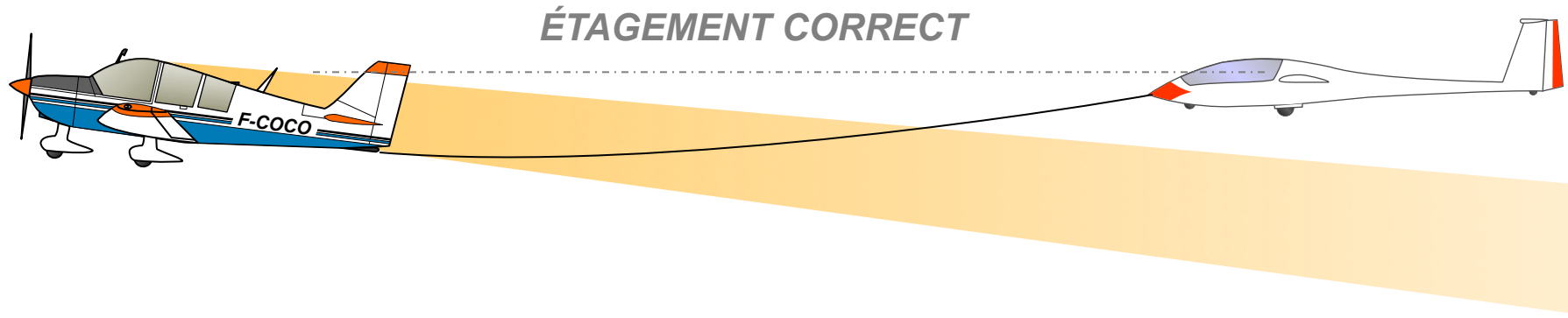


ÉTAGEMENT EN LIGNE DROITE

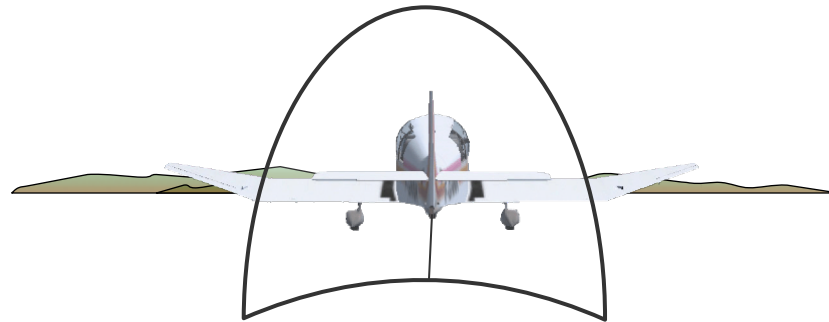




Étagement correct



L'étagement est correct lorsque l'avion remorqueur est sur la ligne d'horizon.

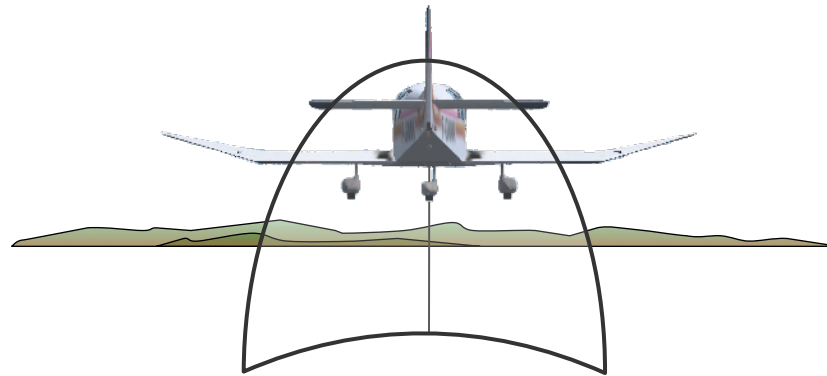




Étagelement bas



On parle d'étagelement bas lorsque l'avion remorqueur passe au-dessus de la ligne d'horizon.



note : le planeur rencontre une zone de turbulence engendrée par le sillage de l'avion.





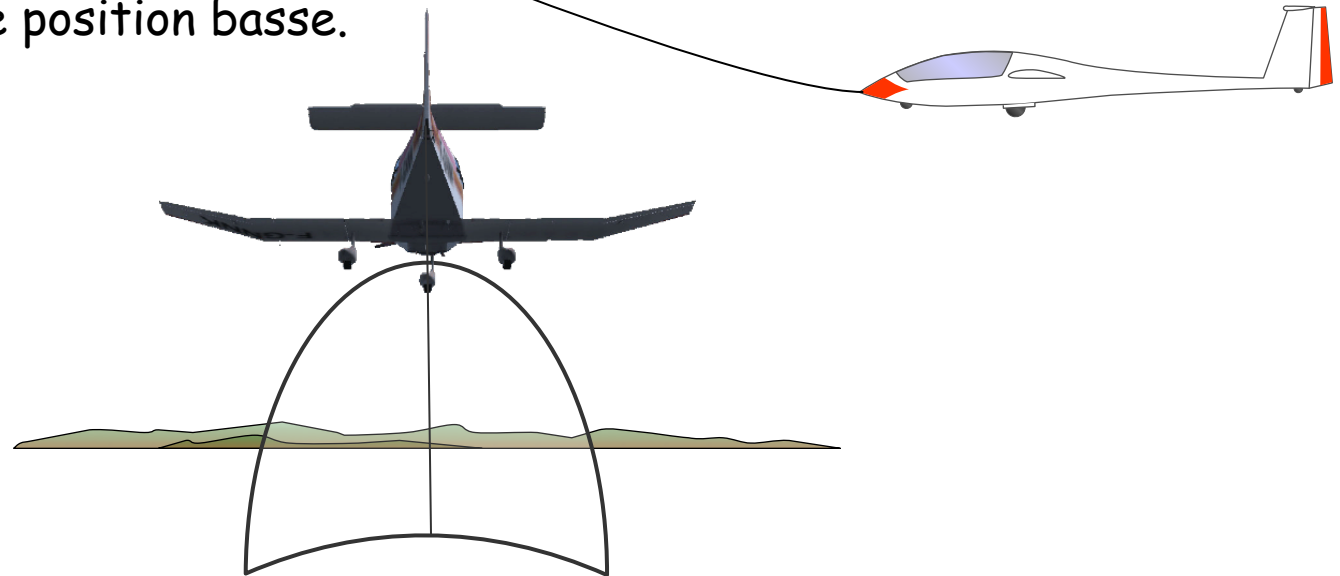
Position basse

S'il descend encore, le planeur se trouve à nouveau dans une zone non perturbée ;



POSITION BASSE

il occupe la position de remorquage dite position basse.

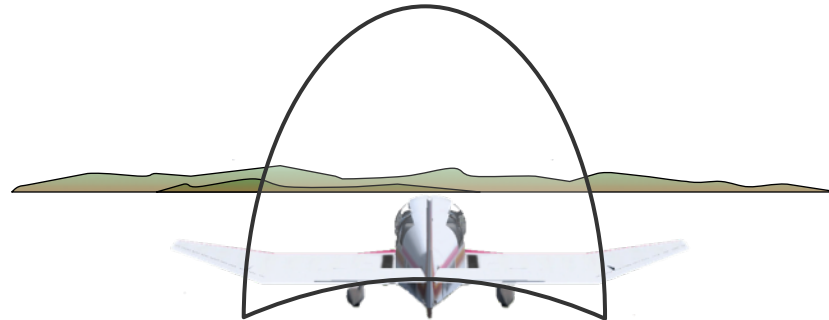




Étagement haut



On parle d'étagement haut lorsque l'avion remorqueur passe en dessous de la ligne d'horizon.



Cette position peut devenir rapidement très dangereuse...



Dangers de la position haute

Au-delà d'une certaine limite, le planeur peut entraîner l'attelage dans un piqué incontrôlable.

La tension appliquée au câble est telle que le largage est impossible, tant du côté planeur, que du côté avion.

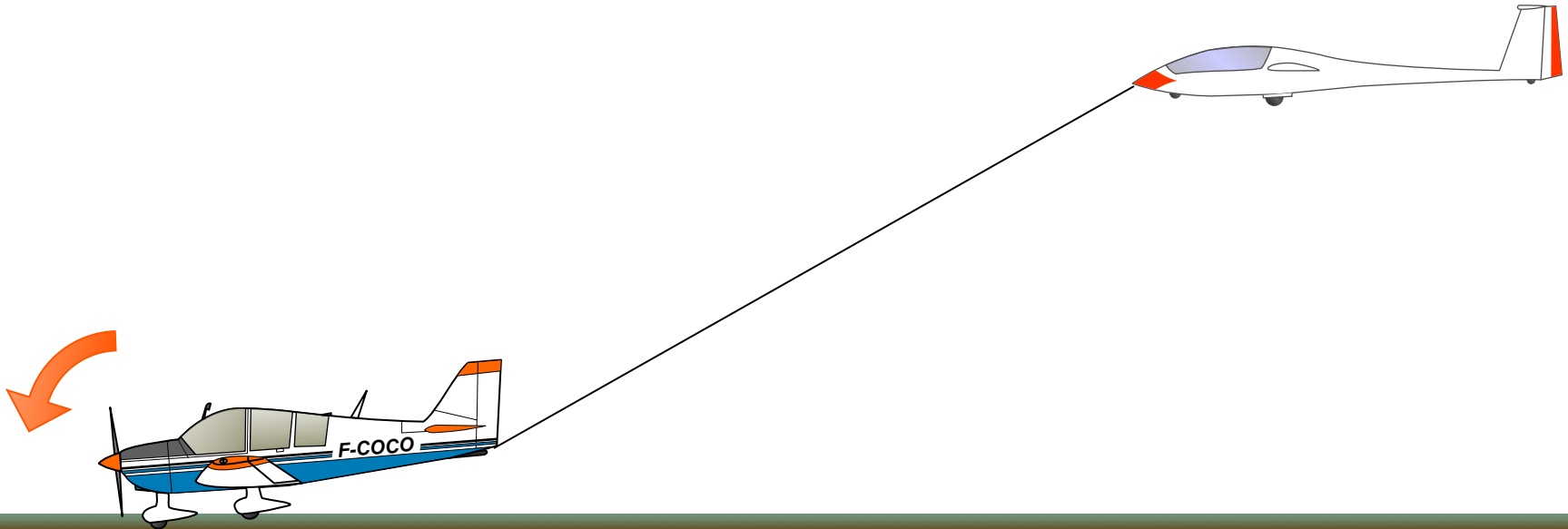




Position haute au décollage

Une position trop haute peut empêcher l'avion de décoller...

... et conduire à l'accident.





REMORQUÉ EN VIRAGE

-  écartement en virage
-  étagement en virage



Apprendre



Voler



Enseigner



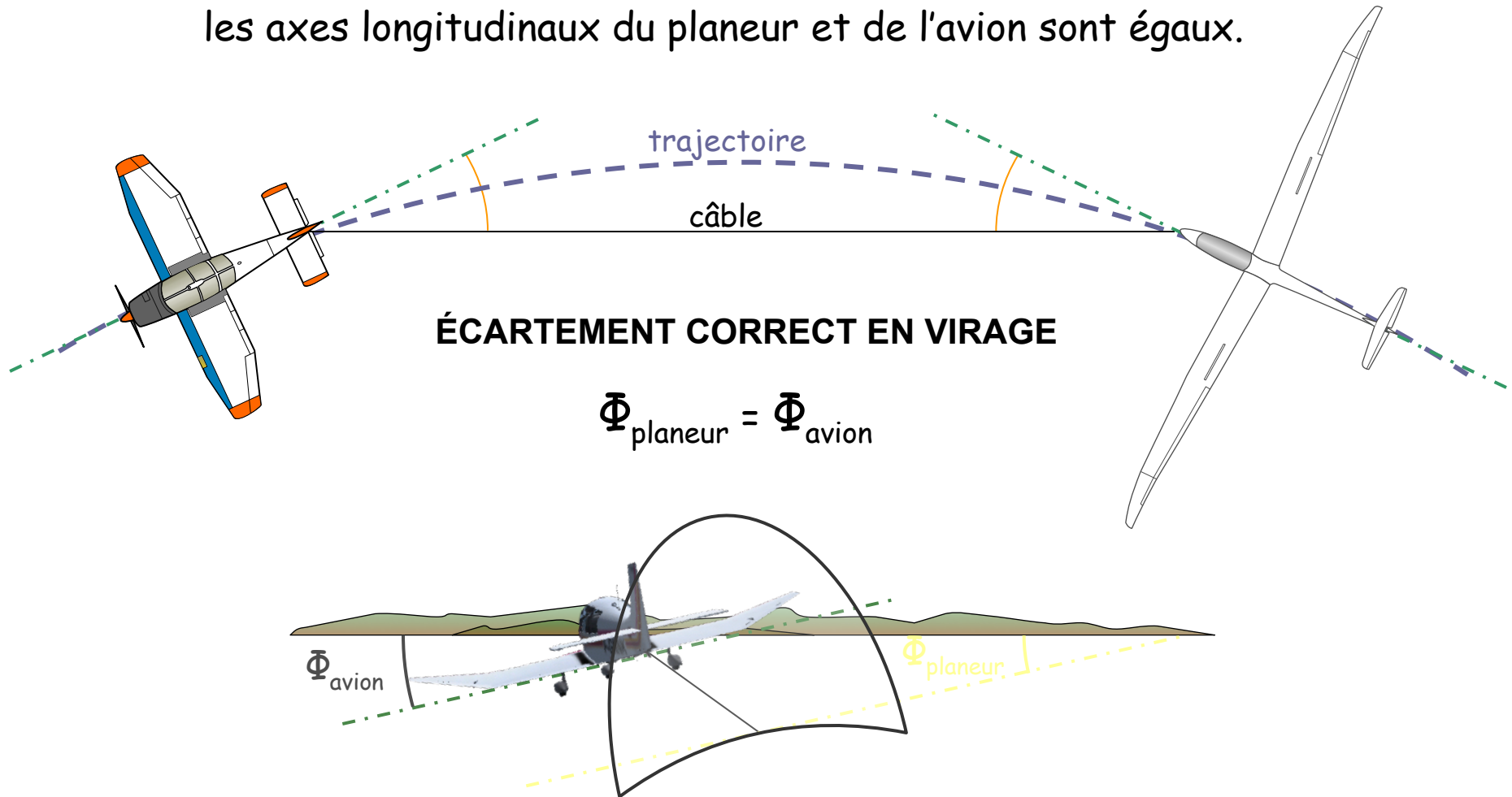
ÉCARTEMENT EN VIRAGE





Écartement correct

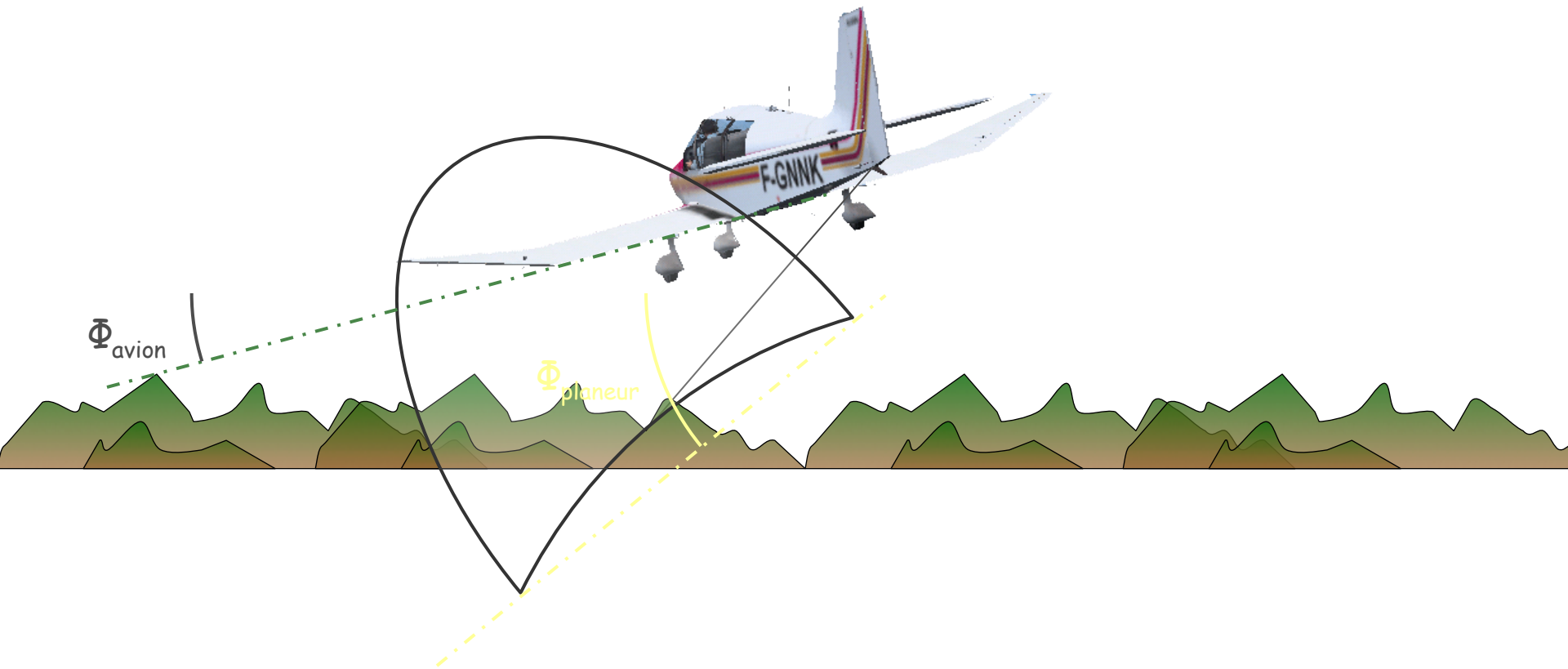
L'écartement est correct lorsque les angles formés par le câble et les axes longitudinaux du planeur et de l'avion sont égaux.





Écartement intérieur

$$\Phi_{\text{planeur}} > \Phi_{\text{avion}}$$





Apprendre

Voler

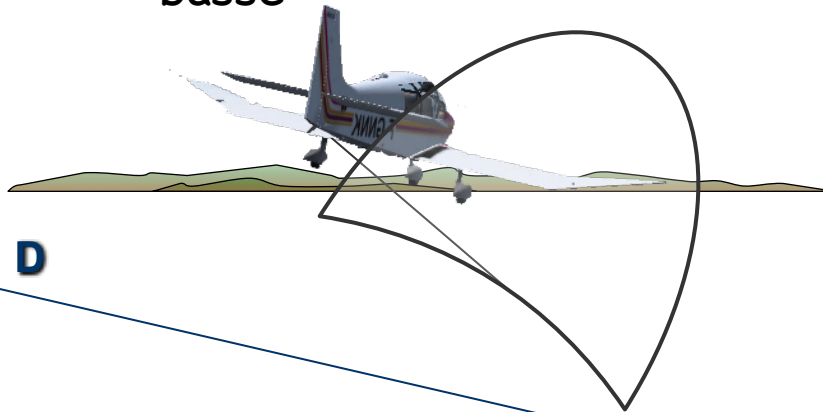
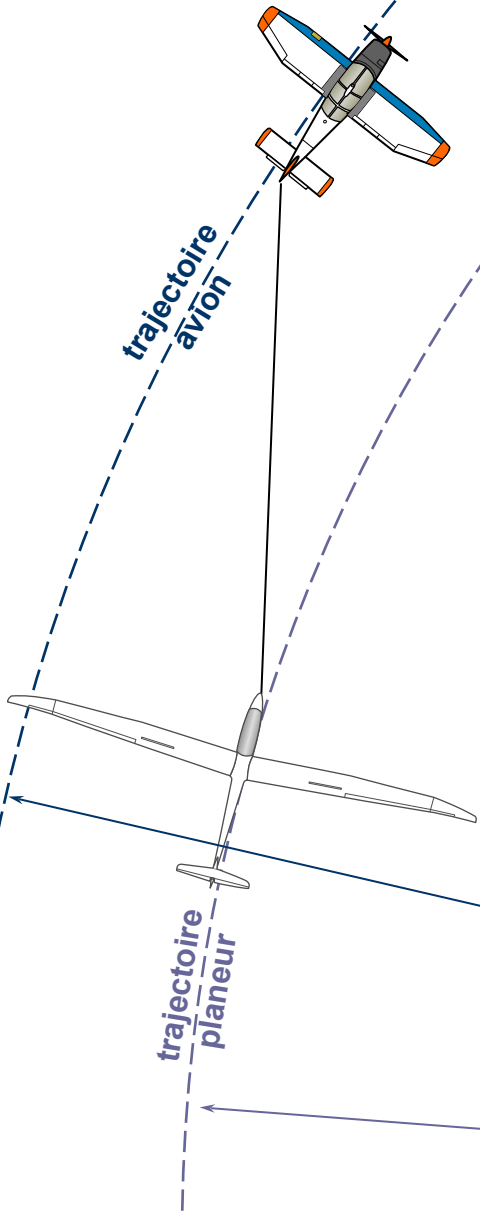
Enseigner

Écartement intérieur

$$\Phi_{\text{planeur}} > \Phi_{\text{avion}}$$

la distance parcourue par le planeur est plus faible que celle parcourue par l'avion ; on a : $V_{\text{planeur}} < V_{\text{avion}}$...
... d'où un déficit de sustentation du planeur.

conclusion : écartement intérieur \Rightarrow position basse



D

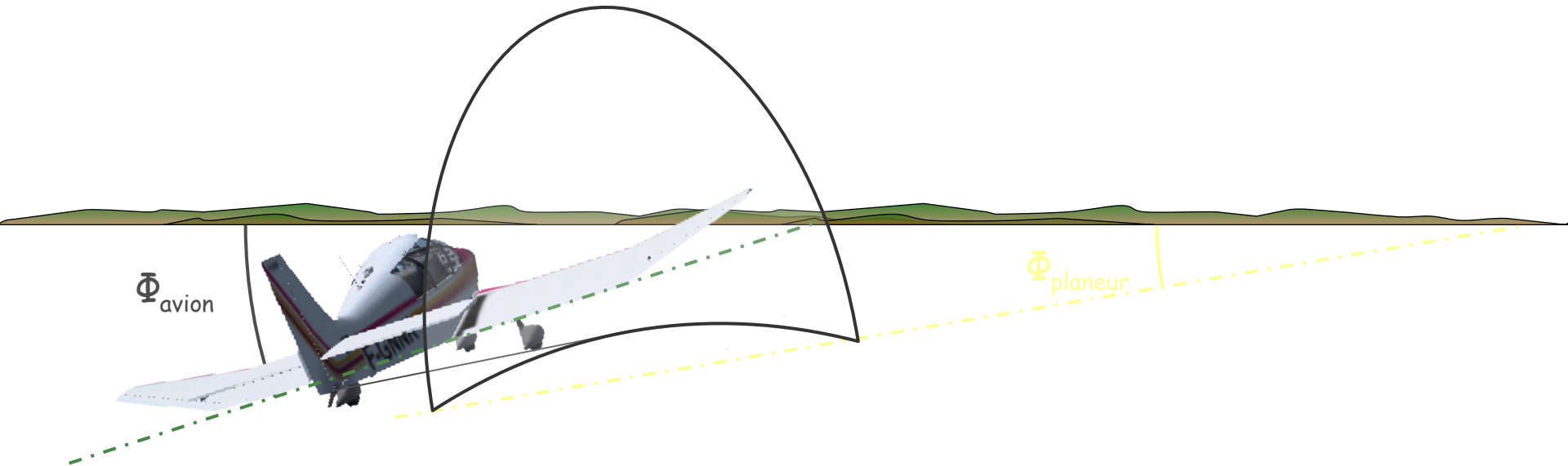
d





Écartement extérieur

$$\Phi_{\text{planeur}} < \Phi_{\text{avion}}$$





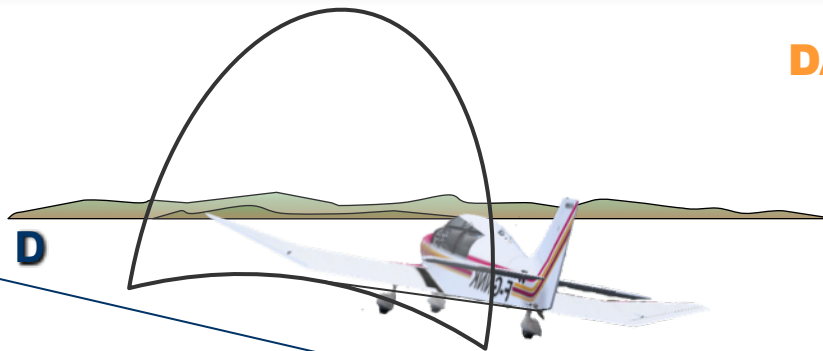
Écartement extérieur

$$\Phi_{\text{planeur}} < \Phi_{\text{avion}}$$

la distance parcourue par le planeur est plus grande que celle parcourue par l'avion ; on a : $V_{\text{planeur}} > V_{\text{avion}}$...
... d'où un surcroît de sustentation du planeur.

conclusion : écartement extérieur \Rightarrow position haute

DANGER !



d

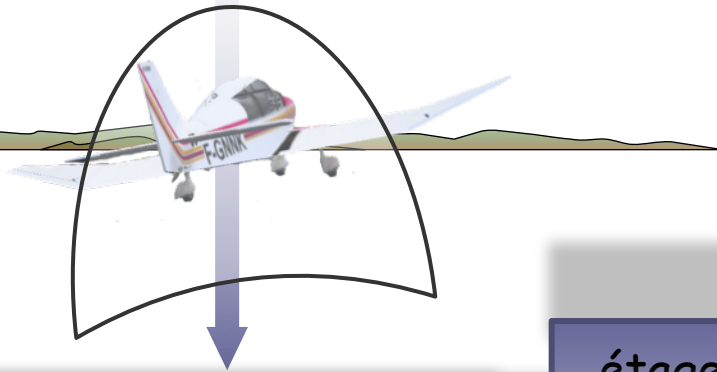




En résumé

$$\Phi_{\text{planeur}} < \Phi_{\text{avion}}$$

écartement extérieur



étagement haut...

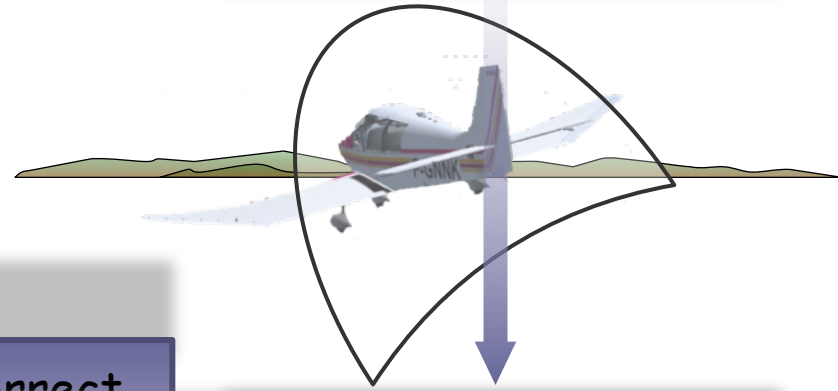
$$\Phi_{\text{planeur}} \neq \Phi_{\text{avion}}$$

écartement incorrect

étagement incorrect

$$\Phi_{\text{planeur}} > \Phi_{\text{avion}}$$

écartement intérieur



étagement bas

L'écartement dépend de l'adaptation de l'inclinaison du planeur à celle de l'avion.
Un écartement incorrect induit un étagement incorrect.



 Apprendre Voler Enseigner

ÉTAGEMENT EN VIRAGE

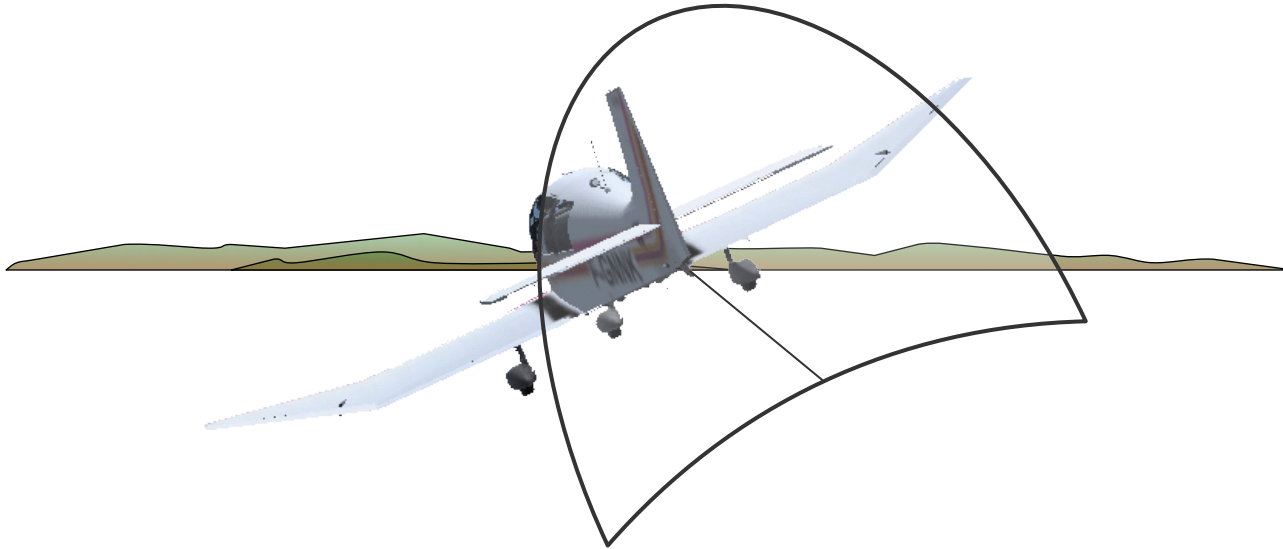
C'est la même chose qu'en ligne droite !





Étagement correct

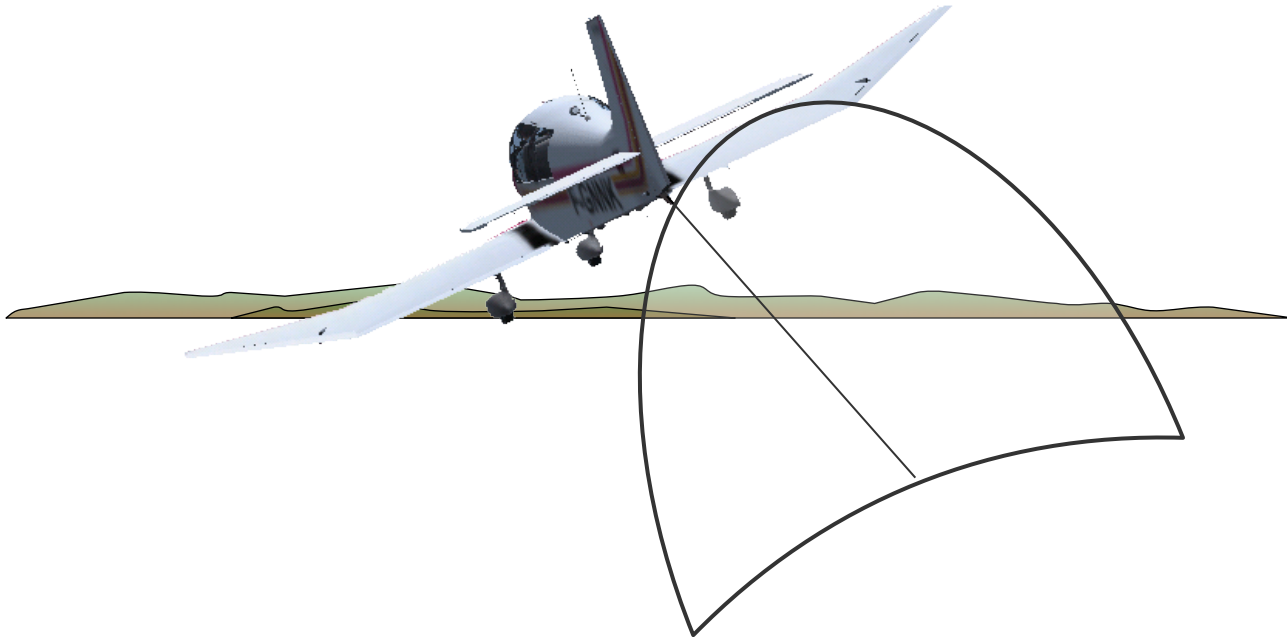
L'étagement est correct lorsque l'avion remorqueur est sur l'horizon.





Étage bas

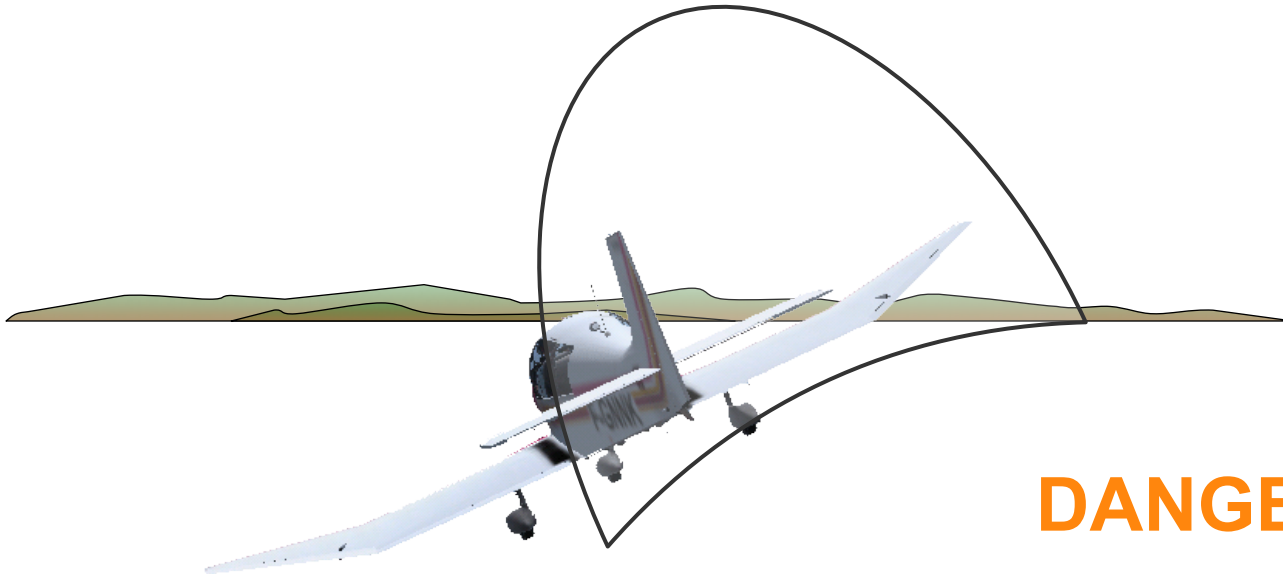
On parle d'étage bas lorsque l'avion remorqueur passe au-dessus de l'horizon.





Étagement haut

On parle d'étagement haut lorsque l'avion remorqueur passe en dessous de l'horizon.



DANGER





Apprendre



Voler



Enseigner

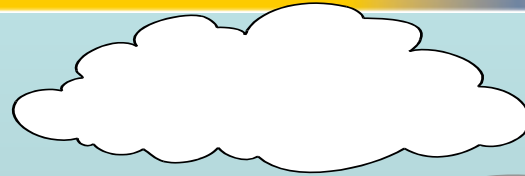


LE LARGAGE





Décision du largage

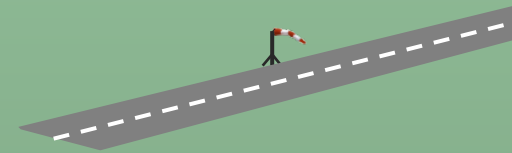
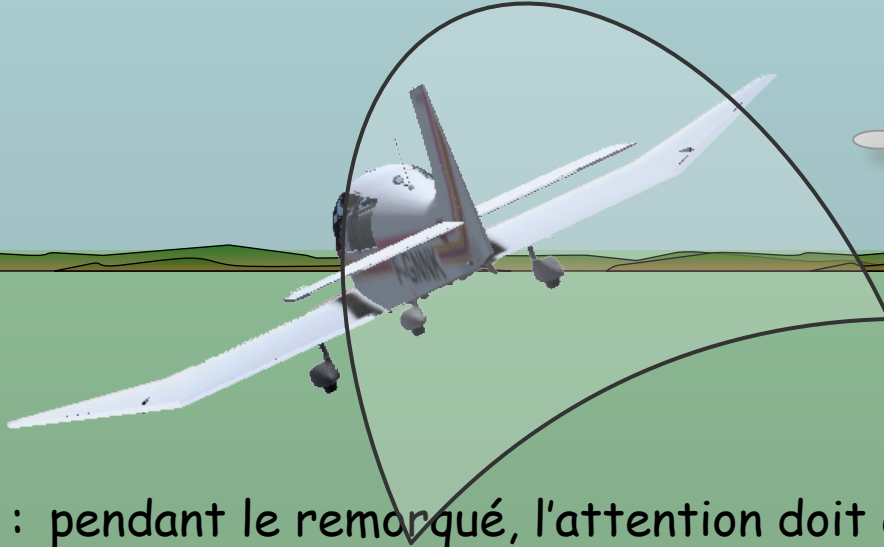


vario ?



position par rapport au terrain ?

suis-je en local ?

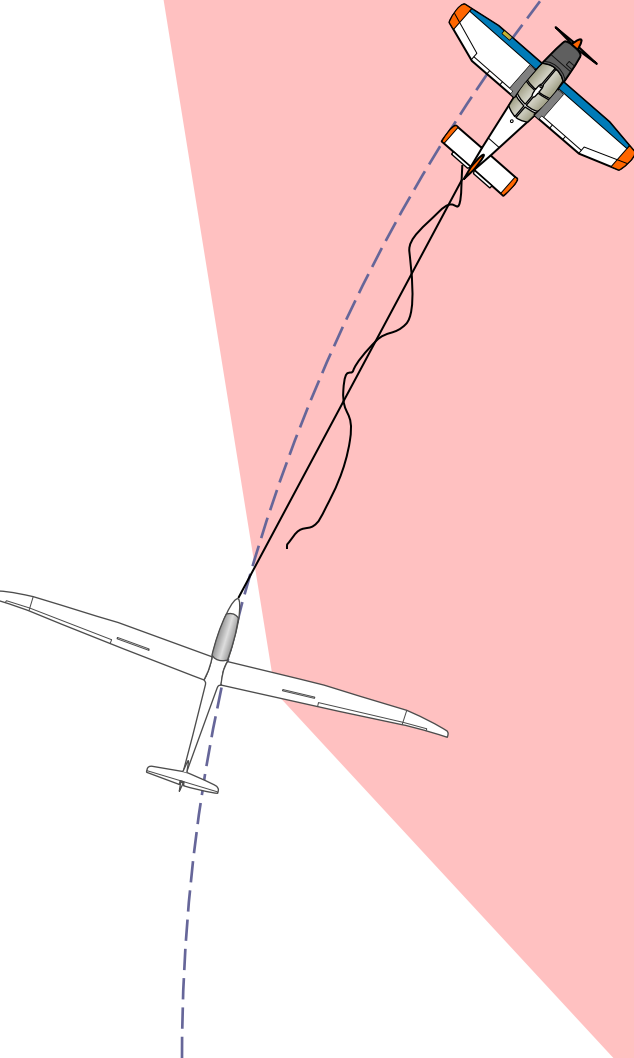


note : pendant le remarqué, l'attention doit être dispersée de manière à détecter la présence et visualiser les trajectoires d'éventuels autres trafic.





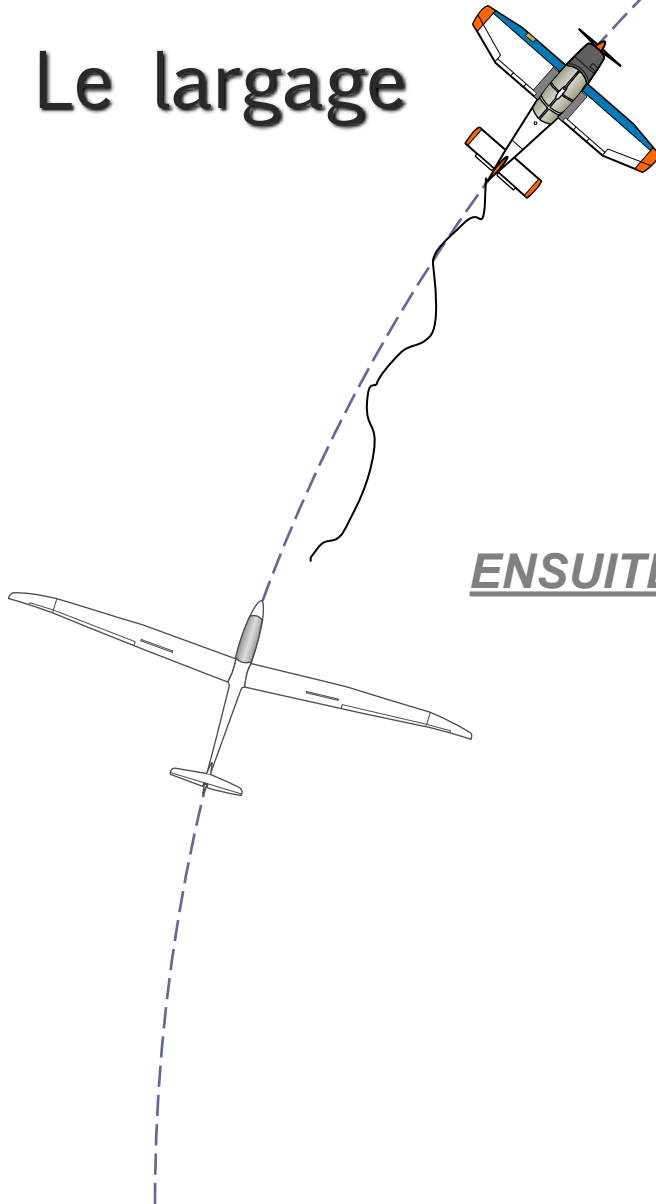
Le largage



- sécurité anti-abordage
- action de la commande de largage
- contrôle visuel du largage effectif



Le largage



ENSUITE :

- sécurité anti-abordage
 - action de la commande de largage
 - contrôle visuel du largage effectif
 - dégagement de la trajectoire du remorqueur
-
- exploitation de l'ascendance
 - réglage du compensateur
 - rentrée du train
 - radio
 - etc...





Apprendre



Voler



Enseigner



SIGNAUX CONVENTIONNELS





Battements d'ailes

LARGAGE

IMPÉRATIF



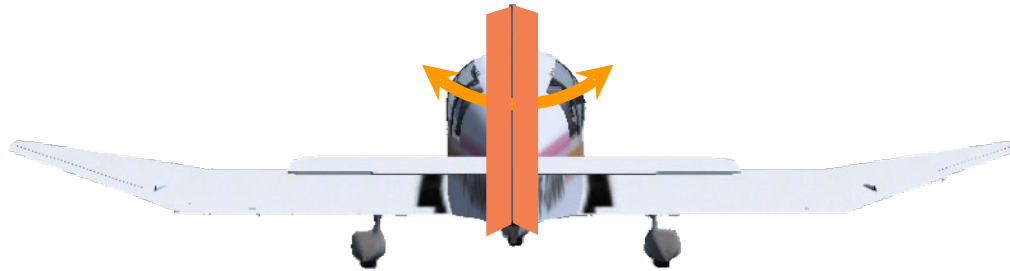
ET

IMMÉDIAT



Battements de gouverne de direction

ANOMALIE CONSTATÉE



SUR LE PLANEUR

note : des battements de gouverne mal exécutés peuvent engendrer un roulis induit ; attention de ne pas confondre les deux signaux...

NE LARGUEZ PAS !...





Apprendre



Voler



Enseigner



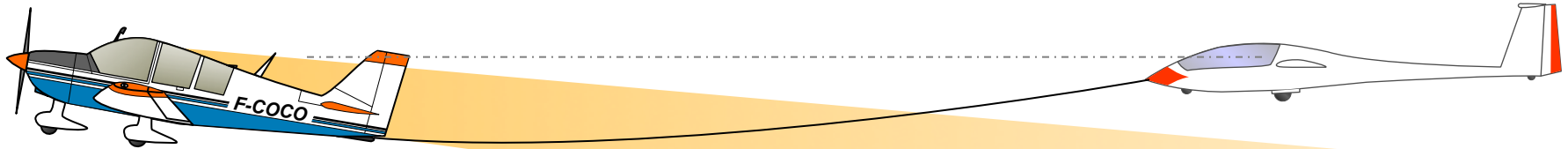
SÉCURITÉ





Sécurité anti-abordage

L'assiette cabrée de l'avion réduit le champ de vision de son pilote vers l'avant.



En remorqué, profitons d'avoir plusieurs paires d'yeux pour assurer l'anti-abordage !

NE PAS HÉSITER À SIGNALER DES TRAFICS CONFLICTUELS.

LARGUEZ EN CAS DE CONFLIT IMMINENT !



Apprendre

Position haute

Voler

Enseigner

Le planeur peut entraîner l'attelage dans un piqué incontrôlable.

La tension appliquée au câble est telle que le largage est impossible, tant du côté planeur, que du côté avion.

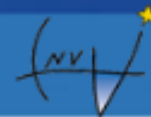


MANCHE AVANT

pour détendre le câble

LARGUEZ IMMÉDIATEMENT !



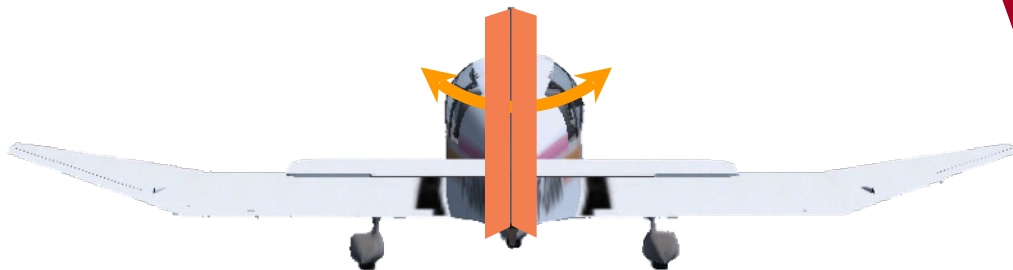


Aérofrenés sortis en remorqué

Si les AF n'ont pas été correctement verrouillés lors du C.R.I.S., ils risquent de sortir pendant le remorquage.

DANGER !

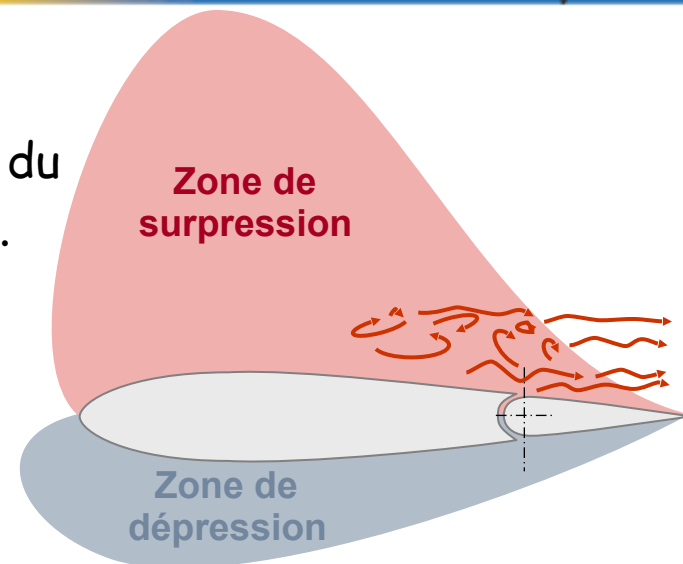
Le remorqueur vous le signale par des battements rapides de sa gouverne de direction.



**VÉRIFIEZ ET RENTREZ
VOS AF**

Attention de ne pas confondre ce signal avec un battement d'ailes

NE LARGUEZ PAS !...

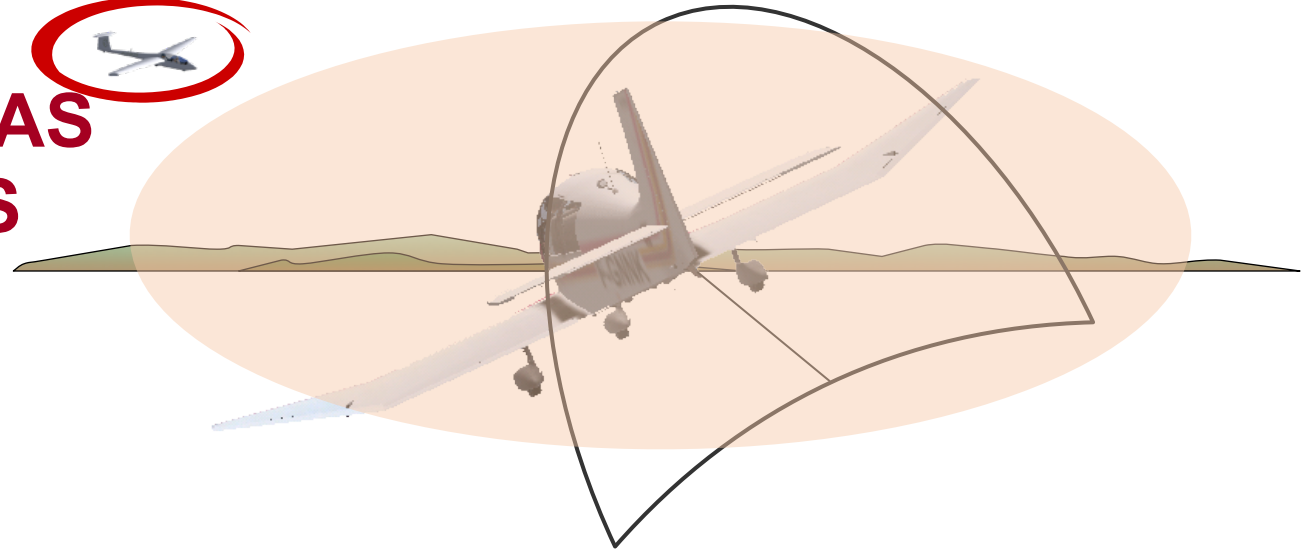




Circuit visuel

Le circuit visuel doit être organisé pour :

- ◆ qu'aucun mouvement de l'avion ne nous échappe ;
- ◆ assurer la sécurité anti-abordage ;
- ◆ observer l'environnement pour appréhender l'aérodrome.



**NE QUITTEZ PAS
L'AVION DES
YEUX**

EN CAS DE DIFFICULTÉS, LARGUEZ !





LEÇONS EN VOL

REMORQUÉ EN LIGNE DROITE

-  écartement
-  étagement

REMORQUÉ EN VIRAGE

-  position correcte
-  écartement intérieur
-  écartement extérieur



REMORQUÉ EN LIGNE DROITE



ÉCARTEMENT

- écartement correct
- écarts faibles
- écarts forts



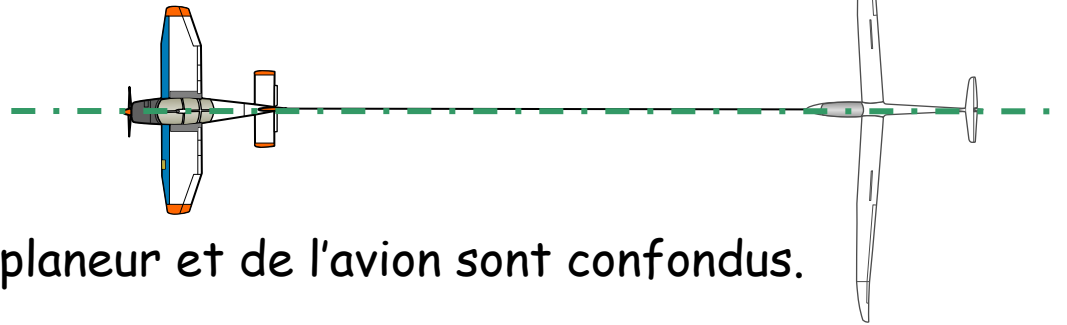
ÉTAGEMENT

- étagement correct
- étagement bas
- étagement haut

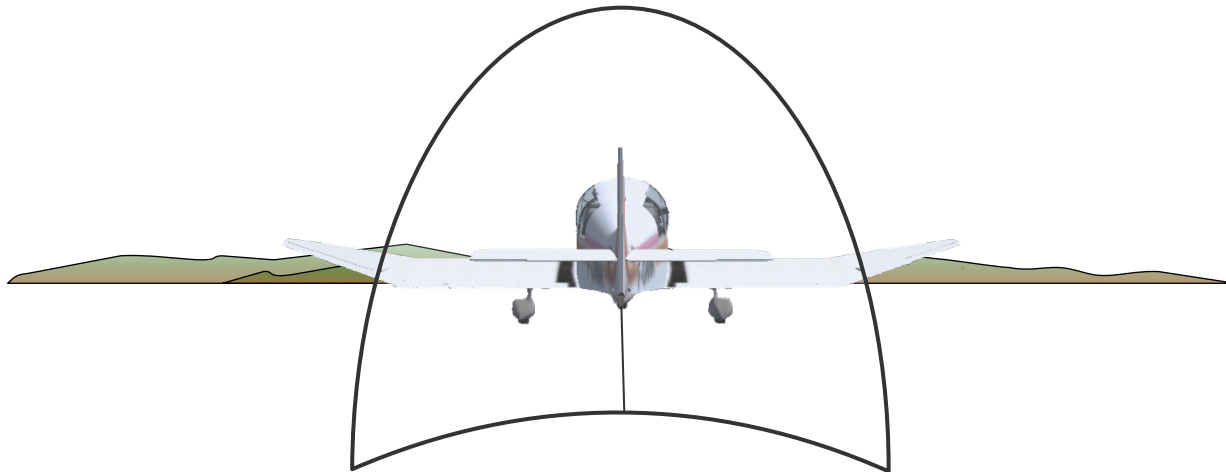
Écartement correct

$$\bar{\Phi}_{\text{planeur}} = \bar{\Phi}_{\text{avion}} = 0$$

les axes de symétrie du planeur et de l'avion sont confondus.



L'avion reste au centre de la verrière.
Les flancs de son fuselage sont vus de façon symétrique.

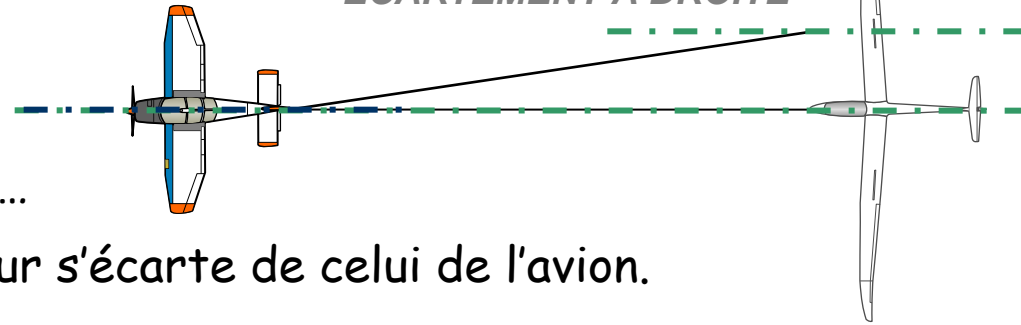


On maintient $\bar{\Phi}_{\text{planeur}} = 0$

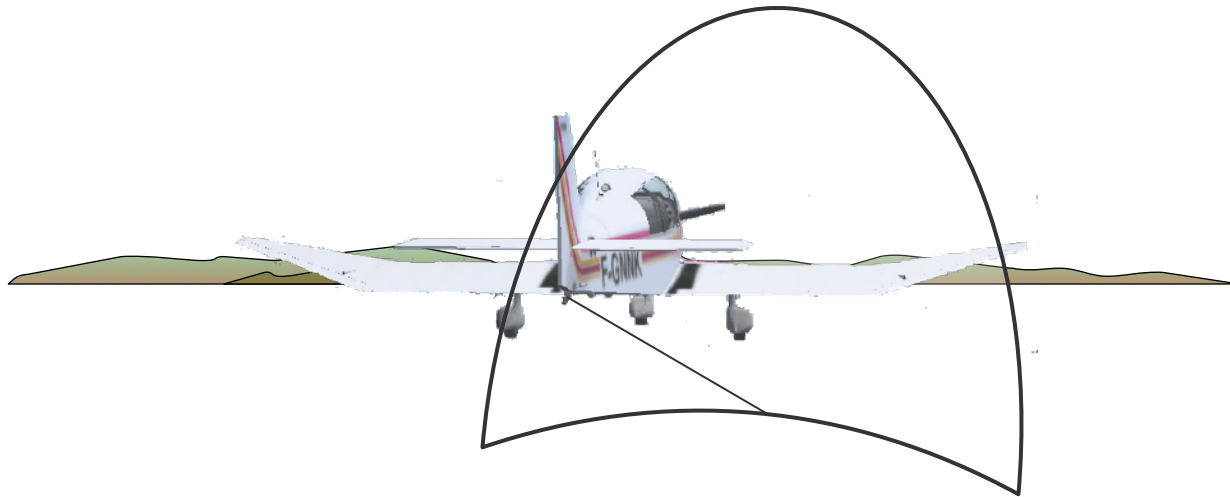
Écarts faibles

Dés que $\Phi_{\text{planeur}} \neq \Phi_{\text{avion}} \neq 0 \dots$

... l'axe de symétrie du planeur s'écarte de celui de l'avion.



S'il est écarté à droite,

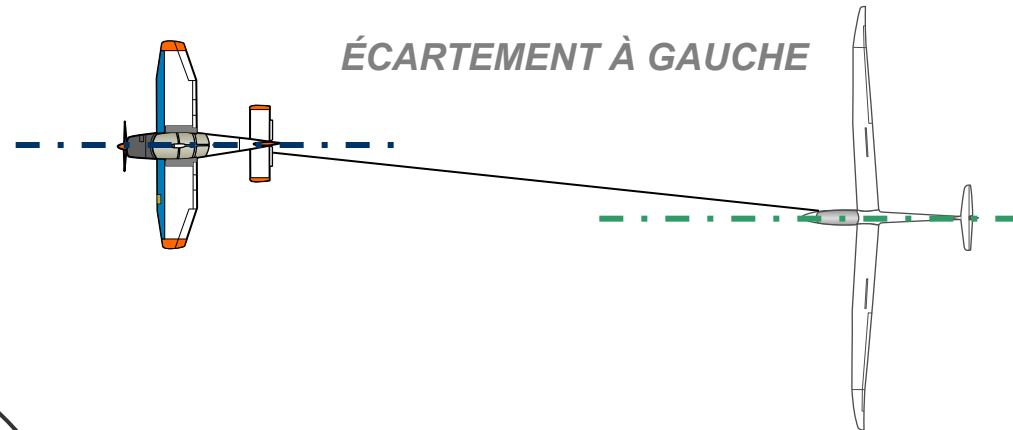


le pilote du planeur voit le flanc droit du fuselage de l'avion.



Écarts faibles

S'il est écarté à gauche,

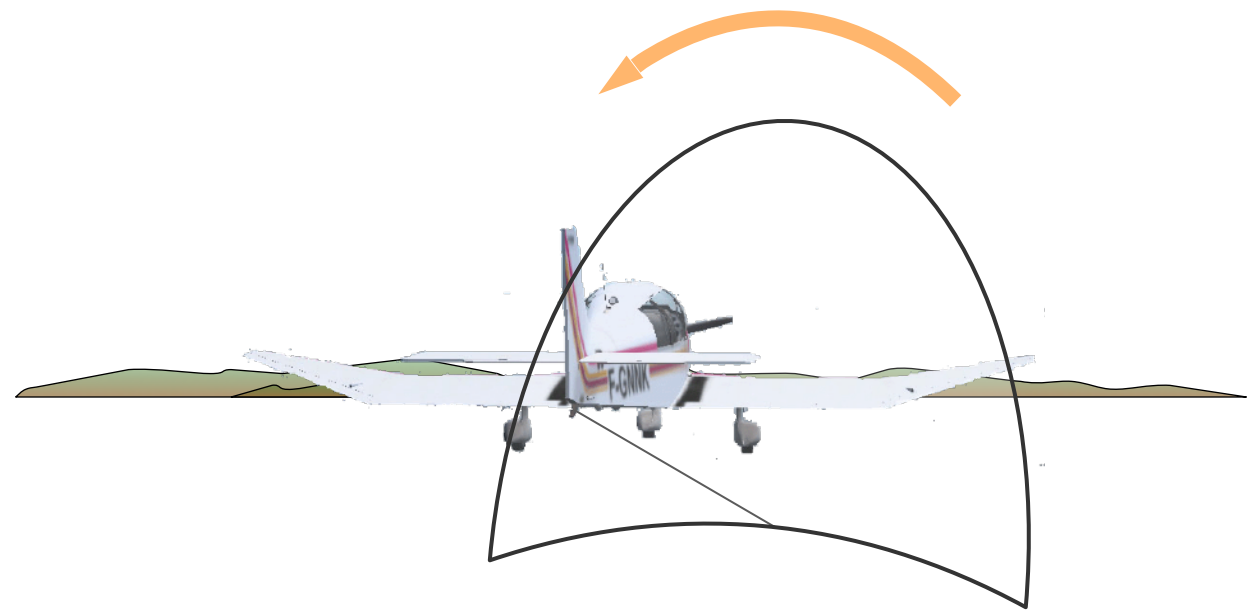


le pilote du planeur voit le flanc gauche du fuselage de l'avion.



Correction

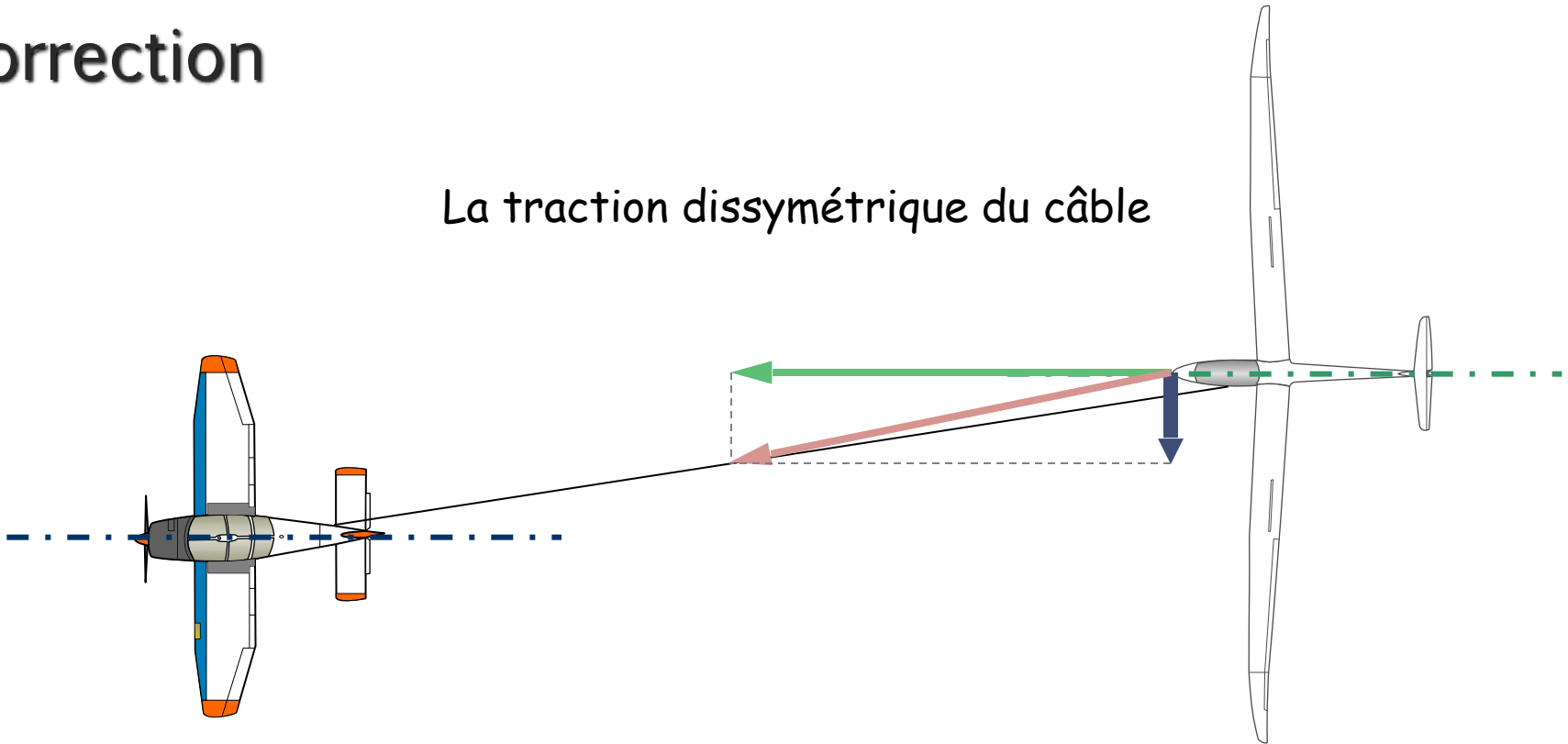
Retour à inclinaison nulle...





Correction

La traction dissymétrique du câble

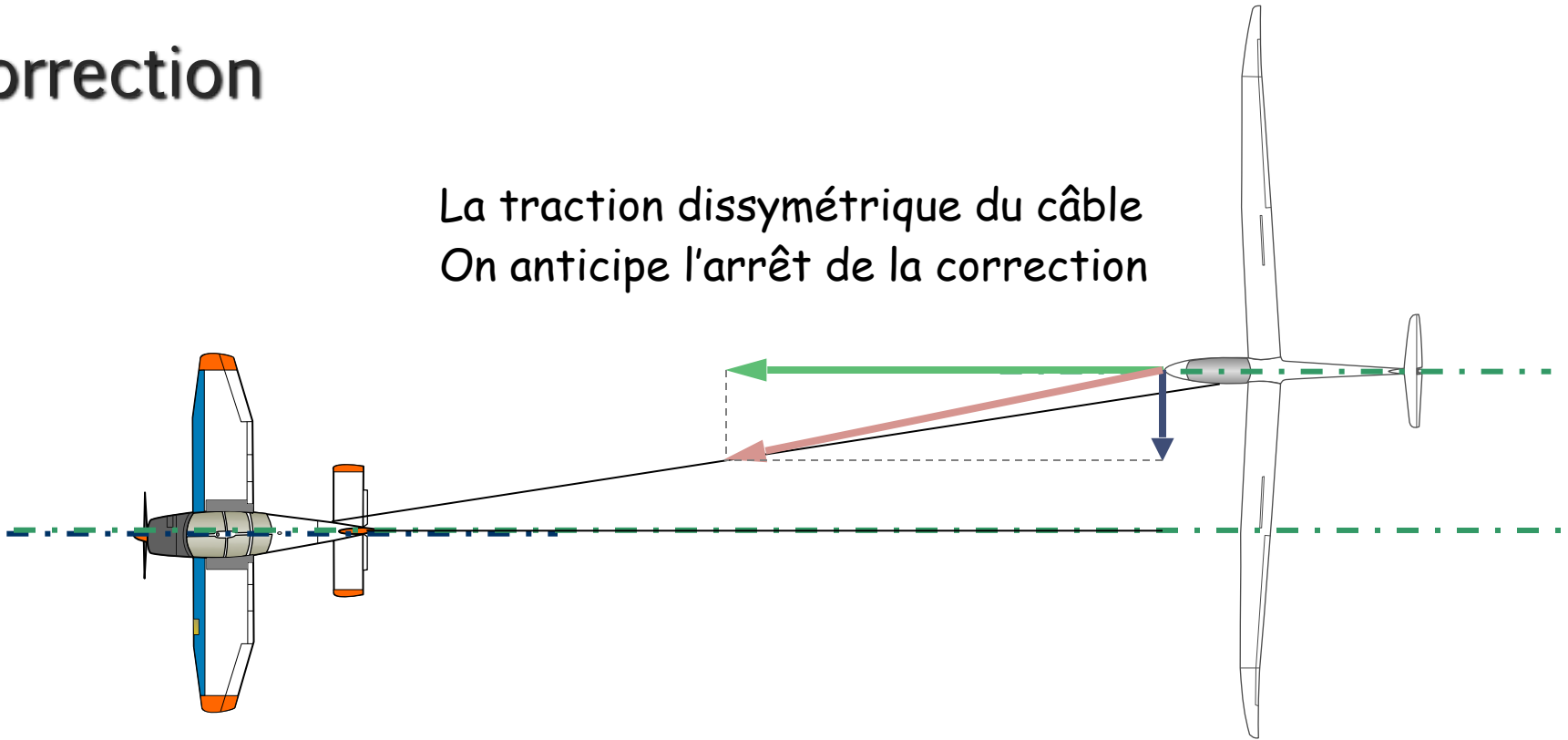


tend ensuite à ramener le planeur dans l'axe de l'avion.



Correction

La traction dissymétrique du câble
On anticipe l'arrêt de la correction



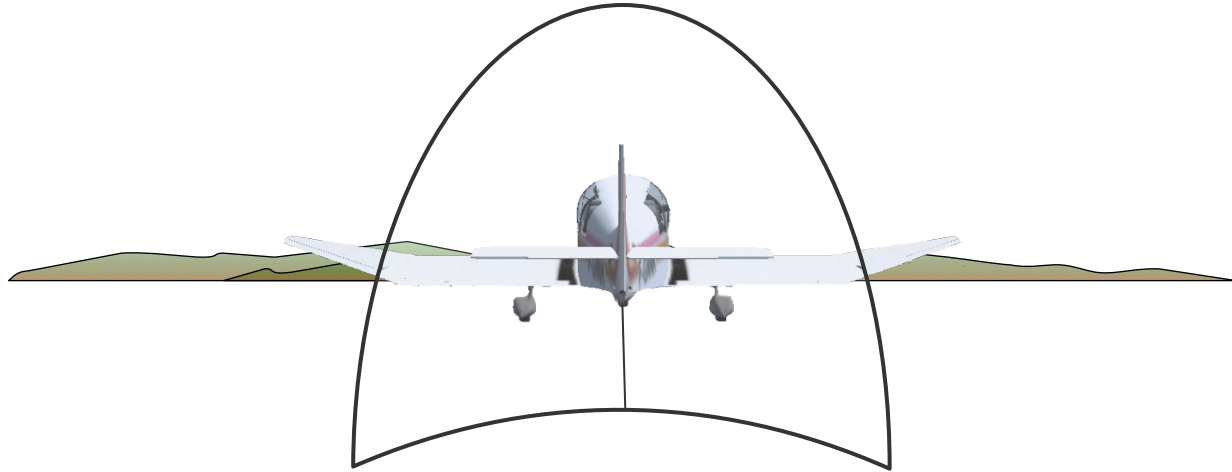
par légère et brève création d'inclinaison du côté d'où l'on vient.
tend ensuite à ramener le planeur dans l'axe de l'avion.





Correction

L'avion est à nouveau au centre de la verrière.
Les flancs de son fuselage sont vus de façon symétrique.

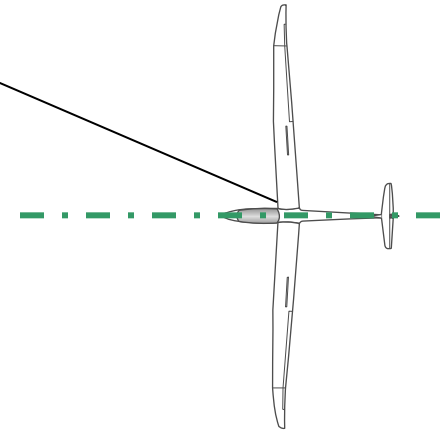
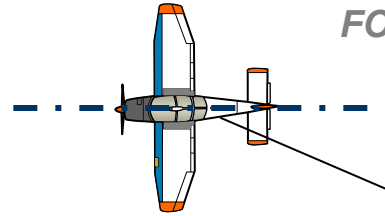


On maintient $\Phi_{\text{planeur}} = 0$

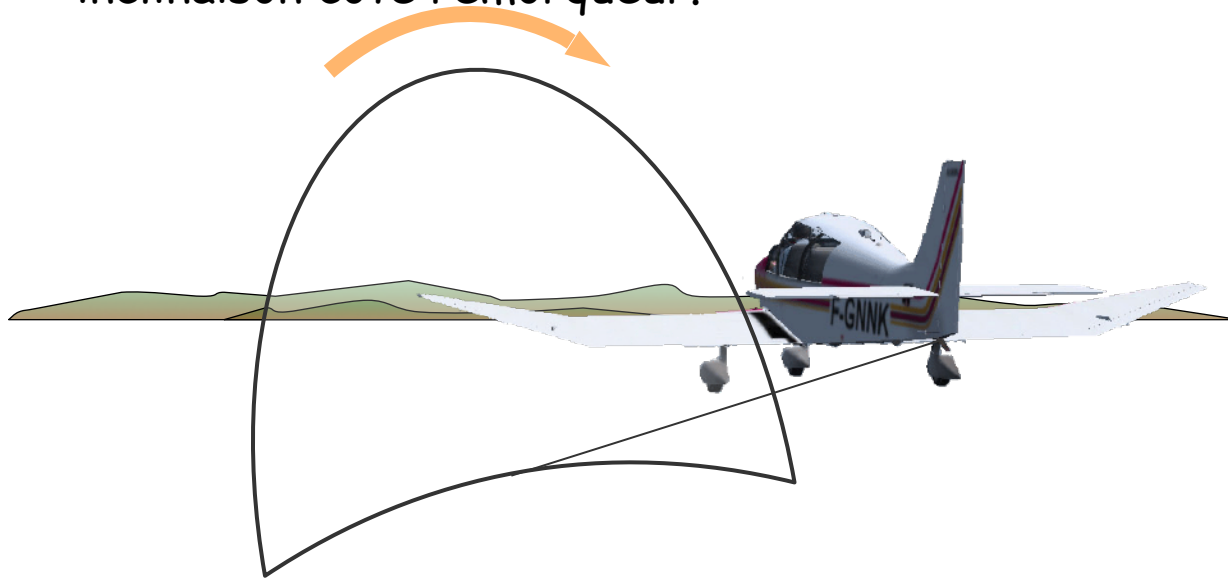


Écarts forts

FORT ÉCARTEMENT À GAUCHE



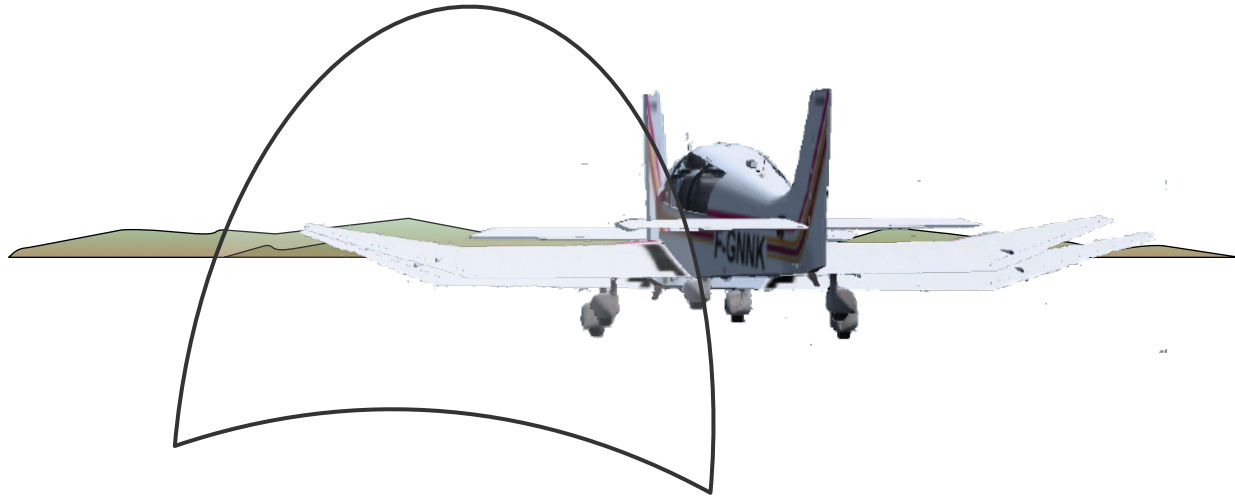
Pour les écarts forts, on revient à la position correcte en créant une faible inclinaison côté remorqueur.





Correction

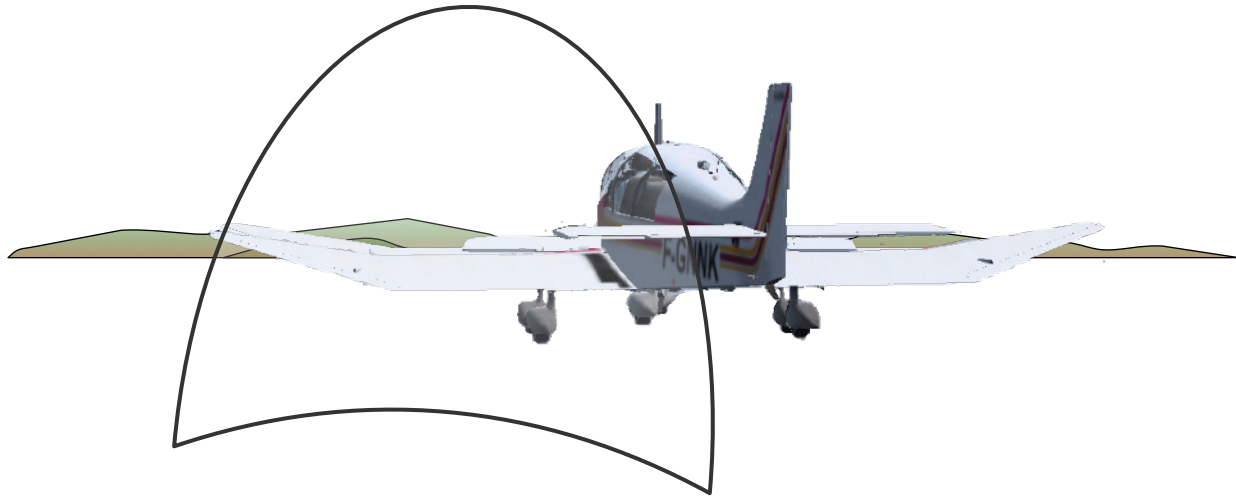
On anticipe l'arrêt de la correction,
pour éviter un écartement du côté opposé...





Correction

L'avion est à nouveau au centre de la verrière.
Les flancs de son fuselage sont vus de façon symétrique.

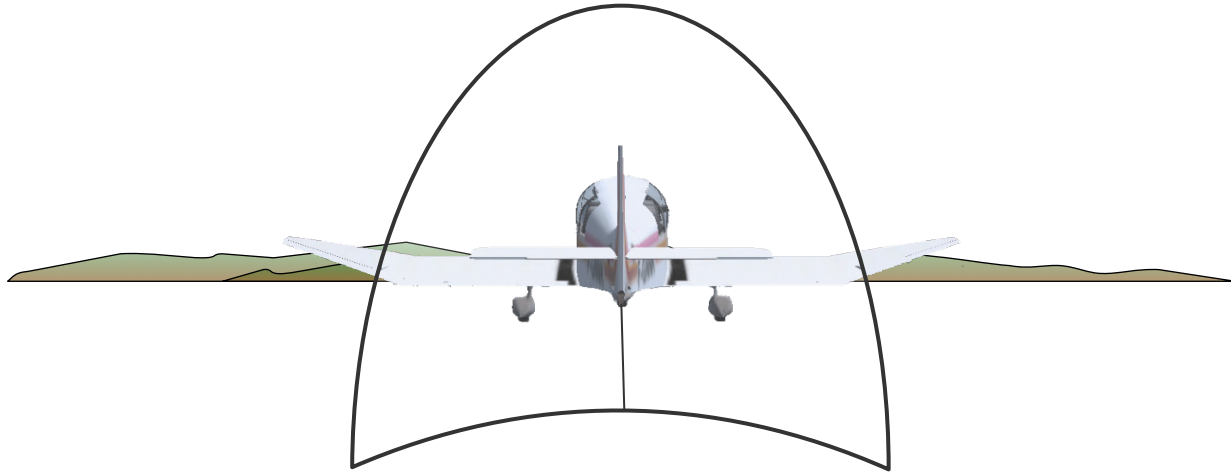


On maintient $\Phi_{\text{planeur}} = 0$



Étagement correct

L'avion est vu sur la ligne d'horizon



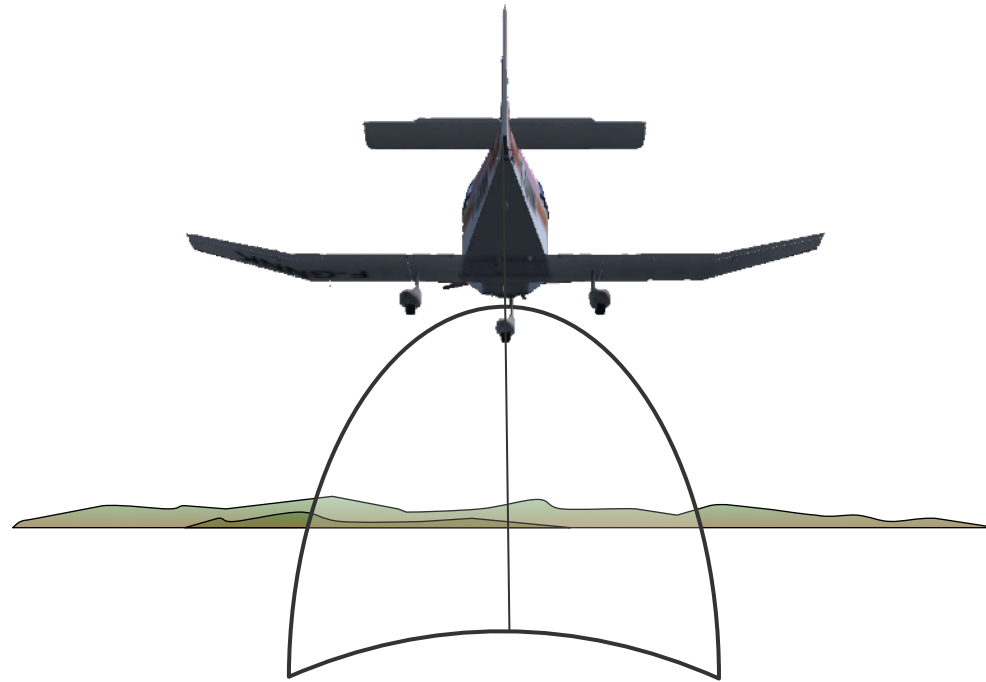
On maintient l'assiette constante.



Étagelement bas

détection

L'avion est vu au-dessus de la ligne d'horizon ;
on traverse le souffle du remorqueur :



le planeur est trop bas.

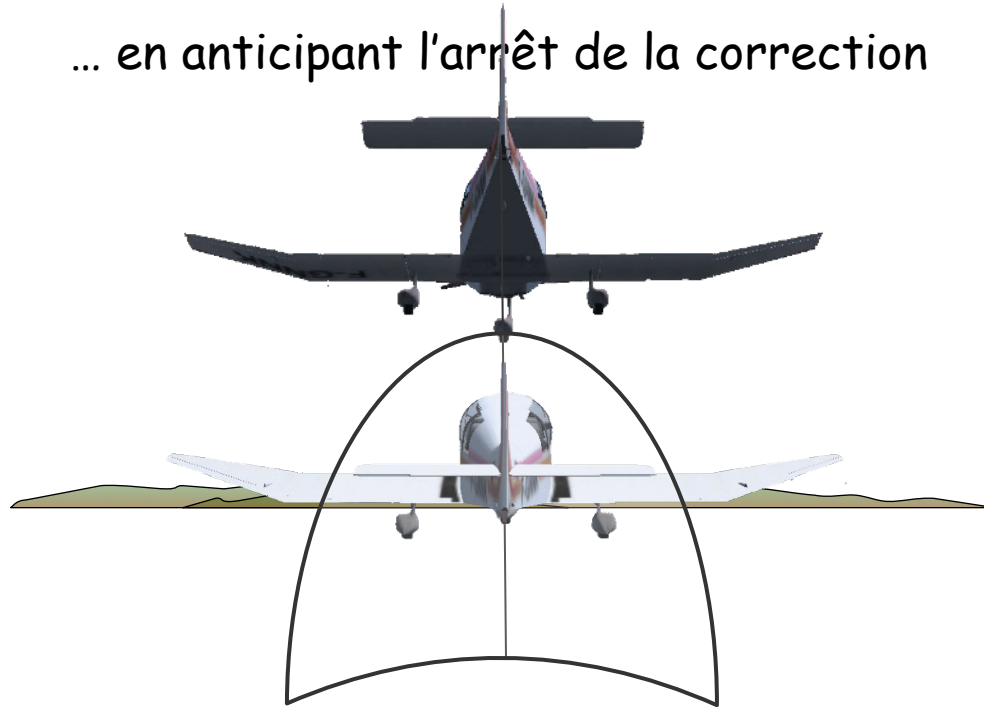




Étagelement bas

correction

Légère variation d'assiette à cabrer...
... en anticipant l'arrêt de la correction

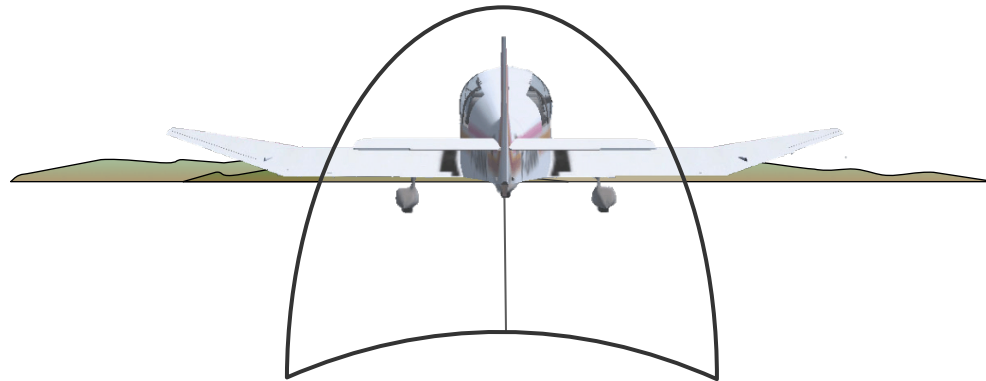




Étagelement bas

correction

L'avion est de nouveau sur la ligne d'horizon :
on maintient l'assiette constante.

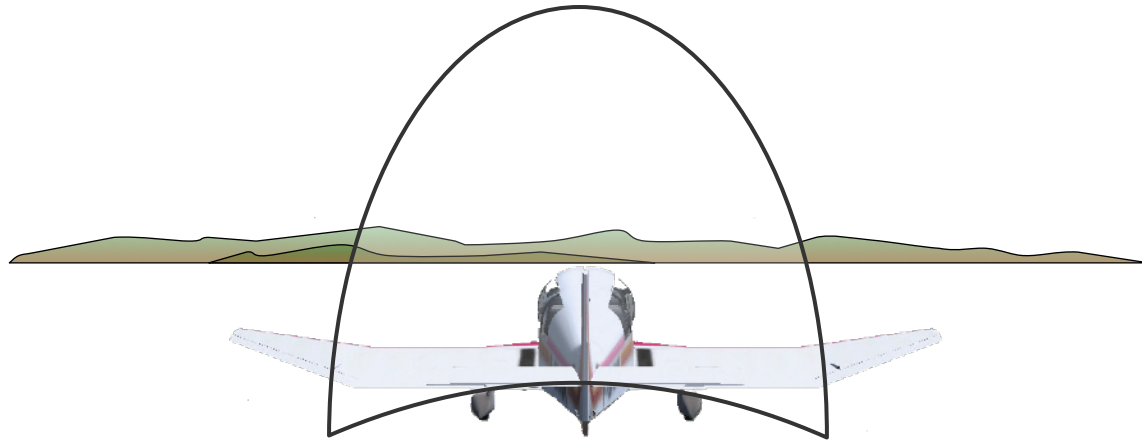




Étagement haut

détection

L'avion est vu en dessous de la ligne d'horizon ;



le planeur est trop haut.

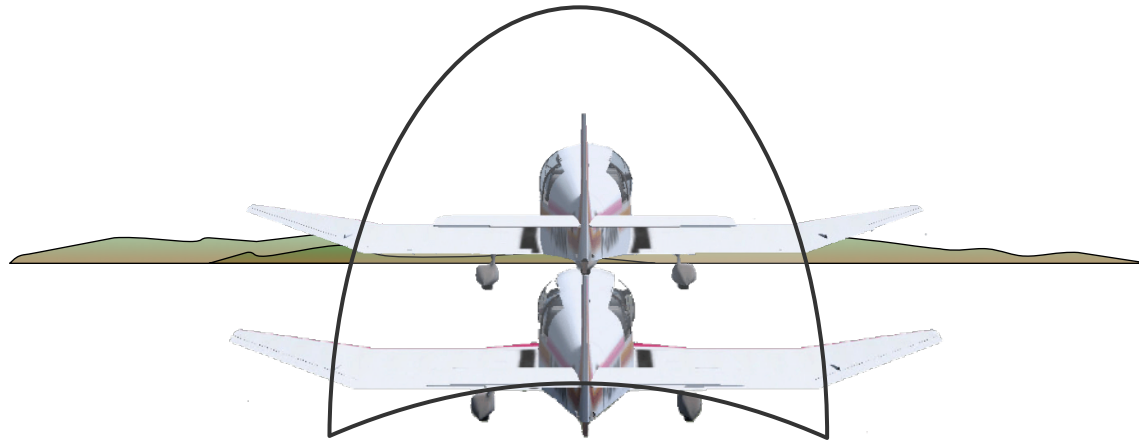
Cette position devient rapidement très dangereuse...!



Étagement haut

correction

Immédiatement,
légère variation d'assiette à piquer...



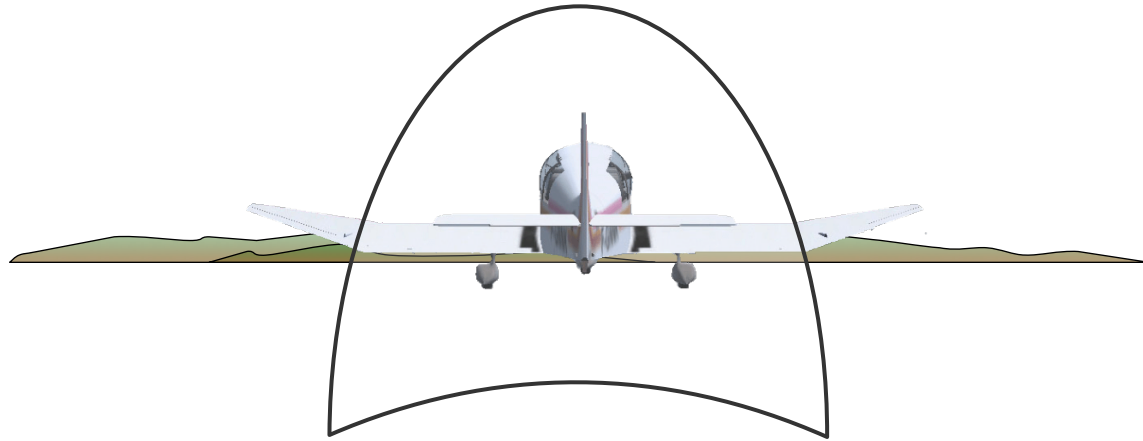
... en anticipant l'arrêt de la correction



Étage haut

correction

L'avion est de nouveau sur la ligne d'horizon :

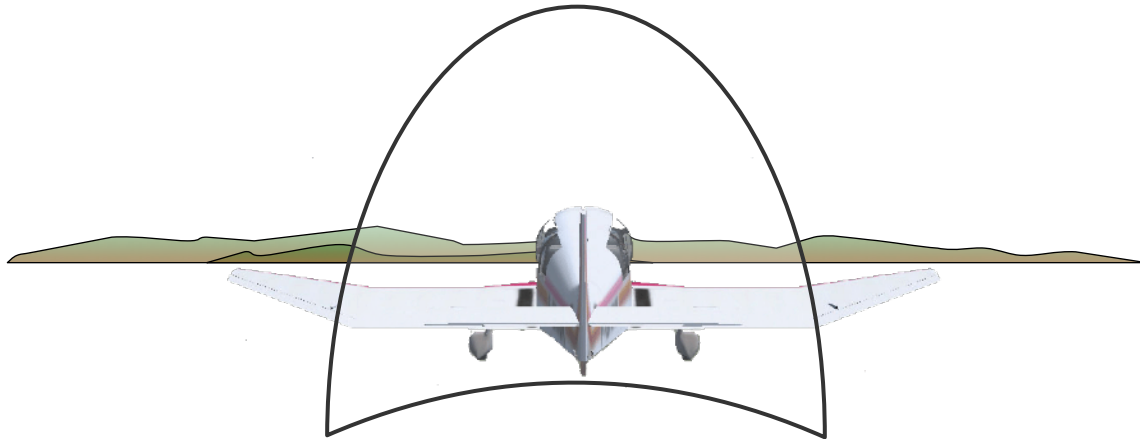


on maintient l'assiette constante.



Note importante

Si, lors du retour à l'étagement correct, le câble se détend, les aérofreins seront utilisés pour le retendre en douceur.



En cas de difficultés :

LARGUEZ !





REMORQUÉ EN VIRAGE

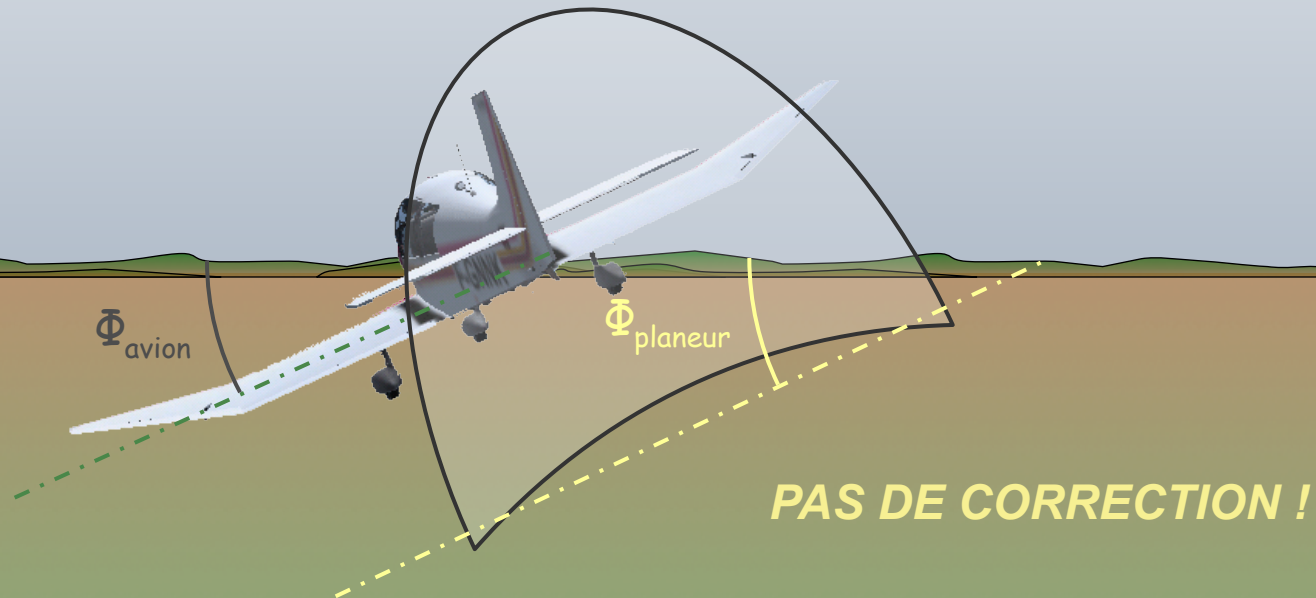
-  position correcte
-  écartement intérieur
-  écartement extérieur



Position correcte

Le remorqueur est sur l'horizon : l'étagement est correct ;

$\Phi_{\text{planeur}} = \Phi_{\text{avion}}$: l'écartement est correct.



Le pilote voit le flanc du fuselage du remorqueur côté intérieur du virage.



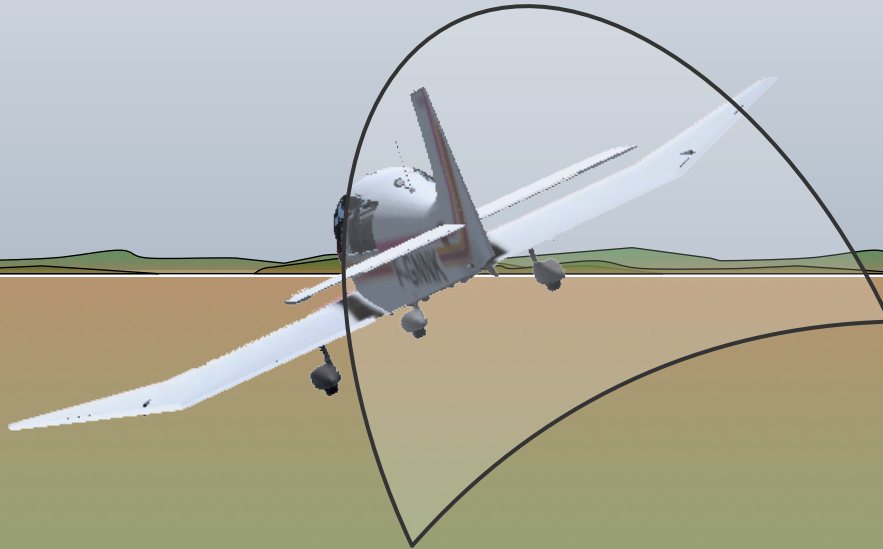
Écartement intérieur

Si l'inclinaison du planeur devient trop forte, $\Phi_{\text{planeur}} > \Phi_{\text{avion}} \dots$

ÉCART INTÉRIEUR

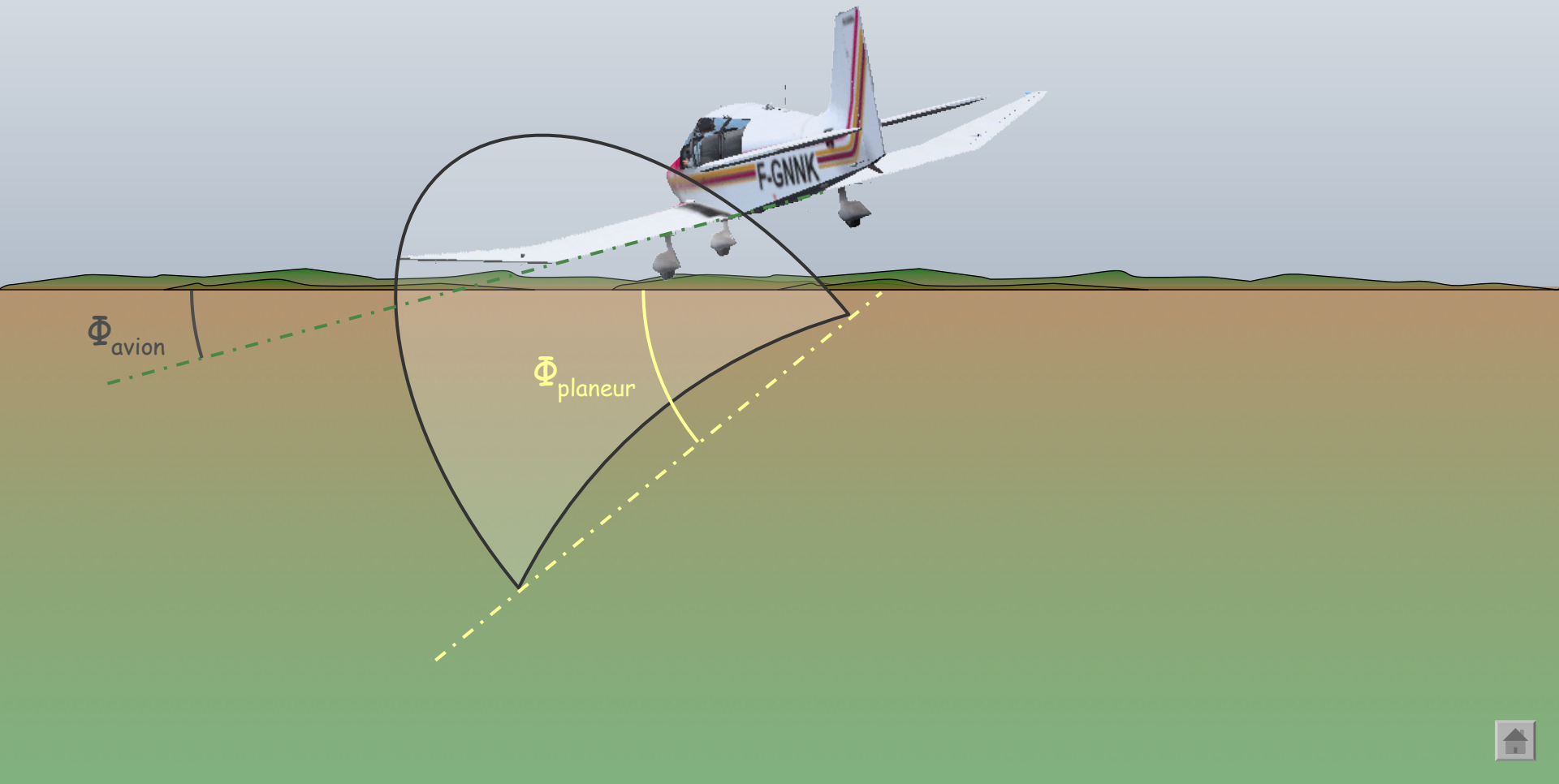


POSITION BASSE



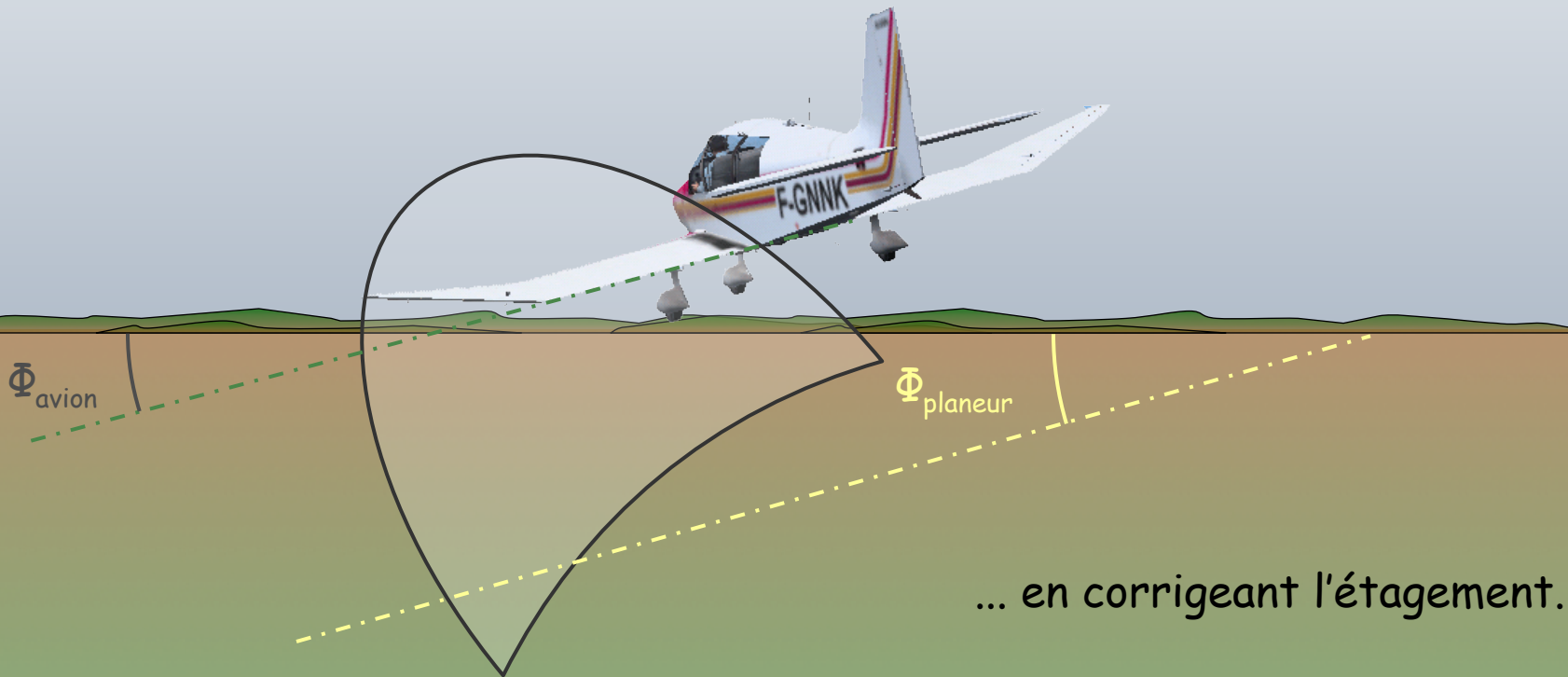
« arrêt sur image »

$\Phi_{\text{planeur}} > \Phi_{\text{avion}}$: le planeur est à l'intérieur du virage, trop bas.



Correction

On revient à la même inclinaison que l'avion...

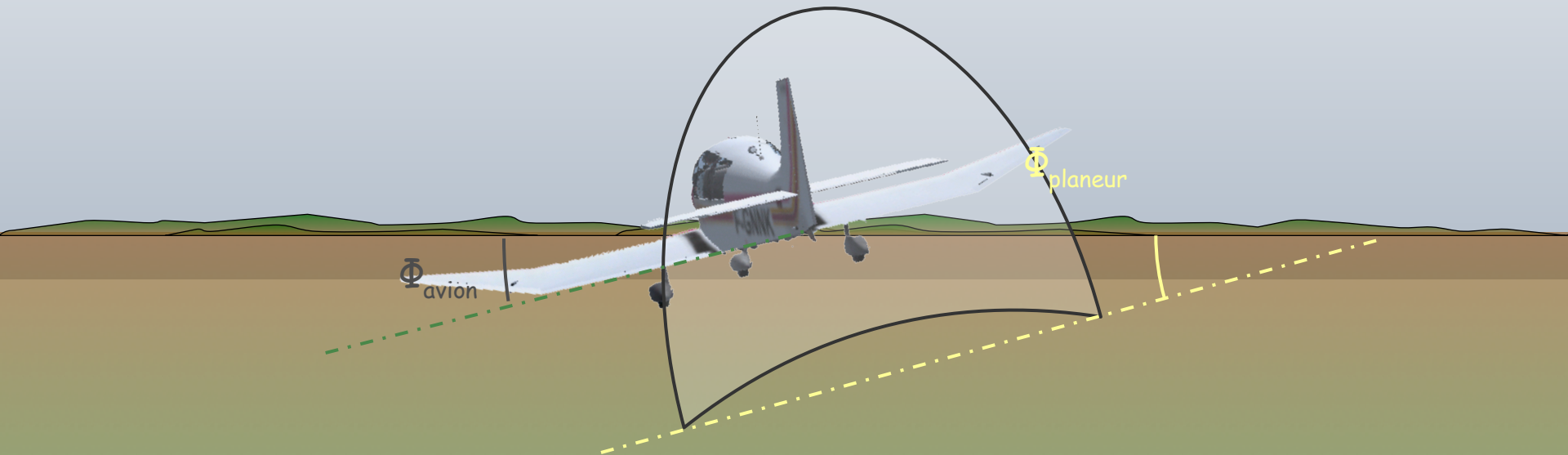





Correction

$$\Phi_{\text{planeur}} = \Phi_{\text{avion}}$$

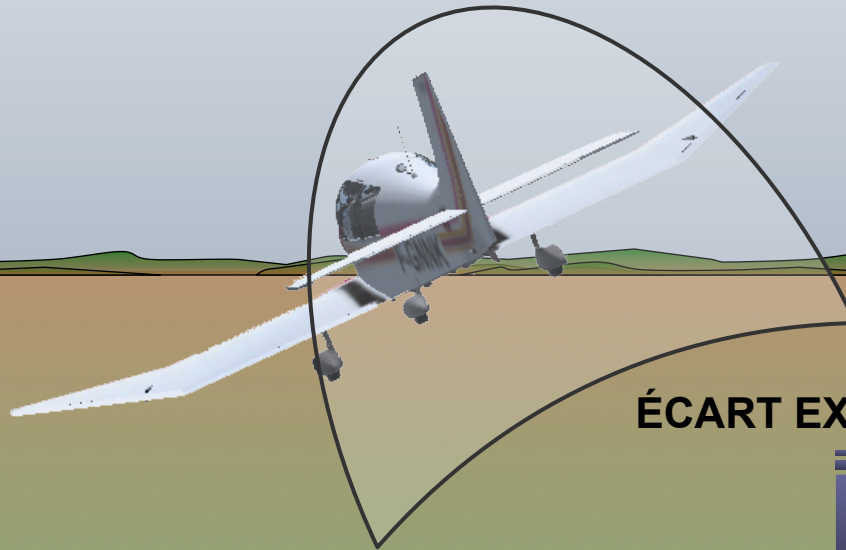
On a de nouveau : l'écartement est correct ;
 et le remorqueur est sur l'horizon : l'étagement est correct.



Le pilote voit le flanc du fuselage du remorqueur côté intérieur du virage 

Écartement extérieur

Si l'inclinaison du planeur devient trop faible, $\Phi_{\text{planeur}} < \Phi_{\text{avion}}$...



ÉCART EXTÉRIEUR



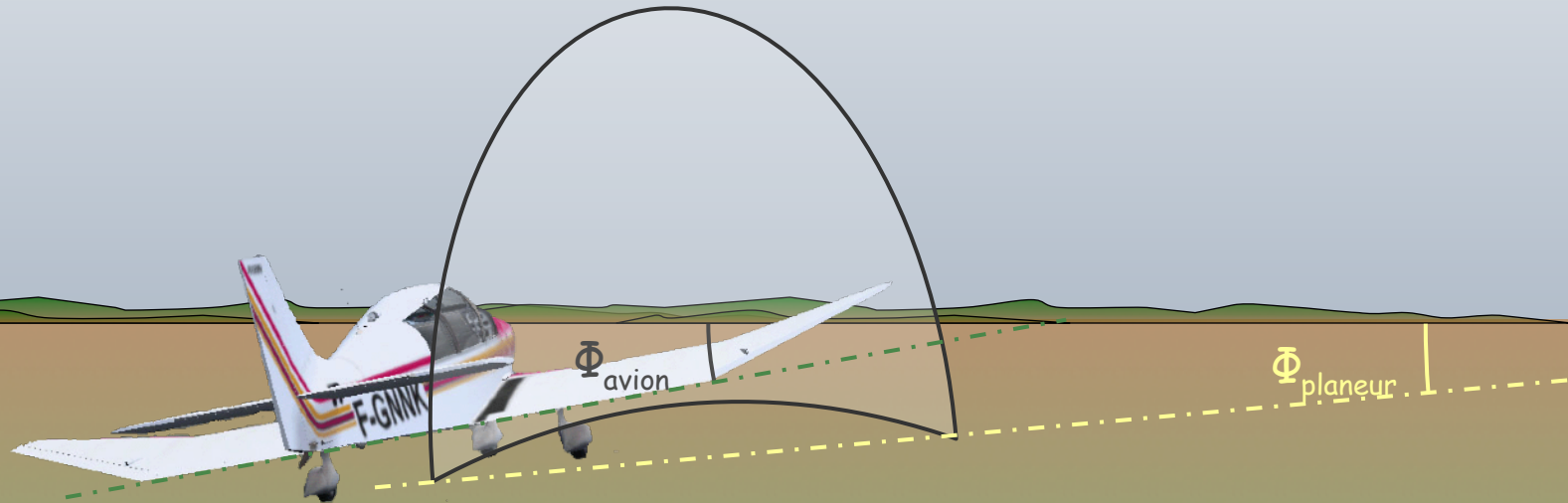
POSITION HAUTE

DANGER !



« arrêt sur image »

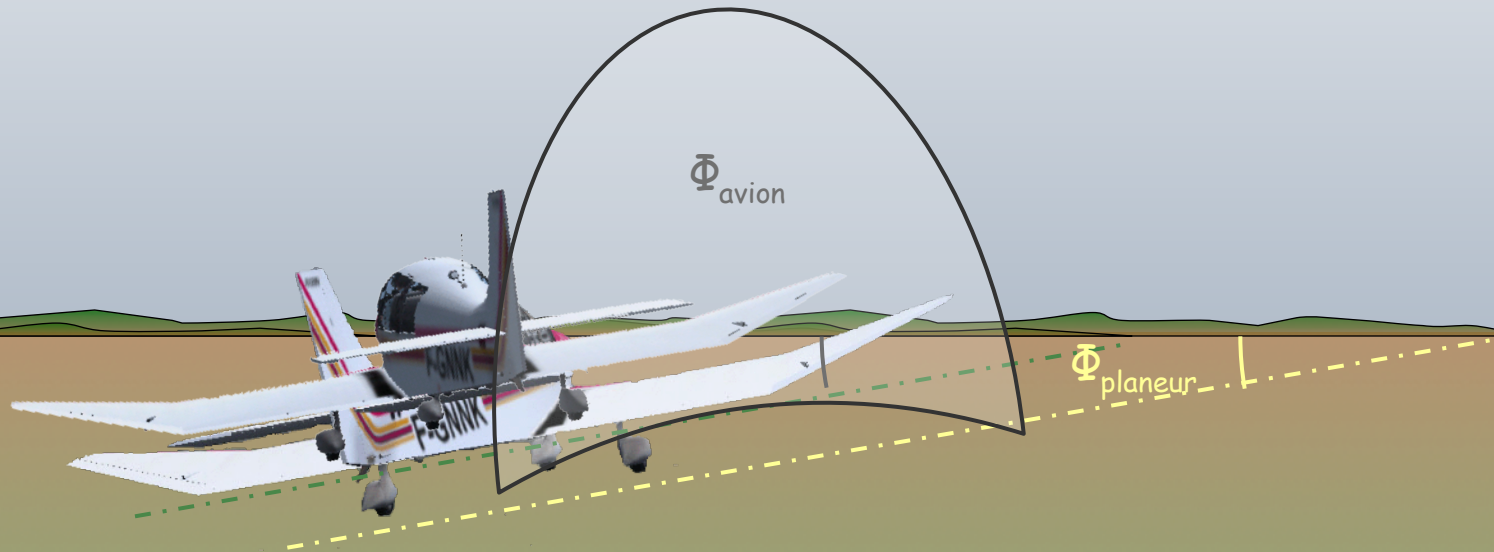
$\Phi_{\text{planeur}} < \Phi_{\text{avion}}$: le planeur est à l'extérieur du virage, trop haut.





Correction

On revient à la même inclinaison que l'avion...



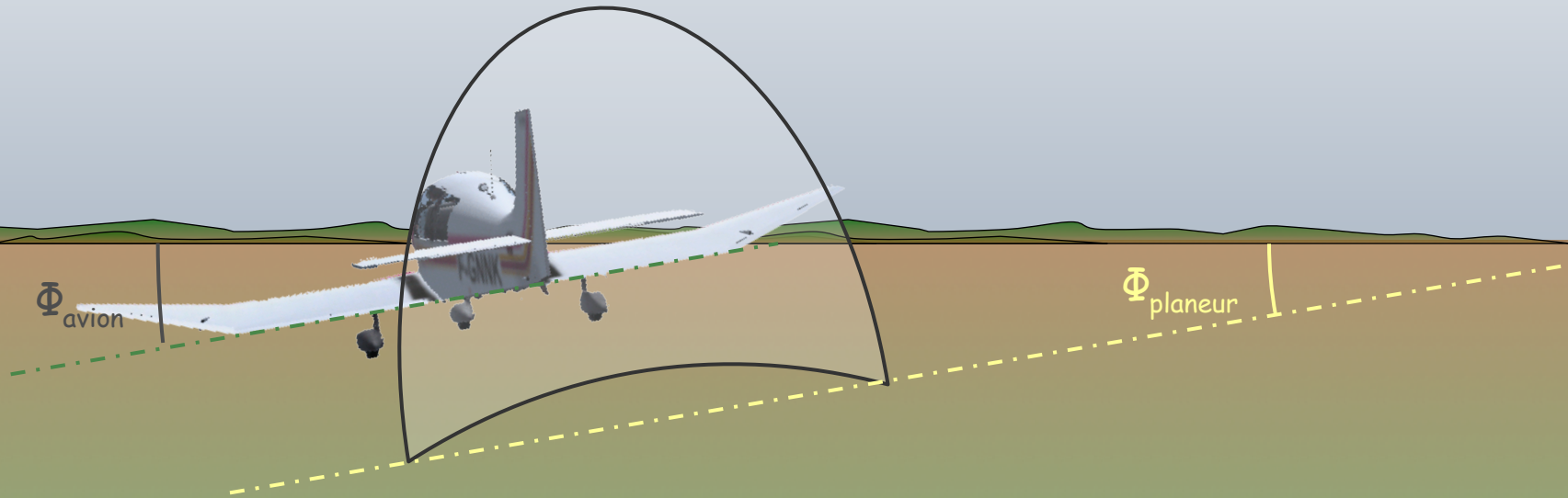
... en corrigeant l'étagement.





Correction

On a de nouveau $\Phi_{\text{planeur}} = \Phi_{\text{avion}}$: l'écartement est correct ;
 et le remorqueur est sur l'horizon : l'étagement est correct.



Le pilote voit le flanc du fuselage du remorqueur côté intérieur du virage.





BIBLIOGRAPHIE et RÉFÉRENCES

Manuel du pilote vol à voile

Le vol remorqué – *Phase 3 / p°71 à 74*

Retour au sol – *Phase 9 / p°199*

Guide de l'instructeur vol à voile

Le vol remorqué p°53 à 56

Mécanique du vol des planeurs p°43 à 48

Technique du pilotage / pilotage élémentaire

Centre National de Vol à voile de la Montagne Noire

Chapitre 9 – *Le vol remorqué*

Guide pratique du pilote remorqueur

Chapitre III – *procédures de remorquage*

Chapitre IV – *procédures particulières*

Chapitre V – *manœuvres de sécurité et d'urgence*

Réalisation initiale

CORDIER Guillaume

